

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Educação

Alexandre Fagundes Faria

**INVESTIGAÇÃO DE EXPERIÊNCIAS DE PENSAMENTO CIENTÍFICO DE
ESTUDANTES EM TAREFAS DE FÍSICA EM GRUPO**

Belo Horizonte

2016

Alexandre Fagundes Faria

**INVESTIGAÇÃO DE EXPERIÊNCIAS DE PENSAMENTO CIENTÍFICO DE
ESTUDANTES EM TAREFAS DE FÍSICA EM GRUPO**

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

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo M. Vaz -
Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte
Faculdade de Educação da UFMG
2016

ESPAÇO RESERVADO PARA FOLHA DE APROVAÇÃO

À minha esposa, Cris,
e a minha filha, Bia,
que enchem
minha vida de amor
e que tornaram essa caminhada
mais completa, mais humana e mais feliz.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meus passos e por ter me concedido saúde, paz e serenidade na condução de mais um trabalho.

Ao Professor Arnaldo Vaz, orientador desta pesquisa, a quem considero um amigo e com quem compartilho ideais de pesquisa e de ensino. Obrigado pela confiança que sempre depositou em mim, pela autonomia concedida, por embarcar na minha proposta e por ter se empolgado junto comigo em todas as fases deste trabalho.

Aos amigos João Paulino e Luisa Mejia, pelas inúmeras críticas, sugestões e questionamentos que ajudaram a melhorar o trabalho. Por terem dividido comigo minhas ansiedades e dificuldades na condução da pesquisa. Ao João, agradeço também pelo apoio com as atividades de ensino e pela iniciativa de sempre convidar para os animados *happy hours* acadêmicos. À Luisa, pela alegria latino-americana que tornou a caminhada mais leve e animada.

Ao amigo Renato Pontone, que trilhou comigo os caminhos do doutorado. Com quem pude trocar muitas ideias sobre as nossas pesquisas. Por compartilhar com muito humor as dúvidas, as dificuldades e os progressos na condução dos nossos trabalhos. Obrigado também pela parceria na participação dos congressos.

Aos companheiros de caminhada do Setor de Física, Sérgio Talim, João Paulino, Helder Paula e Carlos Villani, por favorecerem um ambiente excelente à pesquisa e ao ensino, o que foi fundamental para que pudesse concluir este trabalho.

À Josimeire Julio, pela disponibilidade em discutir o projeto que originou a pesquisa que relato nesta tese. As críticas e sugestões feitas foram muito importantes para o amadurecimento do trabalho.

À Professora Anna Maria Pessoa de Carvalho e à Professora Danusa Munford, pelas críticas e sugestões feitas na banca de qualificação, que muito contribuíram para a melhoria da qualidade deste trabalho.

Aos meus pais, Custódio e Madalena, sem os quais nada disso seria possível. Ao me tornar pai, passei a ter mais clareza de todo amor, dedicação, paciência e esperança com que me conduziram ao longo de minha vida. Mesmo nos momentos de dificuldades, sempre me deram todo o apoio emocional e material que podiam. E é por isso que estou aqui.

À Cris, minha amada esposa, que sempre foi amiga e confidente. Que compartilhou dos meus sonhos e que com gestos, ações e palavras me incentivou e me fez perceber a importância do meu trabalho. Obrigado por termos vencido mais esta etapa juntos e por ter

suportado com muito amor, paciência e dedicação minhas ansiedades, meus nervosismos e minhas ausências.

À minha pequena Bia, que só veio para somar. Que com seus olhinhos de jabuticaba, com seu amor e com sua alegria transbordante me tornou mais forte e mais consciente da importância de seguir adiante. Os momentos que passamos juntos foram revigorantes e inspiradores.

Ao meu irmão, André, pela amizade, por estar por perto e por se interessar pelo que faço. Obrigado por me ouvir sobre o trabalho e pelos comentários diversos.

Aos meus sogros, Rita e Romero, que muito nos ajudaram nos cuidados com a Bia, dando-me tranquilidade e segurança para me concentrar na pesquisa, pois sabia que minha filha estava cercada de amor.

RESUMO

O desenvolvimento do pensamento científico é uma demanda de aprendizagem atual, tendo em vista os recentes apontamentos de pesquisadores e de entidades sobre as aprendizagens que cabem ser fomentadas na Educação Básica de nível médio. O pensamento científico é constituído por conhecimentos de domínio específico (e.g. conceitos e teorias científicas) e estratégias de domínio geral (e.g. raciocínio baseado em evidência e raciocínio hipotético-dedutivo). Foram pesquisadas experiências de pensamento científico de estudantes em tarefas de Física do Ensino Médio. Essas experiências são aquelas nas quais são mobilizadas estratégias de domínio geral. Investigou-se que estratégias de domínio geral os estudantes usam para solucionar um conjunto específico de tarefas; quais são as características das experiências em que essas estratégias foram usadas; como o contexto no qual se deu a resolução dessas tarefas favoreceu ou dificultou a constituição dessas experiências; quais são os indícios de que houve desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes ao longo de um trimestre letivo. A pesquisa foi conduzida no 1º trimestre letivo de 2014, numa escola técnica federal de Belo Horizonte/MG. Participaram 19 estudantes da 2ª série do Ensino Médio, distribuídos em cinco grupos. Eram rapazes e moças que pertenciam a uma turma com estudantes de eletrônica e de informática. Não foi feita qualquer intervenção educacional. As tarefas com as quais os estudantes lidaram são utilizadas no curso de Física há quase sete anos. Para conduzir a pesquisa buscou-se inspiração na estratégia metodológica de estudo de caso. Utilizaram-se quatro instrumentos de coleta complementares: com filmadora gravaram-se os grupos de estudantes; com gravadores de áudio registraram-se as interações verbais grupo a grupo; em caderno de campo anotaram-se acontecimentos relevantes para a pesquisa enquanto se faziam as gravações; com câmera fotográfica registraram-se imagens dos cadernos, testes e cartazes produzidos pelos estudantes nas aulas de Física. Selecionaram-se para análise dois dos cinco grupos participantes com base na assiduidade destes. Visaram-se grupos cuja composição não variou ao longo do trimestre. Na análise dos dados, produziram-se mapas dos episódios de um conjunto de aulas e transcreveram-se episódios em que os estudantes tiveram experiências de pensamento científico. A análise desse material baseou-se na teoria da experiência de John Dewey, que contém elementos que permitiram avaliar o potencial educativo de experiências. Apoiados nesse referencial, buscaram-se evidências nos mapas de episódios e nas transcrições para responder às questões de pesquisa. Os estudantes dos dois grupos analisados empregaram quatro estratégias de domínio geral para solucionarem as tarefas propostas. As experiências de pensamento científico dos estudantes desses grupos foram educativas, mas qualitativamente diferentes, devido à forma como eles interagiram com as condições dadas para o desenvolvimento das tarefas. Constatou-se que os estudantes passaram por processos de desenvolvimento do pensamento científico. Esses resultados trazem implicações para a pesquisa e para o ensino: para a pesquisa, pois o uso feito das ideias de Dewey mostrou-se promissor para a abordagem de processos de desenvolvimento. Além disso, recorreu-se aos antecedentes com o conceito de engajamento para tornar operacional um dos princípios usados para análise da qualidade de experiências; para o ensino, pois os resultados sugerem que, apesar da indeterminação das experiências dos estudantes, o professor pode prestar grande contribuição ao seu desenvolvimento se assumir o compromisso de criar contextos ricos e diversificados que favoreçam a reelaboração de experiências.

Palavras-chave: Pensamento científico. Experiência. Ensino de Física. Tutoriais.

ABSTRACT

The development of scientific thinking is a contemporary learning demand, considering the indications about learning goals for high school courses made by researchers and by entities around the world. Scientific thinking involves domain-specific knowledge and domain-general strategies. We investigated students' scientific thinking experiences in physics tasks on 11th grade classes. We call scientific "thinking experiences" those in which general-domain strategies were used during physics tasks. We investigated (i) which domain-general strategies the students used to solve a set of specific tasks; (ii) which are the features of students' experiences that required these domain-general strategies; (iii) how the classroom context stimulated or inhibited these experiences; (iv) which are the evidences that scientific thinking was developed along a academic quarter (year division). The research was conducted in a Brazilian vocational high school at Belo Horizonte/Minas Gerais on 2014 1st school quarter. Nineteen electronics or computer science students of 11th grade participated as volunteers. These students worked in 5 small groups. We didn't introduce any change in classroom settings, in other words, all activities and all classroom dynamics or instructional strategies were preserved as before our entry in classroom. We used case studies methodology to establish our research design. We used four data collection instruments: two video cameras to film the students groups; digital voice recorders to gather verbal interaction in each group; a notebook to write about relevant events with our research purpose in mind while we made the audio and video recordings; a camera to take photos of students' notebooks, tests and posters made by them in physics classrooms. We selected two of the five groups to collect data for analysis. To choose these groups we took into account students' assiduousness. We wanted to identify groups whose composition didn't change along the school quarter. In data analysis, we made episode maps of a lessons set and made transcriptions of episodes in which the students had scientific thinking experiences. The analysis of these episode maps and these transcriptions was based on John Dewey's Theory of Experience, in which we found elements that allowed us to identify experiences with educative value. Based on this analytical work, we sought to answer our research questions. Our results show that the students of the two groups used four domain-general strategies to solve the physics tasks. We found that students' scientific thinking experiences were educative experiences, but qualitatively different. This difference was due to the way students interacted with given conditions to solve tasks. We gathered evidences that allow us to tell that students underwent a process of scientific thinking development. These results have implications for research and for teaching: for research because the appropriation of Dewey's ideas made by us proved promising to approach developmental processes. Moreover, we used the concept of engagement in order to make one of the principles that we used operational to assess the quality of experiences. Our results also have implications for teaching, because our findings suggest that, despite the indetermination of students' experiences, teachers can make great contribution to their development if the teacher remains committed to create rich and diversified contexts favoring reframing educative experiences.

Keywords: Scientific thinking. Experience. Physics teaching. Tutorials.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAS	<i>Science for all Americans</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALR	Avaliação de linha de raciocínio
B	Bloco
C	Caixa
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBEF	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
CNE	Conselho Nacional de Educação
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COEP	Comitê de Ética em Pesquisa
DCL	Diagrama de corpo livre
E_{CA}	Empuxo exercido sobre a caixa pela água
F_{CM}	Força que a mão exercia sobre a caixa
IC	Iniciação científica
L	Livro de cima
L_b	Livro de baixo
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
M	Mesa
N	Normal
NRC	<i>National Research Council</i>
P	Peso
PBL	<i>Problem-Based Learning</i>
P_{BT}	Peso exercido sobre o bloco pela Terra
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PRST	<i>Physical Review Special Topics</i>
RBE	Raciocínio baseado em evidência
RDO	Raciocínio com definições operacionais
RHD	Raciocínio hipotético-dedutivo
SDDS	<i>Scientific discovery as dual search</i>
T	Terra
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Mapa da sala de aula	96
FIGURA 2: DCL elaborado em folha A3 pelo grupo B: tutorial 01, parte II, item B	111
FIGURA 3: DCLs elaborados em folha A3 pelo grupo A: tutorial 01, parte II, item B ...	115
FIGURA 4: DCLs elaborados em folha A3 pelo grupo A: tutorial 01, parte II, item B ...	126
FIGURA 5: DCLs referentes ao tutorial 01, parte II, item B (por de Isaac)	131
FIGURA 6: DCL do livro de cima e DCL do livro de baixo elaborado pelo grupo B em folha A3	148
FIGURA 7: DCL produzido em folha A3 pelo grupo B na aula 07/2014	152
FIGURA 8: DCL do bloco cúbico na situação descrita no tutorial 03, parte I, item A (por Ricardo)	173
FIGURA 9: DCL do bloco cúbico visto flutuar na superfície da água (por Maria)	179
FIGURA 10: DCL das porções de líquido 1, 2 e 3, respectivamente (por César)	181

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: O que se investigou como parte do pensamento científico nos artigos triados no levantamento?	40
GRÁFICO 2: Contagem dos episódios por tipo de estratégia de domínio geral que os estudantes empregaram para solucionarem as tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana	166
GRÁFICO 3: Contagem dos episódios por grupo e por aula em que os estudantes empregaram estratégias de domínio geral para solucionarem as tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana	167

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1: Processos de raciocínio lógico abstrato de Arons (1996).	36
QUADRO 2: Periódicos nacionais e internacionais usados como base para o trabalho de revisão bibliográfica.	38
QUADRO 3: Tópicos abordados no curso de Física no ano letivo de 2014.	87
QUADRO 4: Descrição das atividades desenvolvidas em sala de aula ao longo do 1º trimestre letivo de 2014.	89
QUADRO 5: Formato dos mapas de episódios.	102
QUADRO 6: Formato da apresentação das transcrições.	103
QUADRO 7: Exemplo de raciocínio baseado em evidência (RBE).	110
QUADRO 8: Exemplo de avaliação de linha de raciocínio (ALR).	113
QUADRO 9: Exemplo de raciocínio com definições operacionais (RDO).	117
QUADRO 10: Exemplo de raciocínio hipotético-dedutivo (RHD).	120
QUADRO 11: Exemplo de reelaboração de experiências com as Leis de Newton pelo grupo A.	123
QUADRO 12: Exemplo de reelaboração de experiências com uso de definição operacional pelo grupo A.	125
QUADRO 13: Exemplos de episódios em que estudantes demonstraram estar comportamentalmente engajados no processo de resolução das tarefas.	128
QUADRO 14: Exemplo de indício de envolvimento emocional dos estudantes do grupo A com as tarefas propostas.	129
QUADRO 15: Exemplo de estímulo dado pelo professor ao raciocínio baseado em evidência (RBE).	133
QUADRO 16: Exemplo do compromisso dos estudantes com o próprio desenvolvimento e com o desenvolvimento dos colegas.	140
QUADRO 17: Exemplo do compromisso dos estudantes com o próprio desenvolvimento e com o desenvolvimento dos colegas.	141
QUADRO 18: Exemplo da organização dos estudantes do grupo A como um grupo colaborativo.	142
QUADRO 19: Exemplo de reelaboração de experiências envolvendo a 1ª Lei de Newton. .	144
QUADRO 20: Exemplo de reelaboração de experiência envolvendo RDO, a 1ª e a 2ª Leis de Newton.	145

QUADRO 21: Exemplo do engajamento comportamental dos estudantes do grupo B nas tarefas.	149
QUADRO 22: Exemplo do impacto do engajamento comportamental sobre o engajamento cognitivo.	151
QUADRO 23: Indícios sobre o engajamento cognitivo, comportamental e emocional dos estudantes nas tarefas propostas no tutorial de dinâmica.	153
QUADRO 24: Exemplo de compromisso com a conclusão das tarefas	154
QUADRO 25: Exemplo de ação do professor que estimulou o raciocínio com base em evidência.....	154
7	
QUADRO 26: Exemplo de incorporação do valor da colaboração.	160
QUADRO 27: Exemplo de estímulo à autonomia dado pelo professor em intervenção no grupo B.	160
QUADRO 28: Exemplo de ação de César que desviou o grupo de ampliar o potencial educativo das experiências de pensamento científico.	163
QUADRO 29: Exemplo de reelaboração de RBE pelo grupo A na resolução de tarefa sobre pressão em fluidos.	169
QUADRO 30: Exemplo de reelaboração de RBE pelo grupo A para resolução de tarefa sobre pressão em fluidos.....	170
QUADRO 31: Exemplo de reelaboração de RBE pelo grupo B para a resolução de tarefa de elaboração de DCL de objeto imerso em fluido.....	172
QUADRO 32: Exemplo de reelaboração de ALR pelo grupo B para elaboração de DCL que envolvia forças aplicadas por fluidos.....	175
QUADRO 33: Exemplo de reelaboração de ALR pelo grupo A para elaboração de DCL que envolvia força aplicada por fluidos.....	176
QUADRO 34: Exemplo de reelaboração de RDO.....	179
QUADRO 35: Exemplo de reelaboração de RDO.....	180
QUADRO 36: Exemplo de reelaboração de RHD.....	182
TABELA 1: Número de ausências por grupo no trimestre de coleta de dados.	100

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 SOBRE MIM.....	15
1.2 SOBRE A PESQUISA.....	16
2 CONSTITUIÇÃO TEÓRICA DA PESQUISA.....	23
2.1 INTERESSE DE PESQUISA.....	23
2.2 PENSAMENTO CIENTÍFICO.....	27
2.2.1 Definição.....	27
2.2.2 Pensamento científico versus pensamento crítico.....	31
2.3 REVISÃO SOBRE O PENSAMENTO CIENTÍFICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	37
2.3.1 Bases para o levantamento de estudos sobre o pensamento científico.....	37
2.3.1.1 Estratégias e conhecimentos que se atribuem ao pensamento científico.....	39
2.3.1.2 Apontamentos para a constituição de uma base de artigos para revisão.....	41
2.3.1.3 Diretrizes para o levantamento de artigos para revisão.....	42
2.3.2 O pensamento científico nas pesquisas em Ensino de Ciências.....	42
2.3.2.1 Pensamento científico e argumentação.....	43
2.3.2.2 Pensamento científico e raciocínio baseado em evidência.....	47
2.3.2.3 Pensamento científico e raciocínio hipotético-dedutivo.....	51
2.3.2.4 Conhecimentos de domínio específico e estratégias de domínio geral.....	53
2.3.2.5 Limitações metodológicas e contribuições para superação.....	54
2.4 TUTORIAIS.....	55
2.4.1 Estratégias de ensino baseadas em tutoriais.....	56
2.4.2 Os Tutoriais de Física Introdutória.....	57
2.4.3 Pesquisas sobre os Tutoriais de Física Introdutória.....	59
2.5 QUESTÕES DE PESQUISA.....	61
3 TEORIA DA EXPERIÊNCIA.....	63
3.1 O CONCEITO DE EXPERIÊNCIA.....	64
3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE EXPERIÊNCIAS.....	66
3.2.1 Princípio da continuidade.....	67
3.2.2 Princípio da interação.....	69
3.2.2.1 Operacionalização do princípio da interação.....	72
3.3 EXPERIÊNCIA, APRENDIZAGEM E DESENVOLVIMENTO.....	76
4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	80
4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	80
4.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA COLETA DOS DADOS.....	82
4.2.1 O contexto de investigação.....	82
4.2.1.1 O Setor de Física.....	83
4.2.1.2 A escolha da escola e da turma.....	84
4.2.1.3 Visão geral sobre a organização curricular do curso de Física (1ª e 2ª séries).....	86
4.2.1.4 As dinâmicas das aulas de Física da 2ª série.....	87
4.2.1.5 As tarefas da 2ª série no 1º trimestre.....	88
4.2.2 Eu como parte do contexto de investigação.....	89
4.3 OS CUIDADOS ÉTICOS E OS VOLUNTÁRIOS DA PESQUISA.....	91

4.4	OBTENÇÃO DOS DADOS PRIMÁRIOS.....	93
4.4.1	<i>Gravações em áudio e vídeo</i>	94
4.4.2	<i>Registros escritos em diário de campo</i>	96
4.4.3	<i>Fotografias</i>	97
4.5	APANHADO DOS DADOS PRIMÁRIOS	98
4.6	ESTRATÉGIA DE ANÁLISE DOS DADOS	98
4.6.1	<i>Definições sobre as aulas tomadas para análise</i>	98
4.6.2	<i>Escolha dos grupos para análise</i>	100
4.6.3	<i>Construção de dados secundários</i>	101
4.6.3.1	Mapas de episódios	101
4.6.3.2	Transcrições.....	103
4.6.4	<i>Identificação das estratégias de domínio geral</i>	104
4.6.5	<i>Caracterização das experiências de pensamento científico</i>	105
4.6.6	<i>Investigação do desenvolvimento do pensamento científico</i>	106
5	ANÁLISE DOS DADOS	108
5.1	ESTRATÉGIAS DE DOMÍNIO GERAL NAS TAREFAS DO TUTORIAL	108
5.1.1	<i>Raciocínio baseado em evidência</i>	109
5.1.2	<i>Avaliação de linha de raciocínio</i>	112
5.1.3	<i>Raciocínio com definições operacionais</i>	116
5.1.4	<i>Raciocínio hipotético-dedutivo</i>	119
5.2	CARACTERIZAÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS DE PENSAMENTO CIENTÍFICO	121
5.2.1	<i>Experiências de pensamento científico do grupo A</i>	122
5.2.1.1	Segundo o princípio da continuidade	122
5.2.1.2	Segundo o princípio da interação	127
5.2.1.3	Influência do contexto nas experiências de pensamento científico	132
5.2.2	<i>Caracterização das experiências de pensamento científico do grupo B</i>	143
5.2.2.1	Segundo o princípio da continuidade	143
5.2.2.2	Segundo o princípio da interação	148
5.2.2.3	Influência do contexto nas experiências de pensamento científico	156
5.2.3	<i>Análise contrastiva</i>	164
5.3	ANÁLISE DE INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO	168
5.3.1	<i>Raciocínio baseado em evidência (RBE)</i>	168
5.3.2	<i>Avaliação de linha de raciocínio (ALR)</i>	174
5.3.3	<i>Raciocínio com definições operacionais (RDO)</i>	178
5.3.4	<i>Raciocínio hipotético-dedutivo (RHD)</i>	181
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	185
	REFERÊNCIAS.....	199
	APÊNDICES E ANEXO.....	211

1 INTRODUÇÃO

1.1 Sobre mim

Início esta tese por uma breve retomada de minha trajetória como pesquisador e como professor e por curta reconstituição das raízes da pesquisa cujo relato apresento aqui. Considero que essa forma de abrir o texto é coerente com nossa escolha de nos orientar na condução do estudo pelo paradigma de pesquisa construtivista. Além disso, essa decisão me permitirá contextualizar minimamente a pesquisa, uma vez que tornarei menos oculto o lugar de onde falo.

Elaborei minha comunicação ora na primeira pessoa do singular, ora na primeira pessoa do plural. Usei a primeira pessoa do singular, por exemplo, nessa retomada de minha trajetória acadêmica. Isso porque se trata do relato de algo que é muito pessoal, que se refere a mim que sou o autor da tese. Empreguei a primeira pessoa do plural em várias outras partes. Na verdade, na maioria do trabalho. Trata-se de uso do plural majestático e do reconhecimento de que, embora tenha conduzido a pesquisa com autonomia e seja o autor da tese, este trabalho traz consigo inúmeras contribuições do Professor Arnaldo Vaz, quem me orientou¹.

Sou licenciado em Física. Atuo como professor há 11 anos. Por algum tempo lecionei Física Básica para cursos do Ensino Superior em instituição privada, mas minha atuação predominante foi no Ensino Médio em instituições públicas. Atualmente, sou professor de cargo efetivo da Rede Federal de Ensino. Exerço minhas atividades de ensino e de pesquisa em uma escola técnica vinculada a uma universidade federal.

Inseri-me no campo das pesquisas em Ensino de Física e, de modo mais geral, em Ensino de Ciências, durante a graduação. Minhas primeiras atividades de pesquisa foram como bolsista de iniciação científica, sob orientação também do Professor Arnaldo Vaz. Embora minha bolsa estivesse vinculada a um projeto de pesquisa sobre professores, interessavam-me as pesquisas sobre a sala de aula. Logo, tive a oportunidade de

¹ Reconheço a existência de recomendação para que a escrita de relatórios científicos seja feita em 3ª pessoa, preferencialmente, do singular. A revisora deste trabalho, Prof. Magda Barbosa Roquette de Pinho Taranto, também lembrou-me disso. No entanto, assumi o risco de não seguir essa recomendação. Redigi esse relatório de pesquisa na 1ª pessoa. Essa decisão tem a ver com o paradigma de pesquisa pelo qual nos orientamos e com a constatação de que em nosso campo de pesquisa essa “transgressão” é compartilhada por vários outros pesquisadores.

acompanhar e participar de uma investigação sobre aprendizagem em sala de aula, que se originou da parceria entre o Professor Arnaldo Vaz e a Professora Josimeire Julio, hoje na Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Daí em diante, tudo o que fiz como pesquisador envolveu a análise de situações de aprendizagem no contexto escolar.

Cabe destacar que na ocasião da iniciação científica tornei-me membro do grupo de pesquisa Inovar², à época liderado pelos Professores Oto Borges e Tarciso Borges. Foi nesse período que tive o primeiro contato com o conceito de pensamento científico através de pesquisas conduzidas por membros desse grupo de pesquisa (BORGES, 2002; BORGES, 2006; BORGES; BORGES; VAZ, 2005).

Assim que concluí o curso de graduação, continuei a trabalhar com o Professor Arnaldo Vaz ao ingressar no mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação da UFMG. No mestrado, minha pesquisa foi sobre o engajamento de estudantes do Ensino Médio que, em pequenos grupos, solucionaram problemas abertos de uma atividade investigativa desenvolvida no laboratório escolar de Física (FARIA, 2008).

Após a conclusão do mestrado, fiquei três anos afastado das atividades de pesquisa, ocasião em que cheguei a lecionar em três instituições diferentes, entre escolas e universidade. Meu retorno a essas atividades se deu após minha entrada, como professor de cargo efetivo, na instituição em que trabalho atualmente. Fui então convidado pela Professora Josimeire Julio e pelo Professor Arnaldo Vaz a integrar um projeto de pesquisa que posteriormente veio a receber financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e foi intitulado “Ensino de Física e o desenvolvimento do pensar e pensamento científico: um estudo sobre atividades baseadas em pesquisa” (JULIO; VAZ; FARIA, 2011). Foi no contexto desse projeto de pesquisa que elaborei o meu projeto de doutoramento.

1.2 Sobre a pesquisa

A pesquisa que conduzimos no doutorado está entre aquelas que se dedicam ao estudo da aprendizagem que ocorre em contextos escolares. Investigamos as experiências de pensamento científico de estudantes do Ensino Médio na resolução de tarefas em pequenos grupos, em aulas de Física. A opção pelos pequenos grupos tem a ver com o potencial que esse tipo de organização do espaço da sala de aula e das atividades escolares

² <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/0303256817358474>.

tem de promover oportunidades para a mobilização e para o desenvolvimento do pensamento científico (OSBORNE, 2010). Esse potencial é estabelecido por aquelas atividades que levam os estudantes a centrarem suas discussões nas tarefas propostas; que estimulam a exposição, discussão e avaliação de ideias; que incentivam o planejamento de ações, a reflexão coletiva e as tomadas de decisões conjuntas (BARRON, 2003; COHEN, 1994; LARKIN, 2006; MERCER, 1995). Quando os estudantes se organizam dessa forma para solucionar as tarefas que lhes são propostas, diz-se que eles se configuram em um grupo colaborativo (BARRON, 2003; DAMIANI, 2008). Demos conta de que o contexto escolar em que trabalhamos é muito favorável à colaboração em pequenos grupos e às experiências de pensamento científico. Isso veio ao encontro de nosso interesse de pesquisa e de nossas demandas para o desenvolvimento desta investigação. Nesse contexto, o professor desenvolveu atividades baseadas em uma estratégia de ensino elaborada a partir de resultados de pesquisas pelo Grupo de Ensino de Física da Universidade Washington/Seattle (McDERMOTT; SHAFFER, 2002).

As experiências de pensamento científico são aquelas em que estudantes utilizam estratégias que a literatura de pesquisa associa aos processos de geração e avaliação de conhecimento (BORGES, 2006; DUSCHL; GITOMER, 1997; MAEYER; TALANQUER, 2010; MORRIS *et al.*, 2012; ZIMMERMAN, 2007). Essas experiências de pensamento científico foram o nosso objeto de pesquisa. A definição desse objeto foi a forma que encontramos de abordar a mobilização e o desenvolvimento do pensamento científico desses estudantes. Como se pode ver, experiência é um conceito central em nossa pesquisa. Nossa concepção sobre o que é experiência vem dos trabalhos de John Dewey (1948, 1966, 1997, 2010). Para Dewey, há experiência sempre que o indivíduo interage com o mundo material e social do qual ele faz parte. Essas experiências podem ser dotadas ou não de potencial educativo. Trataremos sobre isso nos capítulos seguintes.

Entendemos o pensamento científico como constituído por conhecimentos de domínio específico, que se relacionam aos conceitos, teorias e leis; e por estratégias de domínio geral, que podem ser exemplificadas por estratégias como o raciocínio com base em evidências, o raciocínio hipotético-dedutivo, o raciocínio analógico, entre outros (BORGES, 2006; DUNBAR; KLAHR, 2012; JULIO; VAZ, 2007; ZIMMERMAN, 2000). Há que se considerar que essas estratégias de domínio geral podem ser usadas tanto por pessoas envolvidas em atividades de cunho científico-tecnológico, quanto por pessoas em outros ramos de atividades ou mesmo em situações cotidianas (DUNBAR; KLAHR, 2012; KUHN; PEARSALL, 2000).

Em nossa pesquisa, centramos a análise no uso e no desenvolvimento de estratégias de domínio geral no âmbito da Física escolar. No entanto, não deixamos de considerar que os conhecimentos de domínio específico constituem o pensamento científico em relação às estratégias de domínio geral (ALMUDI; CEBERIO, 2014; LIN, 2014). Compartilhamos do ponto de vista de Valanides, Papageorgiou e Angeli (2013) de que as estratégias de domínio geral não podem ser investigadas à parte dos conteúdos científicos nas pesquisas sobre o pensamento científico.

Quando empregamos a expressão pensamento científico não pressupusemos a existência de um “método científico” formado por passos ou procedimentos discretos e sequenciados. Como alertam Millar e Lubben (1996), são escassas e controversas as evidências a respeito da existência desse tipo de método. Isso porque a Ciência é um processo de construção marcado por idas e vindas, circunscrito pelos mais variados aspectos da esfera social e cultural dos envolvidos. Posicionamentos como o nosso são discutidos em diferentes trabalhos de nossa área de pesquisa (AL-AHMADI; REID, 2011; KASSEBOEHMER; FERREIRA, 2013; MAIA; JUSTI, 2008; TANG *et al.*, 2010).

Documentos curriculares elaborados por governos e por entidades não governamentais de todo o mundo, bem como trabalhos acadêmicos no âmbito do Ensino de Ciências nos levaram a perceber que o desenvolvimento do pensamento científico é uma demanda curricular atual (AAAS, 1990; BRASIL, 1996, 2000; CHOI; HAND; GREENBOWE, 2012; DING; WEI; MOLLOHAN, 2014; FENSHAM, 2012; MANSILLA; JACKSON, 2011; NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 2012; 2013; POZO; CRESPO, 2009; VIEIRA; TENREIRO-VIEIRA; MARTINS, 2011). Isso porque todos mencionam a necessidade de criar abordagens curriculares e estratégias de ensino que favoreçam aprendizagens mais amplas, para além da aprendizagem conceitual. Entre essas aprendizagens estão as estratégias de raciocínio a que nos referimos como vinculadas ao pensamento científico.

Encontramos na literatura de pesquisa discussões e resultados empíricos que mostram a importância de favorecer o desenvolvimento do pensamento científico no ambiente escolar. Daí a importância de investigar esses processos de desenvolvimento. Por um lado, há pesquisadores, como Millar e Lubben (1996), que parecem tratar o conhecimento científico como um bem cultural. Criar condições para o desenvolvimento do pensamento científico seria uma forma de permitir a apreciação desse bem pelas novas gerações: “[...] é importante que ensinemos sobre investigação científica de modo que os estudantes possam compreender as garantias para uma explicação científica e apreciar

tanto o poder, quanto as limitações do conhecimento científico” (MILLAR; LUBBEN, 1996, p. 167).

Por outro lado, há pesquisadores com ponto de vista mais pragmático. Moore e Rubbo (2012), por exemplo, destacam que há uma correlação entre aprendizagem conceitual e a capacidade dos estudantes em mobilizarem estratégias de domínio geral que são associadas ao pensamento científico. Como citado pelos autores, essa seria uma justificativa para favorecer o desenvolvimento dessas estratégias no cenário escolar. Os resultados dos estudos conduzidos por Coletta e Phillips (2005) e por Nieminen, Savinainen e Viiri (2012) confirmam essa correlação. Já Zeineddin e Abd-el-Khalic (2008) defendem que o desenvolvimento dessas estratégias de domínio geral no ambiente escolar é uma maneira pela qual se pode contribuir para a formação de pessoas cientificamente alfabetizadas.

Ding, Wei e Mollohan (2014), Moore e Rubbo (2012) e Zeineddin e Abd-el-Khalic (2008) propõem que nos cursos básicos de ciências os estudantes tenham a oportunidade de desenvolver o pensamento científico já que esse tipo de aprendizagem potencializa a capacidade de resolução de problemas e de tomada de decisão, seja na escola, seja fora dela. Na base dessas considerações está a controversa noção de transferência de aprendizagem. A ideia de transferência se refere à possibilidade de que estratégias, habilidades, disposições e até mesmo conceitos desenvolvidos em certo contexto sejam reelaborados por um indivíduo para solucionar tarefas ou tomar decisões em outros contextos. Em nosso trabalho de pesquisa, não investigamos essa questão da transferência. Porém, julgamos pertinente nos referir a ela ainda que de forma breve, pois essa é uma questão que permeia, em especial, os estudos sobre o desenvolvimento de estratégias e habilidades em diferentes áreas do conhecimento.

Pesquisadores como Chen e She (2014), Adey (1999) e Voss e Wiley (1995) consideram que o pensamento científico pode ser desenvolvido a partir de intervenções didáticas explicitamente direcionadas para isso. Eles também afirmam que as aprendizagens relacionadas ao pensamento científico são transferíveis de um contexto a outro, inclusive apresentam ou citam resultados nos quais se embasam para fazer essa afirmação.

Para Ritchhart e Perkins (2005), a ideia de transferência é marcada por debates ideologicamente polarizados. Em meio a esses debates, eles identificaram tanto evidências e críticas favoráveis, quanto evidências e críticas desfavoráveis à possibilidade da transferência. Com base no recurso à literatura de pesquisa, esses mesmos autores

assumem postura moderada ao considerar que sob certas condições a transferência pode ser possível.

O ponto de vista de Arons (1996) é interessante para se pensar a questão da transferência, pois a maneira como ele considera o desenvolvimento de estratégias do pensamento científico traz consigo a ideia de ampliação das possibilidades de uso dessas estratégias. Ele parte do princípio de que estratégias de domínio geral como as que investigamos não se desenvolvem no vazio, mas na relação com determinado campo do conhecimento. Em outras palavras, o desenvolvimento do pensamento científico é campo dependente, pois a mobilização de qualquer estratégia de domínio geral está inter-relacionada ao conhecimento de conteúdo da área específica envolvida (KLAHR; DUNBAR, 1988; SAMPSON; CLARK, 2008). Assim, Arons sugere que as estratégias de domínio geral podem ser desenvolvidas em contextos limitados acessíveis aos estudantes, como é o caso da escola e das disciplinas escolares. Quanto mais variadas e mais numerosas forem as oportunidades de mobilização e de reflexão sobre essas estratégias de domínio geral oferecidas pelas diferentes disciplinas escolares, maiores serão as possibilidades de que os estudantes estabeleçam uma “síntese” dessas oportunidades e aproveitem-na para lidarem com novos problemas.

Somos simpáticos à moderação assumida por Ritchhart e Perkins (2005) e à abordagem sugerida por Arons (1996). A interpretação que fizemos do conceito de experiência tratado por nosso principal referencial teórico-metodológico (DEWEY, 1948, 1966, 1997, 2010) e a interpretação que fizemos da proposição de Arons (1996) discutida acima nos levou a considerar que sob certas condições pode ser viável a transferência de aprendizagem entre contextos. A principal condição para que isso ocorra pode estar no favorecimento de experiências diversificadas e desafiadoras, que envolvam a reelaboração de experiências prévias e que favoreçam a reelaboração de experiências futuras. Essa é uma suposição baseada em resultados como os de Pugh (2004), por exemplo, que mostram que experiências escolares podem enriquecer as experiências dos estudantes fora da escola. No entanto, ainda são poucos os resultados de pesquisa que trazem elementos para discussão sobre o que favorece ou o que dificulta a transferência (PUGH; BERGIN, 2005).

Achamos importante abordar, a partir de pesquisas, a transferência das estratégias de domínio geral que investigamos neste trabalho. Contudo, essa é uma meta ousada, que não nos colocamos para esta pesquisa de doutorado, mas que não descartamos a possibilidade de abordar em investigações futuras. Na pesquisa que relatamos nesta tese,

nos preocupamos em analisar experiências de pensamento científico na Física escolar e processos de reelaboração dessas experiências nessa mesma circunstância.

Colocamos como objetivos da pesquisa a identificação das estratégias de domínio geral empregadas por estudantes para a solucionarem tarefas de Física do Ensino Médio; a caracterização das experiências de pensamento científico em que essas estratégias foram usadas; a identificação do que interferiu positiva ou negativamente nessas experiências; e a busca de indícios de que os estudantes aprenderam essas estratégias. Esses objetivos deram origem à quatro questões de pesquisa que serão retomadas e discutidas no final do segundo capítulo, quando já teremos abordado boa parte dos conceitos necessários à compreensão dessas questões:

- a) Quais estratégias de domínio geral são empregadas pelos estudantes para a resolução das tarefas de um tutorial sobre dinâmica newtoniana?
- b) Quais são as características das experiências em que estudantes utilizaram essas estratégias de domínio geral?
- c) Como o contexto no qual se dá a resolução dessas tarefas do tutorial favorece ou dificulta a constituição dessas experiências?
- d) Que indícios de desenvolvimento do pensamento científico podem ser destacados dessas experiências?

A fim de comunicar a investigação que conduzimos orientados por essas questões, organizamos a tese em seis capítulos. O primeiro, esta introdução, aborda minha trajetória e a motivação da escolha do tema. No segundo capítulo, apresentamos a elaboração teórica do nosso problema, das questões e do objeto de estudo. Elaboramos, ainda, o conceito de pensamento científico em diálogo com estudos de diferentes áreas, entre elas o Ensino de Ciências, a Educação e a Psicologia Cognitiva. Revisamos relatos de pesquisas empíricas dos mais importantes periódicos da área de Ensino de Ciências para compreender como o pensamento científico tem sido abordado por nossos pares. Procuramos mostrar como nosso trabalho se insere nessa área, quais são as contribuições e as limitações dessas pesquisas e as contribuições que podemos prestar.

No terceiro capítulo, trouxemos os referenciais teóricos que orientaram a condução de nossa pesquisa, desde a coleta até a análise dos dados. Apresentamos o conceito de experiência e os princípios da continuidade e da interação para avaliação da qualidade de uma experiência. Propusemos o uso de uma definição operacional de engajamento como

forma de operacionalizar a aplicação do princípio da interação à análise dos dados. Mostramos como a ideia de experiência se relaciona às ideias de aprendizagem e de desenvolvimento na perspectiva dos nossos referenciais teóricos.

No quarto capítulo, elaboramos o delineamento metodológico do estudo. Caracterizamos o contexto de investigação. Apresentamos nossos instrumentos e nossas estratégias de coleta e de análise dos dados.

No quinto capítulo, apresentamos a análise dos dados e a discussão. Iniciamos com a análise das estratégias de domínio geral que os estudantes de dois grupos utilizaram em um conjunto de três aulas em que lidaram com tarefas sobre dinâmica newtoniana. Analisamos as experiências em que os estudantes utilizaram essas estratégias de domínio geral para resolução das tarefas. Com base na teoria da experiência de Dewey, avaliamos o potencial educativo das mesmas. Nossa análise também envolveu o esforço de interpretar como o contexto no qual se desenvolveram as atividades com o tutorial sobre dinâmica favoreceu ou dificultou o estabelecimento e a manutenção das experiências de pensamento científico. Por fim, destacamos e analisamos alguns indicadores do desenvolvimento do pensamento científico pelos estudantes ao longo do trimestre letivo no qual foram desenvolvidas as atividades com o tutorial sobre dinâmica.

No sexto capítulo, tecemos nossas considerações finais sobre a pesquisa conduzida. Retomamos nossas questões de pesquisa à luz dos resultados por nós alcançados. Relacionamos os nossos resultados com discussões e outros resultados disponíveis na literatura de pesquisa. Encerramos com a apresentação das implicações do nosso trabalho para o campo das pesquisas em ensino e das implicações para o próprio ensino.

2 CONSTITUIÇÃO TEÓRICA DA PESQUISA

Neste capítulo, estabelecemos um diálogo com a literatura de pesquisa em Educação, Ensino de Ciências e Psicologia Cognitiva, a fim de apresentar o contexto teórico em que se deu a estruturação da pesquisa. Destacamos as contribuições dessas áreas de conhecimento para a definição do problema, do objeto e das questões de pesquisa. Começamos com a apresentação do problema de pesquisa. Mostramos, de maneira panorâmica, como ele se insere no campo das pesquisas em Ensino de Ciências. A seguir, elaboramos a definição de pensamento científico utilizada no trabalho. Valemo-nos do conceito de pensamento crítico como forma de melhorar nossa definição de pensamento científico. Identificamos como o pensamento científico tem sido abordado nas pesquisas em Ensino de Ciências. Discutimos essas pesquisas a fim de destacar a originalidade deste trabalho bem como sua relação com essa área de pesquisa.

2.1 Interesse de pesquisa

Na história recente da comunidade de pesquisa em Ensino de Ciências houve concentração de esforços na condução de investigações sobre a aprendizagem de conceitos, modelos e teorias científicas no âmbito do ensino de Física, Química e Biologia. São inúmeros os trabalhos que se dedicaram a isso. Citamos aqui alguns exemplos: Borges e Gilbert (1999), Carvalho (1988), Coelho (2011), Justi e Carvalho (2005), Santos Sobrinho e Borges (2010), Villani e Pacca (1987). O conjunto de trabalhos acadêmicos que lidam com esse objeto de investigação é amplo e também variado em relação às questões de pesquisa e aos referenciais teóricos utilizados. O interesse por esse objeto de investigação se mantém vivo nos dias de hoje dada a centralidade dos conceitos científicos para as ciências de maneira geral.

A partir do início da década de 2000, percebe-se crescente interesse dessa comunidade de pesquisa pela investigação de outros tipos de aprendizagem que se pode buscar ao estruturar os currículos de ciências: o desenvolvimento de técnicas e de estratégias de raciocínio, de aprendizagem, de comunicação, de investigação, de trabalho em equipe e de resolução de problemas (BELLUCCO; CARVALHO, 2014; BORGES; GOMES, 2005; BORGES; BORGES; VAZ, 2005; CHOI; HAND; GREENBOWE, 2012; HAVDALA; ASHKENAZI, 2007; JULIO; VAZ; FAGUNDES, 2011; KANARI; MILLAR, 2004; LEE; PARK, 2013; LOCATELLI; CARVALHO, 2007; MAURINES,

2010; MENDONÇA; JUSTI, 2006; YEO; GILBERT, 2014; ZEINEDDIN; ABD-EL-KHALICK, 2008).

A evidência de que esse *corpus* de pesquisa encontra-se em plena expansão está no aumento do número de artigos que lidam com esses temas, nos últimos 15 anos, nos periódicos da área. Essa plena expansão pode ser interpretada como decorrente das demandas de aprendizagem sinalizadas por pesquisadores e por entidades governamentais e não governamentais de diferentes partes mundo (AAAS, 1990; BRASIL, 1996, 2000, 2012; DING; WEI; MOLLOHAN, 2014; FENSHAM, 2012; MANSILLA; JACKSON, 2011; NRC, 2012; 2013; POZO; CRESPO, 2009; VIEIRA; TENREIRO-VIEIRA; MARTINS, 2011). Tratamos isso como um indício de que a comunidade de pesquisa em Ensino de Ciências está sensível a essas novas demandas de aprendizagem. Mas quais são elas?

Fensham (2012) argumenta que as mudanças sociais, culturais e econômicas vivenciadas recentemente têm levado a uma nova definição do que é saber e dos conhecimentos que cabem ser desenvolvidos a partir da escolarização formal. A sociedade passou a valorizar as competências de “[...] saber como aprender, saber como continuar aprendendo, saber como aprender com outros e vislumbrar possibilidades para resolução de problemas” (FENSHAM, 2012, p. 7). Esse autor discute a implicação dessas demandas para a estruturação dos currículos de ciências. Defende que elas se configuram como uma oportunidade de reelaboração dos processos de ensino-aprendizagem em ciências, tornando-os mais efetivos.

Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011) e Pozo e Crespo (2009) fazem apontamentos sobre o tipo de formação escolar que pode contribuir para uma atuação qualificada de indivíduos na sociedade, seja sob a ótica do mercado de trabalho ou da expansão desenfreada de conhecimentos e informações ao alcance de parcelas cada vez maiores da população. Os apontamentos desses autores vão ao encontro das demandas de aprendizagem sinalizadas por Fensham (2012).

Por exemplo, Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011) sinalizam que o exercício do pensamento crítico e da capacidade de estabelecer interações produtivas com os outros são essenciais ao pleno funcionamento da democracia. Para eles, esse tipo de exercício intelectual é fundamental nas sociedades científico-tecnológicas onde a capacidade de trabalhar colaborativamente em situações que envolvam a identificação e a resolução de problemas são altamente valorizadas.

Já Pozo e Crespo (2009) enfatizam que vivemos na sociedade da informação, do conhecimento múltiplo e do aprendizado contínuo. Assim, torna-se necessário formar pessoas que consigam buscar, selecionar e interpretar informações criticamente; que possuam autonomia intelectual para construir seu próprio ponto de vista; que desenvolvam estratégias de aprendizagem visando à reelaboração do conhecimento. Esses autores consideram que o ensino de ciências exerce papel importante no sentido de prover essa formação a todos que estão na escola. As oportunidades de aprendizagem conceitual, de desenvolvimento de técnicas e estratégias de raciocínio e de resolução de problemas, de formação de atitudes e valores e de construção de uma imagem sobre a própria Ciência podem favorecer a formação intelectual demandada pela sociedade em que vivemos. Isso porque essas oportunidades de aprendizagem podem ser estruturadas de modo a colocar os estudantes diante de demandas que se assemelham àquelas encontradas fora do ambiente escolar.

No Brasil, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996) faz sinalizações coerentes com as que se encontra na literatura, embora seja um documento geral, não vinculado essencialmente ao Ensino de Ciências. Essa lei indica como um dos objetivos do Ensino Médio “o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento intelectual e do pensamento crítico” (BRASIL, 1996, art. 35). Os termos desenvolvimento intelectual e pensamento crítico não são definidos, por isso admitem as mais variadas interpretações. As recomendações trazidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 2000) e nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2012) não solucionam essa questão das múltiplas interpretações dos termos trazidos na Lei de Diretrizes e Bases (LDB), mas ajudam a interpretar esses termos no âmbito da legislação brasileira. Tomados em conjunto, a LDB, o PCNEM e as Diretrizes Curriculares Nacionais fazem clara referência à necessidade de se formar pessoas capazes de fazer julgamentos de valor, tomar decisões, interagir com outros visando tanto ao próprio desenvolvimento, quanto ao desenvolvimento daqueles com quem interage.

Mansilla e Jackson (2011) figuram como autores de um texto encomendado por duas organizações internacionais (uma norte-americana e outra asiática). Esse texto trata de aspectos relacionados à formação dos jovens de hoje, que se encontram inseridos numa sociedade globalizada e complexa do ponto de vista científico-tecnológico. Tais autores argumentam a favor tanto da aprendizagem de conceitos e ideias gerais, quanto de aprendizagens que potencializem a capacidade do indivíduo em lidar com a diversidade,

tomar decisões, empreender ações inteligentes e exercer atitude investigativa diante de situações que demandam a resolução de problemas.

O documento *Science for all Americans* (AAAS, 1990) possui visibilidade internacional. Embora date do início da década de 1990, faz recomendações tidas como atuais sobre aspectos formativos a serem considerados nos processos de ensino-aprendizagem. Outro documento norte-americano, produzido 22 anos depois pelo *National Research Council* (NRC, 2012; 2013), aborda aspectos formativos que guardam relações com aqueles destacados no *Science for all Americans*. As recomendações de ambos os documentos se voltam para questões relacionadas ao letramento científico, às estratégias e técnicas empregadas em atividades de cunho científico-tecnológico e à natureza da ciência. Destaca-se como aprendizagem geral a ser buscada a capacidade de formular questões, elaborar e testar hipóteses, analisar e interpretar dados, argumentar com base em evidências e avaliar a qualidade de argumentos e comunicar resultados, entre outras.

Diante da discussão que traçamos até aqui, parece-nos razoável admitir o aumento do interesse sobre essas novas demandas de aprendizagem. Apesar disso, o Ensino de Ciências, seja na educação básica ou na educação superior, permanece quase que exclusivamente orientado para o estabelecimento de oportunidades de aprendizagem conceitual. Isso, a nosso ver, se configura como um problema a ser superado. É possível que esse problema seja reflexo do predomínio de investigações sobre o desenvolvimento conceitual de estudantes a que nos referimos no início deste capítulo e de investimentos na elaboração de currículos de ciências que davam grande ênfase à aprendizagem de conceitos. Também é reflexo da dificuldade de desenvolver currículos e atividades didáticas pautadas por aprendizagens não apenas conceituais, bem como da dificuldade de avaliar essas aprendizagens.

É inegável a centralidade da aprendizagem conceitual para o Ensino de Ciências. Mas também é patente o fato de que essa área de conhecimento tem o potencial de contribuir para a formação dos estudantes a partir da promoção de outros tipos de aprendizagem tão importantes quanto a conceitual. A superação desse problema demandará investimento de quem está envolvido com o ensino, de quem está envolvido com a pesquisa em ensino e, sobretudo, de quem atua nos dois campos. Na condição de pesquisadores em ação docente, vislumbramos uma possibilidade de superação dessa dificuldade a partir do estabelecimento de um programa de pesquisa que privilegie a realimentação entre ensino e pesquisa (JULIO; VAZ; FARIA, 2011; VAZ; JULIO; FARIA, 2012).

Consideramos que o trabalho de pesquisa aqui relatado vai ao encontro da necessidade de superação desse problema da ênfase no conceito. Além disso, contribui para o debate sobre a abordagem dessas novas demandas de aprendizagem nas salas de aula seja da educação básica, seja da educação superior. Em nossa investigação, lidamos com o pensamento científico de estudantes do Ensino Médio. O pensamento científico pode ser caracterizado por conhecimentos conceituais e por estratégias de domínio geral. Em nosso trabalho de pesquisa, privilegiamos a investigação das estratégias de domínio geral. O problema de pesquisa consistiu na investigação da mobilização e do processo de desenvolvimento do pensamento científico de estudantes que trabalharam em pequenos grupos para solucionarem tarefas de Física dos Tutoriais de Física Introdutória (McDERMOTT; SHAFFER, 2002). Essas tarefas dos tutoriais não são o nosso objeto de investigação, mas constituem o contexto de pesquisa.

A apresentação que acabamos de fazer do nosso problema de pesquisa foi breve e envolveu a utilização de termos e conceitos com significados específicos, que ainda serão aqui definidos. A partir de posterior discussão desses termos e conceitos, tornaremos mais claro o problema de pesquisa. Além disso, aproveitaremos essa discussão para explicitar o nosso objeto de investigação e as questões que buscamos responder.

2.2 Pensamento científico

2.2.1 Definição

Pesquisadores do campo da Psicologia e do Ensino de Ciências têm investigado o pensamento científico de crianças, adolescentes e adultos há algumas décadas. Na literatura, há considerável quantidade de trabalhos que tratam do tema. Tradicionalmente, as definições para o pensamento científico oriundas da pesquisa nessas áreas focalizam estratégias gerais de raciocínio e de resolução de problemas comumente associadas às atividades de cunho científico-tecnológico. Essas estratégias são denominadas de gerais em função do reconhecimento de que também podem ser utilizadas por pessoas em situações cotidianas, fora do contexto científico (DUNBAR; FUGELSANG, 2005; DUNBAR; KLAHR, 2012; KUHN; PEARSALL, 2000). Contudo, não há consenso sobre essa generalidade (RITCHHART; PERKINS, 2005). Para Dunbar e Klahr (2012) e Kuhn e Pearsall (2000), o que diferencia a mobilização de estratégias de domínio geral no campo

da ciência da mobilização dessas estratégias fora do campo da ciência são o rigor conceitual e a consciência envolvida no uso das mesmas.

Em geral, as definições de pensamento científico baseiam-se em “[...] habilidades de raciocínio e resolução de problemas envolvidas na geração, revisão e teste de hipóteses ou teorias [...]” (MORRIS *et al.*, 2012, p. 61). Contudo, essa concepção nem sempre é colocada nesses termos. Pesquisadores como Girelli *et al.* (2010), Moore (2012) e Morris *et al.* (2012) alertam que as definições de pensamento científico são multifacetadas. Stephens e Clement (2010) consideram que há inconsistência na definição de processos que caracterizam o pensamento científico. Vejamos então o tratamento dispensado ao pensamento científico na literatura de pesquisa da nossa área de atuação e de áreas correlatas.

Lawson (2010), a partir da análise de três casos célebres da história da ciência, entre eles a descoberta das luas de Júpiter por Galileu Galilei, propõe que o pensamento científico está assentado em quatro formas de inferência: a abdução, a retrodução, a dedução e a indução. Propõe ainda que essas três últimas formas de inferência são pautadas pelo padrão *se/então/portanto*. Lawson reconhece que nem toda atividade de investigação científica é pautada por ciclos de abdução, retrodução, dedução e indução. Contudo, afirma que o estabelecimento consciente desses ciclos potencializa as chances de sucesso em atividades de natureza investigativa. Baseado nesse entendimento, o autor considera que o desenvolvimento de atividades didáticas que favoreçam a aprendizagem dessas estratégias tem o potencial de contribuir para o letramento científico dos estudantes e para melhor compreensão sobre a natureza da ciência.

Para Kuhn (1989) e Kuhn e Pearsall (2000), a essência do pensamento científico reside na coordenação consciente entre teoria e evidência, que é mais complexa do que simplesmente revisar teorias com base em evidências disponíveis. Ela se efetiva quando o indivíduo se torna capaz de distinguir teoria de evidência para só então estabelecer relações entre elas. Essas autoras sugerem que o desenvolvimento do pensamento científico passa pelo progressivo controle dessa coordenação.

O pensamento científico envolve ciclos de geração de hipóteses, planejamento experimental e teste de hipóteses. Com base nessa ideia, Klahr e Dunbar (1988) elaboraram um referencial analítico para abordagem dos processos de raciocínio científico: o *Scientific Discovery as Dual Search* (SDDS). De acordo com o SDDS, o raciocínio científico se dá em dois espaços de resolução de problema: o espaço da elaboração de hipóteses e o espaço experimental (em que experimentos são elaborados e as evidências

avaliadas como parte do processo de verificação de hipóteses). Segundo os autores, esse referencial é particularmente útil para análise de situações que envolvem a coleta de dados experimentais como, por exemplo, em atividades realizadas nos laboratórios didáticos de ciência.

A literatura de pesquisa, como salienta Zimmerman (2000), aborda o pensamento científico como sendo constituído por aspectos conceituais e por aspectos procedimentais, ora tomados em isolamento, ora tomados em inter-relação. A autora se refere a esses aspectos como conhecimentos de domínio específico e estratégias de domínio geral, respectivamente.

Os conhecimentos de domínio específico são caracterizados pelos conceitos que os indivíduos desenvolvem sobre fenômenos dos campos das Ciências Naturais. Os conceitos de força, energia, velocidade, fotossíntese, bem como os modelos do átomo, de osciladores harmônicos e de movimento retilíneo uniforme são exemplos desse tipo de conhecimento. Já as estratégias de domínio geral dizem respeito às estratégias de raciocínio e de resolução de problemas utilizadas na descoberta e modificação de teorias sobre relações categóricas ou causais. São exemplos dessas estratégias de domínio geral a elaboração e teste de hipóteses, a avaliação de evidências, a elaboração de inferências, entre outras.

Como Klahr e Dunbar (1988) alertam, os conhecimentos de domínio geral e as estratégias de domínio específico são indissociáveis. Os conhecimentos de domínio específico exercem influência direta sobre as possibilidades de mobilização das estratégias de domínio geral. De certo modo, pode-se dizer que os conhecimentos de domínio específico qualificam a mobilização das estratégias de domínio geral.

Autores como Klahr, Zimmerman e Jirout (2011), Borges (2006), Julio e Vaz (2007), Dunbar e Fugelsang (2005), Kuhn, Amsel e O'Loughlin (1988) e Dunbar e Klahr (2012) apresentam concepção semelhante sobre o fato de que o pensamento científico é caracterizado por conhecimentos de domínio específico e por estratégias de domínio geral, embora não utilizem necessariamente os mesmos termos para comunicarem tal concepção.

Por exemplo, Klahr, Zimmerman e Jirout (2011) entendem que o pensamento científico é caracterizado por conhecimentos de conteúdo e de processos (equivalente às estratégias de domínio geral). Já nos dizeres de Dunbar e Klahr (2012) e Dunbar e Fugelsang (2005), há duas “manifestações” ou dois tipos de pensamento científico. Um se manifesta quando se pensa nos conteúdos científicos, nos conceitos e modelos. O outro está relacionado aos processos de raciocínio tipicamente utilizados por pessoas envolvidas

em atividades de cunho científico: indução, dedução, planejamento de experimentos, raciocínio causal, etc.

Em Borges (2006), são apresentados os termos “pensar e pensamento científico”. Esses termos foram definidos ao se discutir o tipo de desenvolvimento que o Ensino de Física da educação básica deveria propiciar aos estudantes:

(i) Conhecer os principais modelos da ciência, (ii) ter aprendido a modelar fenômenos, eventos e situações e (iii) ter desenvolvido a capacidade e adquirido o hábito de buscar, avaliar e julgar a qualidade dos argumentos e das evidências disponíveis para a produção de conhecimento novo sobre os fenômenos e problemas tratados (BORGES, 2006, p. 136).

Para esse autor, o pensamento científico está relacionado ao conhecimento e à mobilização de conceitos e ideias estruturadoras da ciência, o que está associado aos propósitos (i) e (ii) descritos acima. Já o pensar científico, que esse autor associa ao propósito (iii), relaciona-se à capacidade do sujeito em formular e testar hipóteses, julgar a qualidade de argumentos, elaborar planos de investigação, entre outros. Desse modo, os termos pensar e pensamento científico de Borges (2006) correspondem aos termos estratégias de domínio geral e conhecimentos de domínio específico de Zimmerman (2000).

Cabe salientar que o pensamento científico envolve outros aspectos que transpassam os conhecimentos de domínio específico e as estratégias de domínio geral. Há que se considerar a influência da criatividade, da intuição, dos valores, das idiossincrasias, das coincidências, da perspicácia, entre outros elementos envolvidos na estruturação do pensamento e da própria atividade científica. Por essa razão, Al-Ahmadi e Reid (2011) defendem que não há uma definição única e precisa que se ajuste às diferentes manifestações do pensamento científico.

As variações nas definições de pensamento científico que apresentamos nesta seção estão relacionadas, entre outras coisas, a diferenças na compreensão dos autores sobre como cientistas estruturam seu raciocínio na condução de investigações. De certo modo, isso é previsível visto que não há um padrão ou um “método científico” único. Esse ponto de vista está bem documentado e discutido na literatura (AL-AHMADI; REID, 2011; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001; KASSEBOEHMER; FERREIRA, 2013; LAWSON, 2010).

Por essa razão, ao longo da pesquisa, não nos preocupamos em estabelecer um retrato de como um cientista age e pensa. Também não nos comprometemos em definir o pensamento científico a partir da proposição de um “método” de investigação universal.

Isso foge completamente ao escopo deste trabalho. Cabe destacar que, em nossa abordagem do pensamento científico, não entramos na discussão de questões sobre filosofia, epistemologia ou natureza da ciência, pois isso também está para além do nosso foco de estudo. Esse é um debate muito presente no campo do Ensino de Ciências, com estudos dedicados exclusivamente ao tratamento dessas questões (ABD-EL-KHALICK; BELL; LEDERMAN, 1998; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001; HODSON; WONG, 2014; HODSON, 1985, 1986; McCOMAS, 2002; PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002).

Admitimos que existem certas estratégias de domínio geral que são associadas ao trabalho intelectual de quem lida no campo das Ciências Naturais, mas que não são exclusivas desse campo. Nossos interesses de pesquisa passam pela identificação do uso dessas estratégias por estudantes na resolução de tarefas de Física. Por essa razão, inspirados nas discussões precedentes, propusemos uma definição geral para o pensamento científico que nos desse maior grau de liberdade para fazer essa identificação. Isso significa que nossa definição de pensamento científico não se baseou em estratégias de domínio geral específicas. Para nós, o pensamento científico é constituído por conhecimentos de domínio específico e por estratégias de domínio geral que estão inter-relacionados. Entre as estratégias de domínio geral, podemos citar como exemplo a elaboração de raciocínio baseado em evidência, de raciocínio por analogia, de raciocínio hipotético-dedutivo, o uso de definições prévias, a verificação da própria linha de raciocínio, entre outros. Esses conhecimentos e estratégias são mobilizados em processos de (re)elaboração de ideias, conceitos e teorias sobre fenômenos físicos para resolução das mais variadas tarefas.

2.2.2 Pensamento científico *versus* pensamento crítico

O pensamento científico relaciona-se a outro construto muito explorado nos campos da Filosofia, da Psicologia e da Educação: o pensamento crítico. Embora sejam dois construtos distintos, há pontos comuns entre eles. Para melhor definir o pensamento científico, ajuda saber o que aproxima esses dois construtos e o que os distingue um do outro.

Pode-se perguntar: investigar o desenvolvimento do pensamento crítico é o mesmo que investigar o desenvolvimento do pensamento científico? A resposta é negativa. Por um lado, boa parte das estratégias de raciocínio e de resolução de problemas que definem o pensamento científico e o pensamento crítico é coincidente: elaborar e avaliar argumentos,

avaliar evidências, elaborar inferências, distinguir evidência de inferência, entre outras. Por outro lado, o pensamento científico, ao contrário do pensamento crítico, é caracterizado por conhecimentos de domínio específico: os conceitos, modelos e teorias da Ciência. Além disso, de acordo com Schunn e Anderson (1999), a atividade de investigação científica envolve técnicas e estratégias de raciocínio e resolução de problemas diferentes daquelas associadas ao pensamento crítico. Observar e medir de maneira sistemática, decidir o que medir e como medir, elaborar estratégias de comunicação de resultados experimentais, planejar experimentos e controlar variáveis são exemplos de estratégias de domínio geral características e exclusivas do pensamento científico.

Se, por um lado, existem estratégias de pensamento científico que extrapolam o âmbito do pensamento crítico, o inverso não ocorre. Se mudarmos a ordem dos dois pensamentos na pergunta feita anteriormente, a resposta passa a ser positiva: investigar o desenvolvimento do pensamento científico também é investigar o desenvolvimento do pensamento crítico. Pensar cientificamente é pensar criticamente³. Isso, pois, como destacamos anteriormente, há uma coincidência entre as estratégias de raciocínio e de resolução de problemas que definem esses dois construtos.

Em síntese, o pensamento crítico pode ser tido como um dos componentes do pensamento científico. As propriedades do pensamento crítico são também propriedades do pensamento científico. No entanto, o pensamento científico é mais que pensamento crítico, pois envolve tanto estratégias que são características das atividades de cunho científico quanto conhecimentos de domínio específico.

Ao mesmo tempo, é preciso considerar que o pensamento crítico não é uma exclusividade do pensamento científico, pois o mesmo constitui outros “sistemas de pensamento”. Alguns desses outros sistemas de pensamento são tratados, por exemplo, no *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning* (HOLYOAK; MORRISON, 2012): pensamento jurídico, pensamento médico e pensamento de negócios. Al-Ahmadi e Reid (2011) concordam com esse ponto de vista. Para eles, embora muitas das habilidades associadas ao pensamento crítico sejam também habilidades associadas ao pensamento científico, elas não são exclusivas deste.

³ Reconhecemos o limite dessa afirmação. Ao fazê-la, basemo-nos na comparação que fizemos das definições de pensamento científico e de pensamento crítico usadas na literatura acadêmica em Ensino de Ciências. Tomamos como referência as definições de pensamento crítico assentadas nas perspectivas teóricas da psicologia e da filosofia, pois essas são de uso comum no nosso campo de pesquisa. Sabemos, no entanto, que há definições de pensamento crítico pautadas por outras vertentes teóricas que não corroboram essa nossa afirmação.

Cabe enfatizar que há autores que consideram que o pensamento crítico é dependente do contexto. Isso quer dizer que pensar criticamente em Física é diferente de pensar criticamente na área médica, pois os conhecimentos de domínio específico que devem ser empregados ao mobilizar o pensamento crítico são diferentes na Física e na Medicina. Há resultados de pesquisas que sinalizam que quanto maior é a compreensão sobre os conhecimentos de domínio específico em determinada área, melhor é a qualidade do pensamento crítico mobilizado (LAI, 2011; LIN, 2014).

De fato, ninguém pensa criticamente no vazio. Quando o pensamento crítico é mobilizado em qualquer área do conhecimento, os conhecimentos de domínio específico dessa área estarão inter-relacionados com as estratégias de domínio geral que caracterizam o pensamento crítico. No entanto, consideramos que essas estratégias de domínio geral podem ser as mesmas, quaisquer que sejam os campos de conhecimento em questão. Assim, alguém que tenha tido experiências de mobilização do pensamento crítico em determinada área poderá reelaborar essas experiências a fim de pensar criticamente em outras áreas, desde que tenha alguma familiaridade com os conhecimentos de domínio específico demandados pela mobilização. Posto isso, concordamos com Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011), que defendem que o Ensino de Ciências é um campo fértil para o desenvolvimento do pensamento crítico. Essa proposição parece razoável, pois, como já afirmamos reiteradamente, pensar cientificamente é também pensar criticamente.

Mas, afinal, o que é o pensamento crítico? Assim como o pensamento científico, o pensamento crítico é um construto multidimensional. Em parte, essa multidimensionalidade decorre da abordagem desse construto por três perspectivas teóricas distintas: a filosófica, a da psicologia cognitiva e a educacional (LAI, 2011; STERNBERG, 1986; VIEIRA; TENREIRO-VIEIRA; MARTINS, 2011).

De acordo com Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011), a abordagem filosófica se volta para questões relacionadas ao uso da lógica, dos princípios da retórica e da argumentação. Essa abordagem preocupa-se com a investigação e o desenvolvimento nos sujeitos da capacidade de questionar a validade de argumentos; elaborar conclusões com base em raciocínios válidos; perceber tendências, pensamentos e erros lógicos; avaliar a credibilidade de fontes de informação; identificar suposições implícitas ou explícitas em argumentos ou afirmações. Segundo Lai (2011) e Sternberg (1986), a abordagem filosófica atenta para o que as pessoas são capazes de fazer na melhor das circunstâncias. O foco está nas qualidades e características de um pensador crítico hipotético. Uma das fragilidades dessa abordagem reside no fato de que, ao concentrar-se em um pensador ideal, perde-se

de vista como as pessoas pensam em situações reais e o que potencializa ou limita o pensamento crítico nessas situações.

Na abordagem da Psicologia cognitiva, por outro lado, o pensamento crítico é definido pelas estratégias e habilidades que pessoas reais exibem em situações específicas, considerando todas as restrições impostas pela situação. Não se lida com padrões definidores do pensamento crítico como na abordagem filosófica, mas com as ações e comportamentos que sujeitos podem desempenhar nas mais diversas situações (LAI, 2011). Sternberg (1986) chama a atenção para o fato de que as investigações sobre o pensamento crítico na abordagem psicológica são conduzidas em laboratórios. Não há garantias de que as pessoas tenham o mesmo desempenho com o pensamento crítico nas atividades cotidianas ou de sala de aula e nas atividades desenvolvidas nos testes de laboratório.

Na abordagem educacional, a investigação do pensamento crítico está voltada para as habilidades de resolução de problemas, tomada de decisão e aprendizagem conceitual mobilizadas em sala de aula. O potencial dessa abordagem está no fato de que as teorias são elaboradas a partir da observação cuidadosa da sala de aula. Por outro lado, a falta de clareza epistemológica das teorias educacionais sobre o pensamento crítico e o fato dessas teorias não serem sistematicamente testadas como são as filosóficas e as psicológicas são atribuídos por Sternberg (1986) como fragilidades da abordagem educacional.

Para Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011), embora se possa distinguir essas três abordagens para o pensamento crítico, é comum tomá-las como complementares tendo em vista que as mesmas se reforçam mutuamente. Esse fato está de acordo com a sinalização de que há mais consenso do que dissenso em relação às contribuições dessas abordagens teóricas para a compreensão do pensamento crítico (STERNBERG, 1986).

Por outro lado, Bailin (2002) desconsidera essa conciliação das diferentes perspectivas ao propor abordagem para o pensamento crítico no Ensino de Ciências. A autora defende que a perspectiva filosófica é mais consistente para essa abordagem, pois é mais normativa e foca na aderência a critérios e padrões. Embora reconheça que a perspectiva cognitiva é muito difundida no campo do Ensino de Ciências, entende que falta clareza a essa perspectiva, pois ela está assentada em suposições questionáveis. Por exemplo, a autora diz que é problemático tratar o pensamento crítico como relacionado a processos mentais ou ao uso de certos procedimentos, visto que os processos mentais não são diretamente observáveis e o uso de certos procedimentos por um indivíduo não garante que o mesmo esteja realmente pensando criticamente.

John Dewey é considerado o fundador do movimento moderno do pensamento crítico, estando suas contribuições situadas na perspectiva filosófica (STERNBERG, 1986). Na obra “Como Pensamos” (DEWEY, 1910), o termo pensamento crítico aparece uma única vez ao longo de todo o livro. Isso porque Dewey utiliza o termo pensamento reflexivo para se referir ao que hoje se chama de pensamento crítico. O pensamento reflexivo é aquele no qual são consideradas as bases e as consequências que levam a determinada crença, ideia ou proposição. O desenvolvimento do pensamento reflexivo é um processo sistemático, rigoroso e disciplinado, que demanda o engajamento de quem se propõe a empreendê-lo. Nas palavras do próprio Dewey, “a consideração ativa, persistente e cuidadosa de qualquer crença ou suposta forma de conhecimento à luz das bases que a suportam, e as novas conclusões para as quais ela tende, constitui o pensamento reflexivo” (DEWEY, 1910, p. 6).

Nos dias de hoje, há muitos autores que propõem definições e taxonomias para o pensamento crítico. Boa parte dessas definições está enraizada no pensamento reflexivo de Dewey. Podemos citar como exemplos os trabalhos de Robert Ennis (1991; 1993; 2011), Matthew Lipman (1991), Robert Sternberg (1986) e Arnold Arons (1996). Não discutiremos, neste relatório de pesquisa, todas essas definições, pois isso extrapolaria os propósitos do trabalho. No entanto, avaliamos ser importante destacar a definição operacional de pensamento crítico proposta por Arons (1996), por ser inspirada em situações de ensino-aprendizagem da Física. A inter-relação entre estratégias de domínio geral e conhecimentos de domínio específico presentes nessa definição operacional de pensamento crítico a torna bastante coerente com a definição de pensamento científico que adotamos. Por isso, tal definição operacional nos inspirou em nossa investigação do pensamento científico de estudantes.

Ao identificar a diversidade de termos utilizados para designar o pensamento crítico e a ausência de especificidade e clareza desses termos, Arons (1996) apresentou uma definição operacional que permite pensar o ensino a partir dessa ideia. O conceito de definição operacional é atribuído ao físico Percy William Bridgman (1927). Uma definição operacional consiste no conjunto de operações que informam como detectar ou medir algo que é objeto da definição: “para encontrar o comprimento de um objeto, temos que desenvolver certas operações físicas. O conceito de comprimento é então fixado quando as operações pelas quais o comprimento é medido são fixadas” (BRIDGMAN, 1927, p. 36). O que Arons fez foi justamente isso: listou as estratégias do pensamento crítico e estabeleceu indicadores que permitem identificá-las quando mobilizadas em situações de

ensino-aprendizagem. Ele denominou essas estratégias por processos de raciocínio lógico abstrato. Embora a maior parte das exemplificações a respeito desses processos de raciocínio seja baseada na área de Ensino de Física, Arons considera que os mesmos são passíveis de ocorrer nas diversas áreas do conhecimento.

A denominação dos 10 processos de raciocínio lógico abstrato listados por Arons (1996) que constituem a sua definição operacional de pensamento crítico está representada no QUADRO 1. Em seu livro “*Teaching Introductory Physics*”, além de nomear esses processos, Arons dá exemplos de sua ocorrência e sugere formas de cultivá-los.

QUADRO 1: Processos de raciocínio lógico abstrato de Arons (1996)

1. Conscientemente, levantar as questões “o que sabemos...? Como sabemos...? Por que aceitamos ou acreditamos? Qual é a evidência para...?” quando estudar algum assunto ou abordar um problema.
2. Ser clara e explicitamente consciente de lacunas nas informações disponíveis. Reconhecer quando uma conclusão é alcançada ou uma decisão é tomada na ausência de informação completa. Ser capaz de tolerar quem se vincula à ambiguidade e à incerteza. Reconhecer quando alguém toma algo com base na fé, sem ter examinado as questões “como sabemos...? Por que acreditamos...?”.
3. Discriminar observação de inferência, fato estabelecido de conjectura subsequente.
4. Reconhecer que palavras são símbolos para ideias e não as próprias ideias. Reconhecer a necessidade de usar somente palavras vindas de definições prévias, enraizadas na experiência compartilhada, na formação de uma nova definição e evitar ser enganado por jargão técnico.
5. Sondar as suposições (particularmente as suposições desarticuladas, implícitas) por trás de uma linha de raciocínio.
6. Elaborar inferências a partir de dados, observações ou outra evidência e reconhecer quando inferências seguras não podem ser elaboradas. Isto está subordinado a um número de processos tais como raciocínio silogístico elementar (por exemplo, lidar com afirmações proposicionais básicas “se...então”), raciocínio correlacional, reconhecer quando variáveis relevantes foram ou não controladas.
7. Realizar raciocínio hipotético-dedutivo; isto é, dado uma situação particular, aplicar conhecimentos relevantes de princípios e restrições e visualizar, no abstrato, os resultados plausíveis que podem surgir de várias mudanças que alguém possa imaginar impor sobre o sistema.
8. Discriminar entre raciocínio indutivo e dedutivo; isto é, ter consciência de quando um argumento é elaborado do particular para o geral ou do geral para o particular.
9. Testar a própria linha de raciocínio ou conclusões tendo em vista a consistência interna e, então, desenvolver a autoconfiança intelectual.
10. Desenvolver autoconsciência em relação ao próprio pensamento e processos de raciocínio.

De acordo com Arons, cada um desses 10 processos de raciocínio lógico abstrato pode e deve ser trabalhado nas diferentes disciplinas escolares. A síntese desses processos, elaborada pelos próprios estudantes, é o que caracteriza o pensamento crítico.

Como já mencionamos, essa definição operacional de Arons (1996) nos inspirou na identificação de situações de ensino-aprendizagem em que o pensamento científico é mobilizado. A decisão de lidar com as ideias de Arons se deu quando identificamos coincidência entre os processos de raciocínio lógico, que são a base dessa definição de pensamento crítico, e as estratégias de domínio geral, que definem o pensamento

científico. Contudo, na seção em que apresentaremos nossa estratégia de análise dos dados ficará claro que essa não foi nossa única fonte de inspiração.

2.3 Revisão sobre o pensamento científico no Ensino de Ciências

A definição que apresentamos para pensamento científico baseia-se em trabalhos nas áreas de Educação, Ensino de Ciências e Psicologia Cognitiva. Fizemos o contraponto entre pensamento científico e pensamento crítico para esclarecer a ideia de pensamento científico e também para indicar o que há de comum entre eles.

Para esclarecer que contribuição este trabalho pode dar para a área de Ensino de Ciências e mostrar o que há de comum entre o que fizemos e o que já foi feito, conduzimos uma revisão dos relatos das pesquisas empíricas publicadas em periódicos da área. O objetivo era saber como o tema pensamento científico tem sido abordado.

Conduzimos a revisão em duas etapas. Na primeira, selecionamos artigos com definições de pensamento científico. Essa primeira seleção nos permitiu identificar concepções relacionadas à ideia de pensamento científico. Na segunda etapa, buscamos discutir o conjunto de artigos em que essas concepções foram usadas.

2.3.1 Bases para o levantamento de estudos sobre o pensamento científico

Para fazer um levantamento de estudos em Ensino de Ciências que tratam do tema pensamento científico precisávamos de um ponto de partida: saber o que a área entende por pensamento científico ou que estratégias de domínio geral a área associa ao pensamento científico. A fim de alcançarmos essa compreensão, decidimos inspecionar um conjunto de periódicos nacionais e internacionais publicados entre 2010 e 2014 em busca de relatos de pesquisa empírica relacionados a esse tema. Julgamos adequada a restrição a esses cinco anos para capturar a tendência atual.

Incluímos nesse conjunto de periódicos aqueles a) dedicados ao Ensino de Ciências ou, mais especificamente, ao Ensino de Física, pois essas são as áreas vinculadas a nossa pesquisa; b) avaliados como A1 ou A2 pelo Qualis/ Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) na área de Educação ou na área de Ensino, pois essa avaliação pode ser tomada como um parâmetro sobre a qualidade das publicações; c) que divulgam relatos de pesquisas empíricas sobre aprendizagem de estudantes. Com este

último critério, pretendíamos excluir os periódicos que se dedicam exclusivamente a questões teóricas e à apresentação de revisões de literatura.

Também incluímos nesse conjunto outros dois periódicos que não se ajustavam a esses critérios: o Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e o *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* (PRST). O CBEF obteve avaliação B1 em Ensino e em Educação no Qualis. Ele foi incluído em função de sua boa circulação entre pesquisadores em Ensino de Física no Brasil, por sua tradição na área e pelo nível de qualidade dos artigos publicados. O PRST não é avaliado pelo Qualis. Sua inclusão se deve ao fato de ser um periódico de grande visibilidade internacional no Ensino de Física e também de trazer artigos de boa qualidade. A título de informação, cabe destacar que esse periódico possui alto fator de impacto (JCR 1.573) se comparado a outros periódicos em Ensino de Ciências.

No QUADRO 2 apresentamos o conjunto de periódicos que analisamos.

QUADRO 2: Periódicos nacionais e internacionais usados como base para o trabalho de revisão

ISSN	Periódico	Origem	N ^{os} anuais	Qualis Educação	Qualis Ensino
0002-9505	<i>American Journal of Physics</i>	Internacional	12	***	A1
0212-4521	<i>Enseñanza de las Ciencias</i>	Internacional	3	A1	A1
1571-0068	<i>International Journal of Science and Mathematical Education</i>	Internacional	6	A1	***
0950-0693	<i>International Journal of Science Education</i>	Internacional	18	A1	A1
1059-0145	<i>Journal of Science Education and Technology</i>	Internacional	6	A1	***
1554-9178	<i>Physical Review Special Topics – Physics Education Research</i>	Internacional	2	***	***
0031-9120	<i>Physics Education</i>	Internacional	6	A1	A1
0263-5143	<i>Research in Science & Technological Education</i>	Internacional	3	***	A1
0157-244X	<i>Research in Science Education</i>	Internacional	6	A1	A1
0124-5481	<i>Revista de Educación em Ciências</i>	Internacional	3	A2	A1
1579-1513	<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>	Internacional	3	A2	A2
0036-8326	<i>Science Education</i>	Internacional	6	A1	***
2077-2327	<i>Science Education International</i>	Internacional	4	A1	B1
0305-7267	<i>Studies in Science Education</i>	Internacional	2	A1	***
1677-2334	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Nacional	3	B1	B1
1516-7313	Ciência & Educação	Nacional	4	A1	A1
1415-2150	Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	Nacional	3	A2	A2
1518-8795	Investigações em Ensino de Ciências	Nacional	3	A2	A2
1806-9126	Revista Brasileira de Ensino de Física	Nacional	4	B2	A1
1806-5104	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	Nacional	3	A2	A2

Definido esse conjunto de periódicos, buscamos pelas expressões pensamento científico e raciocínio científico (e suas traduções) em todos os campos de busca: título,

resumo, palavras-chave e texto principal. O termo raciocínio científico foi utilizado em função de ser frequentemente empregado como sinônimo de pensamento científico.

Como se vê, trata-se de ampla busca. Não é por acaso que essa busca retornou 355 artigos. Fez-se necessária uma triagem desses artigos de modo a identificar os potenciais trabalhos que nos ajudariam a compreender o que é o pensamento científico para nossa área. Excluimos os artigos:

- a) Que não tratam de processos de ensino-aprendizagem de estudantes da educação básica ou superior;
- b) teóricos ou de revisão bibliográfica;
- c) cujos objetivos ou questões de pesquisa não foram associados direta ou indiretamente ao pensamento científico pelos autores.

Esses critérios de exclusão foram aplicados a partir da leitura do título e do resumo dos artigos. Recorremos ao texto principal quando a leitura dessas partes não foi suficiente para aplicação desses critérios. Após essa triagem, passamos a contar com 25 artigos.

Fizemos uma estimativa do total de artigos publicados entre 2010 e 2014 nos periódicos listados no QUADRO 2. Chegamos ao número 3.600. Os 25 artigos triados representam 0,69% de 3.600. Esse número surpreendeu, dada a importância do tema pensamento científico frente às demandas de aprendizagem atuais já discutidas nesta tese (AAAS, 1990; BRASIL, 2000; FENSHAM, 2012; MANSILLA; JACKSON, 2011). Isso nos levou a pensar que pesquisas sobre estratégias de domínio geral associadas ao pensamento científico podem não ter sido vinculadas por seus autores ao tema pensamento científico. Se isso fosse verdade, o número de artigos nos periódicos do QUADRO 2, relacionados ao nosso tema de interesse, deveria ser bem maior que esses 25. A análise que fizemos do que os autores dessas pesquisas definem como pensamento científico revelou que essa hipótese era consistente. Veremos isso a seguir.

2.3.1.1 Estratégias e conhecimentos que se atribuem ao pensamento científico

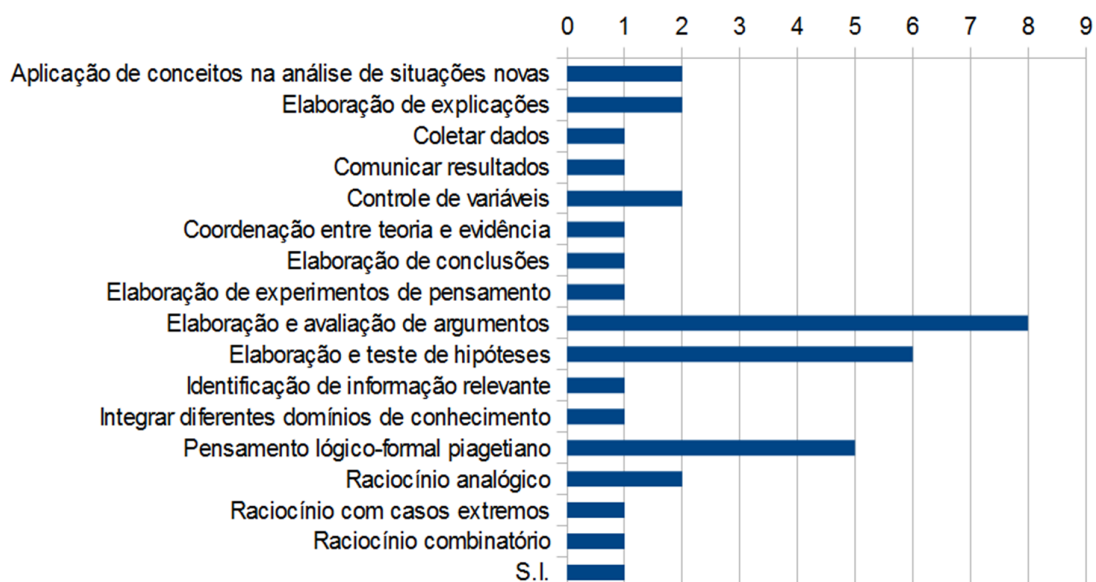
Para levantar artigos a partir dos quais poderíamos situar nosso trabalho de pesquisa e sinalizar as contribuições que podemos prestar, seria necessário saber o que é pensamento científico para quem analisa seu uso e seu desenvolvimento em instituições de ensino. Como se define pensamento científico? É a partir de estratégias de domínio geral?

É a partir de conhecimentos de domínio específico? Ou seria a partir de algo que não se enquadra nessas duas categorias? Que estratégias ou conhecimentos são associados ao pensamento científico?

Julgamos que as respostas a essas questões nos ajudariam a compreender a concepção ou as concepções correntes de pensamento científico em nossa comunidade de pesquisa. Isso porque os elementos investigados nesses trabalhos estão diretamente relacionados ao entendimento dos autores sobre o que é o pensamento científico. Esse foi um ponto de partida importante, já que nem sempre esse entendimento é apresentado de maneira explícita pelos autores. Em poucos trabalhos elabora-se uma definição para o pensamento científico em diálogo com a literatura de pesquisa, seja em Ensino de Ciências, seja em outra área de conhecimento como a Psicologia. Apresenta-se, na verdade, apenas uma definição operacional da estratégia de domínio geral que se propõe a examinar.

A partir da leitura do resumo e depois da consulta ao texto completo dos 25 artigos que triamos, conseguimos identificar 16 estratégias ou conhecimentos associados ao pensamento científico. Há artigos nos quais se apurou mais de uma dessas estratégias ou conhecimentos. Não obtivemos informações precisas a esse respeito em um desses artigos triados, pois não conseguimos acesso ao texto completo. Registramos esse caso como “sem informações” (S.I.). No GRÁFICO 1, apresentamos os resultados da análise desses textos.

GRÁFICO 1: O que se investigou como parte do pensamento científico nos artigos triados no levantamento?



O pensamento científico é tratado nesses trabalhos como relacionado à mobilização de estratégias de domínio geral. Três estratégias de domínio geral destacam-se das demais pelo número de ocorrências entre as que foram investigadas: a elaboração e avaliação de argumentos (sete ocorrências), a elaboração e teste de hipóteses (seis ocorrências) e o pensamento lógico-formal piagetiano (cinco ocorrências). O pensamento lógico-formal piagetiano compreende o controle de variáveis e as estratégias de raciocínio combinatório, correlacional, probabilístico e proporcional. Note-se que há entradas no GRÁF. 1 que fazem parte do pensamento lógico-formal piagetiano. O fato de não termos desmembrado esse tipo de pensamento em estratégias isoladas para contar em quantos trabalhos elas foram investigadas se deve ao modo como as pesquisas foram arquitetadas. Todos os artigos que relataram a pesquisa do pensamento lógico-formal dos estudantes utilizaram para exame das estratégias de domínio geral que compõem esse tipo de pensamento o “*Lawson’s Classroom Test of Scientific Reasoning*” ou teste de Lawson (LAWSON, 1978, 1982). Por isso, decidimos criar uma entrada específica no gráfico: o pensamento lógico-formal piagetiano.

2.3.1.2 Apontamentos para a constituição de uma base de artigos para revisão

Notamos que há inter-relação entre algumas das estratégias de domínio geral apresentadas no GRÁF. 1. Por exemplo, a elaboração e avaliação de argumentos é uma estratégia que pode ser usada pelos estudantes quando coordenam teoria e evidência. O controle de variáveis também figura como importante na coordenação entre teoria e evidência. Ou, ainda, a elaboração e avaliação de argumentos consistem em estratégias que constituem o trabalho de elaboração de conclusões.

Desse modo, ainda que autores de diferentes trabalhos tenham usado diferentes termos para designar estratégias associadas ao pensamento científico, esse autores lidaram com estratégias que possuem forte ligação entre si. Há que se considerar que, em alguns casos, esses autores podem ter empregado termos diferentes para tratar de uma mesma estratégia de domínio geral.

Por essa razão, percebemos que seria importante buscar artigos não apenas pelas expressões pensamento científico e raciocínio científico, mas também por expressões relacionadas às estratégias de domínio geral indicadas no GRÁF. 1, ainda que os autores desses trabalhos não os vinculem ao tema pensamento científico. Demos atenção a algumas dessas estratégias e não a todas, pois consideramos os limitadores de tempo e

recurso numa pesquisa de doutorado. Centramos atenção nas estratégias de domínio geral que guardam alguma relação com as estratégias de domínio geral que identificamos que os estudantes que participaram do nosso estudo usaram para solucionar as tarefas que lhes foram propostas.

Essa foi uma forma de ampliar as possibilidades de diálogo entre a nossa pesquisa e o campo do conhecimento do qual fazemos parte, visto que a busca pelos termos pensamento científico e raciocínio científico retornou limitado número de artigos.

2.3.1.3 Diretrizes para o levantamento de artigos para revisão

Ao contrastar as estratégias de domínio geral dispostas no GRÁF. 1 com as estratégias de domínio geral empregadas pelos estudantes voluntários de nossa pesquisa para solucionarem um conjunto de tarefas de Física, decidimos:

- a) Ampliar a busca por artigos a partir dos termos pensamento científico e raciocínio científico em periódicos publicados entre 2000 e 2015;
- b) buscar artigos que tratam de estratégias de domínio geral específicas: elaboração e avaliação de argumentos, raciocínio baseado em evidência e raciocínio hipotético-dedutivo. Essa lista de estratégias é limitada, mas trata-se de uma escolha que vincula a nossa pesquisa ao que as publicações de nossa área de atuação associam ao pensamento científico com mais recorrência.

A busca por esses artigos se deu nos mesmos periódicos relacionados no QUADRO 2. Também fizemos buscas mais amplas no portal de periódicos Capes. Nessa busca no portal, nos deparamos com artigos que foram publicados em outros periódicos que não estão listados no QUADRO 2. Decidimos sobre a inclusão desses artigos no conjunto trabalhado na revisão bibliográfica a partir da avaliação da qualidade do trabalho e da relação da pesquisa relatada nos artigos com o nosso próprio estudo.

2.3.2 O pensamento científico nas pesquisas em Ensino de Ciências

Para nossa surpresa, os termos pensamento científico e raciocínio científico não são correntes nos periódico dedicados ao Ensino de Ciências. Contudo, identificamos três temáticas de pesquisa relacionadas às definições de pensamento científico presentes nessa

literatura de pesquisa que se destacam por duas razões. Primeiro, pelo número de ocorrência no conjunto de artigos levantados para nossa revisão. Segundo, por se relacionarem às estratégias de domínio geral que os estudantes voluntários da nossa pesquisa usaram para solucionar tarefas de física. As três temáticas a que nos referimos são: argumentação em sala de aula, raciocínio baseado em evidência e raciocínio hipotético-dedutivo. Essa identificação possibilitou ampliar a base de referências para discussão.

Assim, apresentamos nesta seção a discussão dos trabalhos vinculados a essas temáticas a fim de mostrar a inserção de nossa pesquisa na área, de discutir algumas de nossas escolhas, de sinalizar lacunas e apresentar propostas de superação e de destacar possíveis contribuições que podemos apresentar.

É importante destacar que a temática da argumentação em sala de aula perpassa as quatro categorias que estabelecemos para caracterizar as estratégias de domínio geral que os estudantes empregaram para solucionar as tarefas de Física que lhes foram propostas: o raciocínio com base em evidência, o raciocínio hipotético-dedutivo, o raciocínio com definições operacionais e a avaliação de linha de raciocínio.

As outras duas temáticas de pesquisa - o raciocínio baseado em evidência e o raciocínio hipotético-dedutivo - se relacionam diretamente a duas de nossas categorias que receberam o mesmo nome dessas temáticas. As categorias raciocínio com definições operacionais e avaliação de linha de raciocínio não foram contempladas diretamente em nossa discussão do conjunto de artigos tomados para revisão. Isso pois não identificamos nesse conjunto de artigos algum que tenha lidado com estratégias de domínio geral diretamente relacionadas a essas. Além disso, o raciocínio com definições operacionais e a avaliação de linha de raciocínio configuram-se como categorias elaboradas a partir dos nossos dados de pesquisa, sob inspiração dos processos de raciocínio lógico abstrato propostos por Arons (1996).

2.3.2.1 Pensamento científico e argumentação

Argumentação, como definida por Jiménez-Aleixandre e Bustamante (2003, p. 361), é a “capacidade de relacionar dados e conclusões, de avaliar enunciados teóricos à luz de dados empíricos ou procedentes de outras fontes”. Osborne (2010) salienta que a elaboração e avaliação de argumentos estão na base da construção do conhecimento científico.

Na literatura de pesquisa em Ensino de Ciências, são abundantes os trabalhos que se propõem a abordar certos aspectos da argumentação por estudantes (BULGREN; ELLIS; MARQUIS, 2013; IORDANOU; CONSTANTINOU, 2015; OSBORNE *et al.*, 2013; SAMPSON; CLARK, 2009; TANG *et al.*, 2010). A maioria dos estudos atuais que avaliam a qualidade dos argumentos produzidos por estudantes baseia-se no modelo de Toulmin (1958), mas isso não é uma regra, já que há trabalhos que utilizam critérios próprios de avaliação ou que recorrem a outros modelos.

O foco da nossa pesquisa é o pensamento científico de estudantes, mais especificamente as estratégias de domínio geral associadas a esse tipo de pensamento. Não temos como objetivo avaliar a qualidade dos argumentos dos estudantes. Posto que já existem trabalhos que fazem esse tipo de avaliação, consideramos que poderíamos dar mais contribuição se analisássemos as argumentações com outro interesse. Para nós os processos argumentativos são importantes, pois podem revelar muito sobre o pensamento científico. Isso porque a argumentação é uma porta de acesso ao pensamento científico dos estudantes, pois é a forma pela qual eles mobilizam esse tipo de pensamento (GILABERT; GARCIA-MILA; FELTON, 2013; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BUSTAMANTE, 2003; KATCHEVICH; HOFSTEIN; MAMLOK-NAAMAN, 2013; LOCATELLI; CARVALHO, 2007; OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2004; SAMPSON; CLARK, 2008). Embora não consideramos a argumentação uma estratégia de domínio geral em si, pela análise da argumentação tem-se a chance de identificar o uso e o desenvolvimento pelos estudantes de estratégias de domínio geral (SAMPSON; CLARK, 2008). Por exemplo, o emprego da estratégia de coordenar teoria e evidência apoia-se na elaboração e avaliação de argumentos. Nesse sentido, nosso trabalho relaciona-se às pesquisas sobre argumentação no Ensino de Ciências.

Os trabalhos que identificamos, em geral, procuram analisar a influência do contexto de desenvolvimento de atividades diversas na qualidade dos argumentos produzidos por estudantes. Os resultados dessas pesquisas mostram que certas intervenções que estabelecem cenários educacionais desafiadores e que demandam a exposição de ideias têm o potencial de promover a capacidade argumentativa dos estudantes (KULATUNGA; MOOG; LEWIS, 2013; LOCATELLI; CARVALHO, 2007; OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2004; OSBORNE *et al.*, 2013; YUN; KIM, 2014).

Uma das questões que parece ter atraído a atenção da comunidade de pesquisa diz respeito ao efeito que tarefas em pequenos grupos têm sobre a qualidade dos argumentos produzidos pelos envolvidos. Lubben *et al.* (2010) acompanharam pequenos grupos que

trabalharam em tarefas de avaliação de dados experimentais sem o suporte de um professor. Eles pesquisaram o impacto das discussões empreendidas nos pequenos grupos na habilidade argumentativa dos estudantes. Constatou-se que, inicialmente, o nível das habilidades argumentativas dos estudantes que participaram da pesquisa era baixo. As discussões empreendidas em pequenos grupos, mesmo na ausência de um professor, promoveram incremento das mesmas. Outros trabalhos, como os de Evagorou e Osborne (2013) e Kulatunga, Moog e Lewis (2013), também mostram que a resolução de tarefas em pequenos grupos pode ter impacto positivo sobre a qualidade dos argumentos produzidos pelos estudantes. Kulatunga, Moog e Lewis (2013) apresentam resultados que sinalizam que argumentos em atividades desenvolvidas em pequenos grupos se tornam mais complexos quando elaborados coletivamente. Também indicam que nem sempre os estudantes em pequenos grupos contribuem igualmente para a construção de argumentos. São comuns assimetrias na participação nas tarefas de elaboração de argumentos.

Como contraponto a esses resultados, apresentamos os interessantes achados de Sampson e Clark (2009). Eles conduziram uma análise em que buscaram responder se argumentos elaborados por pequenos grupos são de melhor qualidade que argumentos elaborados por indivíduos que trabalham sozinhos. Surpreendentemente, o resultado indica que não há diferença na qualidade dos argumentos produzidos nessas duas condições. Sampson e Clark também mostraram que os argumentos elaborados individualmente pelos estudantes trazem marcas dos argumentos elaborados colaborativamente nos pequenos grupos e que os estudantes que trabalham em pequenos grupos são mais bem-sucedidos no enfrentamento de novos problemas que demandam conhecimentos e estratégias de abordagem semelhantes. Eles discutem que se os pequenos grupos não levam a argumentos de melhor qualidade, é inegável o impacto positivo desse tipo de arranjo sobre a aprendizagem conceitual.

Por isso, apesar do contraponto trazido por esses pesquisadores, julgamos que os resultados de todas essas pesquisas que se interessam pelos pequenos grupos estão de acordo com outros trabalhos da literatura que mostram o potencial dos pequenos grupos de promover o desenvolvimento cognitivo de estudantes (BENNETT *et al.*, 2010; COHEN, 1994; HAGLUND; JEPPSSON; ANDERSSON, 2012; LARKIN, 2006).

Diante da contribuição de Sampson e Clark (2009), consideramos importante a condução de novas investigações que possam esclarecer os benefícios e limitações do trabalho em pequenos grupos em relação à qualidade das argumentações. Nossa pesquisa não aborda necessariamente esse problema, mas sugere elementos que podem ajudar a

repensá-lo, uma vez que investigamos a mobilização do pensamento científico na resolução de tarefas em grupo. Buscamos identificar como se processa a experiência com o pensamento científico em grupos diferentes de uma mesma turma. Procuramos mostrar como a organização e a dinâmica de trabalho de cada grupo impactaram as experiências de pensamento científico.

Esses resultados de pesquisas que buscam abstrair o efeito dos pequenos grupos sobre a argumentação, em especial os de Lubben *et al.* (2010), não tiram a responsabilidade nem diminuem a importância da atuação do professor na condução de atividades didáticas. Entendemos que o professor pode desempenhar importante papel na condução de atividades didáticas a partir da criação de estímulos à colaboração, à autonomia e ao protagonismo dos estudantes em relação a própria aprendizagem. Esse entendimento é corroborado por Colombo Junior *et al.* (2012), no qual se investigou a construção de argumentos por estudantes das séries iniciais quando envolvidos na resolução de problemas de Física. Os resultados revelam que o professor exerce papel fundamental em criar um ambiente favorável ao engajamento dos estudantes em processos complexos de elaboração e avaliação de argumentos. Os autores enfatizam que para estimular o desenvolvimento da argumentação, as atividades de sala de aula devem instigar os estudantes a explicitarem o que sabem e como sabem.

Gilabert, Garcia-Mila e Felton (2013) mostram que o tipo de tarefa argumentativa proposta a estudantes impactam a qualidade das argumentações produzidas por eles. Estudantes produzem argumentos com estrutura mais complexa em tarefas que demandam a busca de consenso se comparadas a tarefas que demandam a persuasão dos pares sobre seu próprio ponto de vista. Em função disso, os autores propõem que nem toda argumentação em sala de aula possibilita o mesmo tipo de desenvolvimento do pensamento científico. Como parte do desenho experimental de sua pesquisa, os estudantes foram solicitados a resolverem tarefas que demandavam consenso ou persuasão. Consideramos importante olhar para a qualidade da argumentação em situações nas quais não se determina previamente o tipo de tarefa argumentativa que o estudante deve desempenhar, mas que podem propiciar tanto condições para a busca do consenso quanto da persuasão. Apesar de não termos avaliado a qualidade de argumentos, consideremos que o presente trabalho pode contribuir para essa discussão à medida que os estudantes tiveram liberdade de definir o tipo de tarefa argumentativa a ser desempenhada pelo grupo. Parece-nos que essa é uma questão que poderá ser abordada em pesquisas futuras.

Tang *et al.* (2010) avaliaram como atividades didáticas investigativas que se baseiam na existência de um método científico constituído por passos bem definidos influenciam o modo como estudantes desempenham investigações propostas. Em Ensino de Ciências, muito já foi discutido sobre a inadequação epistemológica de se conceber a existência de um “método científico” constituído por uma ordenação de procedimentos bem-estruturados (ABD-EL-KHALICK; BELL; LEDERMAN, 1998; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001; HODSON; WONG, 2014; HODSON, 1985, 1986; McCOMAS, 2002; PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002). A contribuição de Tang *et al.* (2010) reside na avaliação dos efeitos dessa concepção, materializada em atividades didáticas, sobre a qualidade de investigações conduzidas por estudantes. Os resultados indicam que atividades didáticas que se orientam pela existência de um método científico desviam os estudantes de se envolverem em investigações mais autênticas e produtivas caracterizadas, entre outras coisas, pela argumentação.

Esse resultado de Tang *et al.* reforça nosso entendimento de que a escolha do contexto para condução da nossa pesquisa foi adequada, já que as atividades não foram estruturadas tendo como pressuposto a ideia de que há um “método científico” constituído por conjunto de procedimentos discretos e ordenados. Embora as atividades conduzidas pelo professor estimulem o uso e o desenvolvimento de estratégias de domínio geral, essas estratégias não foram tratadas como constituintes de um método. Ao contrário, e como valorizam Tang *et al.* (2010), os estudantes tiveram a liberdade de mobilizar tais estratégias de domínio geral quando julgaram que seria adequado para a resolução de tarefas que lhes foram propostas.

2.3.2.2 Pensamento científico e raciocínio baseado em evidência

Em geral, as pesquisas em Ensino de Ciências que lidam com o raciocínio baseado em evidência abordam a coordenação entre teoria e evidência por estudantes tanto da educação básica, quanto da educação superior. Parece-nos que essa característica é induzida por trabalhos precursores e influentes com os de Kuhn (1989) e Kuhn, Amsel e O'Loughlin (1988), que consideram a coordenação entre teoria e evidência como a essência do pensamento científico.

A coordenação entre teoria e evidência envolve a avaliação de hipóteses iniciais com base em resultados de experimentos planejados para esse fim. A partir disso, essas hipóteses iniciais são aceitas, reformuladas e novamente testadas ou rejeitadas

(VALANIDES; PAPAGEORGIOU; ANGELI, 2013). As atividades didáticas que envolvem a coordenação de teoria e evidência são ricas em processos de elaboração e avaliação de argumentos. Não é por acaso que trabalhos tomam processos argumentativos com o intuito de investigar aspectos da coordenação entre teoria e evidência (ALMUDI; CEBERIO, 2014).

Kuhn (1989) alerta que a estratégia de domínio geral de coordenação entre teoria e evidência realmente ocorre quando o estudante é capaz de distinguir teoria de evidência para só então relacioná-las. Pensada sobre esse ponto de vista, essa estratégia de domínio geral é muito exigente do ponto de vista cognitivo, seja para estudantes da educação básica, seja para estudantes da educação superior. Apesar da exigência cognitiva da tarefa de coordenar teoria e evidência, estudos identificaram o uso dessa estratégia por estudantes de quatro a seis anos (PIEKNY; GRUBE; MAEHLER, 2014; TYTLER; PETERSON, 2003).

Quando falamos raciocínio baseado em evidência, não fazemos referência somente à coordenação entre teoria e evidência, mas a todas as iniciativas em que os estudantes destacam algum tipo de evidência na tentativa de embasar seus argumentos. Essas iniciativas podem ser mais básicas que a estratégia de coordenar teoria e evidência, mas nem por isso menos importantes. Elas são fundamentais para que a estratégia de coordenação venha se desenvolver. Apesar disso, são raros os trabalhos que tratam desse aspecto. Essa é uma das contribuições que nosso trabalho pode dar.

Na literatura em Ensino de Ciências, há pesquisas sobre a estratégia de coordenar teoria e evidência com estudantes de todos os níveis de ensino. Por exemplo, com estudantes da educação infantil e 1º ano do Ensino Fundamental (PIEKNY; GRUBE; MAEHLER, 2014; TYTLER; PETERSON, 2003); com estudantes do Ensino Fundamental (PAULA; BORGES, 2007; VALANIDES; PAPAGEORGIOU; ANGELI, 2013); do Ensino Médio (IORDANOU; CONSTANTINOU, 2015); e da educação superior (ALMUDI; CEBERIO, 2014; WALDRIP; WALDRIP, 2014).

Um conjunto de pesquisas mostra que a coordenação entre teoria e evidência pode ser desenvolvida a partir de atividades apropriadas, que estimulem o uso desse tipo de estratégia (IORDANOU; CONSTANTINOU, 2015; PAULA; BORGES, 2007; PIEKNY; GRUBE; MAEHLER, 2014; TYTLER; PETERSON, 2003; WALDRIP; WALDRIP, 2014). De maneira geral, esses trabalhos identificaram alguns aspectos do contexto no qual as atividades foram desenvolvidas que influenciam o uso e o desenvolvimento da estratégia de coordenar teoria e evidência.

Consideramos fundamental a atenção ao papel do contexto de desenvolvimento de uma atividade didática na promoção de condições que favorecem o uso e o desenvolvimento de estratégias de domínio geral. Tivemos essa preocupação na concepção e condução deste estudo, o que pretendemos deixar mais claro à medida que avançarmos neste relato. A contribuição que trazemos reside na consideração de um contexto complexo constituído numa situação de ensino-aprendizagem real e na consideração desse contexto na interpretação dos fenômenos eleitos por nós para investigação.

Iordanou e Constantinou (2015) e Waldrup e Waldrup (2014) identificaram que certos tipos de suporte dados aos estudantes para o desenvolvimento de atividades didáticas são mais favoráveis à promoção do uso de evidências na elaboração de argumentos e contra-argumentos. Esses suportes também favorecem a seleção de evidências de melhor qualidade por parte dos estudantes. Tytler e Peterson (2003) afirmam que o desenvolvimento da estratégia de coordenar teoria e evidência depende do desenvolvimento dos conhecimentos de domínio específico, do entendimento dos propósitos dessa estratégia e de uma “enculturação” no uso de estratégias de domínio geral. Os resultados de Paula e Borges (2007) revelam que é muito sofisticada para os estudantes a compreensão de que evidências podem embasar o julgamento de explicações e teorias, uma vez que nenhum dos voluntários da pesquisa imaginou um teste experimental para avaliar uma proposta de explicação para um fenômeno físico. Ao mesmo tempo, os resultados sinalizam que a percepção de que evidências podem embasar o julgamento de explicações pode ser desenvolvida nos estudantes, pois os voluntários do estudo tomaram consciência disso no processo de participação na pesquisa.

Por outro lado, há trabalhos que descrevem as dificuldades dos estudantes com a estratégia de domínio geral de coordenação entre teoria e evidência (ALMUDI; CEBERIO, 2014; VALANIDES; PAPAGEORGIU; ANGELI, 2013). Valanides, Papageorgiou e Angeli (2013) apresentam resultados que indicam que estudantes do Ensino Fundamental foram malsucedidos em coordenar teoria e evidência numa atividade experimental investigativa. Os estudantes não conseguiram articular adequadamente os dados de experimentos positivos e negativos com vistas ao teste de hipóteses. Boa parte dos testes desenvolvidos por eles foram enviesados, uma vez que as hipóteses foram avaliadas somente com experimentos com resultados confirmatórios. Essa pesquisa de Valanides, Papageorgiou e Angeli mostra o quão difícil é para os estudantes perceber que as evidências disponíveis contrariam as hipóteses inicialmente estabelecidas. Porém, não

foram problematizados os efeitos dessa dificuldade sobre o processo de coordenação entre teoria e evidência conduzido pelos estudantes.

Os estudantes que participaram da pesquisa de Almudi e Ceberio (2014) conseguiram identificar evidências válidas para a construção de argumentos, mas falharam na elaboração de conclusões, já que não conseguiram justificar teoricamente a relação existente entre as evidências e as conclusões. Essa falha decorre de dificuldades com os conceitos e teorias relacionados aos fenômenos abordados nos argumentos, o que converge com o entendimento de que os conhecimentos de domínio específico e as estratégias de domínio geral são inseparáveis (KLAHR; DUNBAR, 1988; TYTLER; PETERSON, 2003) e se influenciam mutuamente (COLETTA; PHILLIPS, 2005; DING, 2014; NIEMINEN; SAVINAINEN; VIIRI, 2012).

Em vista do que percebemos no campo das pesquisas em Ensino de Ciências, há interesse pela investigação de situações envolvendo coordenação entre teoria e evidência. Contudo, são poucas e isoladas as iniciativas de promover atividades didáticas nos diversos níveis de ensino que contribuam para o desenvolvimento desse tipo de estratégia de domínio geral. E isso não é de hoje. Paula e Borges (2007), há quase 10 anos, já chamavam a atenção para essa questão. De lá para cá pouco mudou.

Consideramos que a pesquisa em Ensino de Ciências pode contribuir para a mudança desse quadro com a proposta de investigações de processos de ensino-aprendizagem ocorridos em salas de aula reais nos quais há mobilização de raciocínio baseado em evidência. Note que propomos a investigação de processos mais gerais ao nos referir ao raciocínio baseado em evidência, com base em que esse tipo de raciocínio pode ou não envolver a coordenação entre teoria e evidência. Para examinar esses processos é preciso antes ter uma pista de situações de ensino-aprendizagem favoráveis à sua ocorrência. Julgamos que fomos bem sucedidos nesse quesito, pois foram vários os episódios em que identificamos o uso dessa estratégia de domínio geral. Avaliamos que esse sucesso potencializou as possíveis contribuições deste trabalho, conferindo-lhes relevância e pertinência.

Para fazer essa avaliação sobre as possíveis contribuições de nosso trabalho, usamos o teste da pertinência acadêmica e da relevância prática (VAZ; BORGES; BORGES, 2002). Nossas contribuições são pertinentes, pois a investigação de processos que envolvem raciocínio baseado em evidência se insere na pauta das pesquisas em Ensino de Ciências. Relevantes, pois contribuímos com a área ao conduzir um tipo de estudo pouco comum: o estudo sobre um processo de ensino-aprendizagem ocorrido numa sala de

aula real. Nenhum dos estudos que identificamos sobre coordenação entre teoria e evidência aborda os processos nos quais essa estratégia é mobilizada e nos quais ela se desenvolve. Na maior parte dos casos, essa coordenação é estudada a partir de intervenções para estimular o uso dessa estratégia de domínio geral e de testes-padrão para verificar o efeito dessa intervenção sobre a “capacidade” do estudante em coordenar teoria e evidência. Também confere relevância ao nosso trabalho o fato de que estes resultados poderão inspirar outros, professores ou pesquisadores, a reelaborarem tanto a prática do ensino quanto a prática da pesquisa.

2.3.2.3 Pensamento científico e raciocínio hipotético-dedutivo

Arnold Arons define o raciocínio hipotético-dedutivo como aquele no qual se empregam ideias gerais, leis e teorias para prever o comportamento de um sistema, tendo condições particulares como ponto de partida: “[...] dada uma situação particular, aplicar conhecimentos relevantes de princípios e restrições e visualizar, no abstrato, os resultados plausíveis que podem surgir de várias mudanças que alguém possa imaginar impor sobre o sistema” (ARONS, 1996, p. 381).

Lawson (2000; 2003; 2010) considera que o raciocínio hipotético-dedutivo é uma marca do pensamento científico. Essa proposição decorre da análise de casos notáveis de processos de investigações científicas. Para esse autor, o raciocínio hipotético-dedutivo é caracterizado pelo padrão “se... e... então... e/mas... portanto...” ou, de maneira simplificada, pelo padrão “se... então... portanto...”. O termo “se” refere-se à formulação de hipótese “e” à apresentação de proposições adicionais ou de testes, “então” está associado às previsões; “e/mas” envolve os resultados observados em perspectiva; e “portanto” diz respeito às conclusões.

A caracterização do raciocínio hipotético-dedutivo de Lawson, em conjunto com o modelo de estrutura de argumentos de Toulmin (1958), foi empregada por Locatelli e Carvalho (2007) para avaliarem se a estrutura hipotético-dedutiva é utilizada por crianças das séries iniciais na resolução de problemas de conhecimento físico. Os resultados mostram que, ao longo de uma atividade, o raciocínio hipotético-dedutivo desenvolve-se progressivamente até atingir a estrutura completa proposta por Lawson. Atribui-se esse desenvolvimento aos estímulos criados pela professora durante a resolução dos problemas que compunham a atividade e à dinâmica de trabalho nos pequenos grupos.

Lee e Park (2013) desenvolveram o que denominam de tarefas de explicação dedutiva como forma de ensinar os princípios da dinâmica e avaliaram o desenvolvimento de estudantes propiciados pela resolução dessas tarefas. As tarefas de explicação dedutiva, baseadas no esquema “se... então... portanto...”, apresentavam informações sobre o tipo de movimento descrito por um corpo para que os estudantes pudessem identificar a direção e o sentido da força resultante que atua sobre ele. Os resultados revelam que elas aumentaram a confiança e o interesse dos estudantes e promoveram o desenvolvimento conceitual dos mesmos.

Foram detectadas situações, por Stephens e Clement (2010), nas quais estudantes do Ensino Médio raciocinam com base em analogias, em casos extremos e em experimentos de pensamento durante discussões entre estudantes e professor relacionadas à gravitação. Não se faz referência ao uso de raciocínio hipotético-dedutivo por parte dos estudantes. Contudo, identificamos que a estratégia de domínio geral identificada como raciocínio com casos extremos possui elementos do raciocínio hipotético-dedutivo, pois envolve imaginar as consequências de mudanças impostas a um sistema para pensar o comportamento do mesmo:

Raciocínio com caso extremo. Isso ocorre quando um sujeito, pensando sobre uma situação alvo A, passa a considerar uma situação E (o caso extremo) em que algumas características de interesse da situação A tenham sido levadas a valores não usualmente altos ou baixos. Há uma intenção explícita ou implícita de auxiliar o raciocínio sobre (inferir resultados em) A a partir da consideração de E (STEPHENS; CLEMENT, 2010, p. 4).

Embora Stephens e Clement (2010) estejam empenhados em apresentar uma metodologia para obter evidências desses tipos de raciocínio, eles apresentam como resultados do trabalho o fato de que esses três tipos de raciocínio são disparados pelos estudantes e sustentados nas discussões entre eles mesmos e nas discussões entre os estudantes e o professor. Esse resultado é tomado como um indicador de que os estudantes conseguem mobilizar com autonomia o pensamento científico nas tarefas que envolvem discussões em sala de aula. Contudo, esses pesquisadores não investigaram nem quais, nem como os elementos do contexto de desenvolvimento das atividades didáticas favoreceram ou dificultaram a mobilização do pensamento científico.

2.3.2.4 Conhecimentos de domínio específico e estratégias de domínio geral

A definição para pensamento científico apresentada na seção 2.2.1 o considera composto de dois elementos ou dimensões: os conhecimentos de domínio específico e as estratégias de domínio geral. Com a revisão de literatura, identificamos evidências e discussões que inter-relacionam esses dois componentes do pensamento científico.

Há um conjunto de trabalhos que discutem ou apresentam resultados que mostram que o uso por estudantes de estratégias de domínio geral para realizar tarefas ou solucionar problemas depende do domínio de conceitos relacionados às tarefas e aos problemas em questão. Diferentes trabalhos estabelecem essa relação com diferentes estratégias de domínio geral: Kassemboehmer e Ferreira (2013) e Mulder, Lazonder e de Jong (2010) olham para a formulação e teste de hipóteses; Almudi e Ceberio (2014) e Lin (2014) focam na argumentação; e Valanides, Papageorgiou e Angeli (2013) na coordenação entre teoria e evidência.

O trabalho de Marusic e Slikso (2012) reforça esses resultados ao mostrar que certas experiências no domínio conceitual favorecem o desenvolvimento de estratégias de domínio geral. Mais especificamente, esses autores encontraram que estratégias de ensino que demandam a discussão de conceitos entre os estudantes, levando-os a vivenciar situações de conflito cognitivo, são mais promissoras no que diz respeito ao desenvolvimento de estratégias de domínio geral associadas ao pensamento lógico-formal piagetiano.

Outros trabalhos indicam que estudantes que dominam e utilizam certas estratégias de domínio geral se desenvolvem mais do ponto de vista conceitual. Choi, Hand e Greenbowe (2012) acentuam que há correlação positiva entre a qualidade dos argumentos produzidos por estudantes e o desempenho final em duas disciplinas: química geral e laboratório de química geral. Coletta e Phillips (2005) e Nieminen, Savinainen e Viiri (2012) reportam que há variáveis “ocultas” que podem explicar o sucesso na aprendizagem conceitual por estudantes. Por exemplo, há correlação positiva entre a capacidade de mobilizar estratégias de domínio geral medidas por testes como o de Lawson (1978; 1982) e a aprendizagem dos princípios da dinâmica aferida a partir do Inventário do Conceito de Força. Mashood e Singh (2013) preconizam que algumas dessas estratégias de domínio geral desenvolvidas em aulas de Física têm impacto positivo sobre o desempenho na resolução de problemas em outras áreas de conhecimento como a Química e a Matemática.

2.3.2.5 Limitações metodológicas e contribuições para superação

O trabalho de revisão de literatura nos mostrou que nosso estudo se insere no campo das pesquisas em Ensino de Ciências, pois o tema do pensamento científico tem sido abordado e discutido direta ou indiretamente em periódicos importantes da área, por autores diversos. Com isso queremos dizer que o recurso à literatura revelou a pertinência acadêmica do presente trabalho (VAZ; BORGES; BORGES, 2002).

Buscamos compreender como o tema pensamento científico foi tratado do ponto de vista da pesquisa, ou seja, o que e como se investigou e o que foi revelado. Com isso, conseguimos identificar duas lacunas nas pesquisas em Ensino de Ciências sobre o pensamento científico e vislumbrar como nosso trabalho contribui para a superação das mesmas.

A primeira lacuna diz respeito às estratégias metodológicas utilizadas para a investigação do pensamento científico. A maior parte dos estudos a que tivemos acesso trata de estratégias de domínio geral associadas ao pensamento científico como um resultado que é fruto de estratégias de ensino, de intervenções localizadas e de atividades didáticas específicas. Em função disso, utilizam-se desenhos de pesquisa que envolvem “pré-teste → intervenção → pós-teste” ou apenas “intervenção → pós-teste”. Há ainda as pesquisas que tomam para análise produtos elaborados por estudantes, frutos de atividades didáticas específicas como, por exemplo, argumentos escritos, relatórios, proposta de resolução de problemas, entre outros. É inquestionável a contribuição dos resultados produzidos por esse tipo de pesquisa. Não é à toa que buscamos dialogar com eles. Contudo, esses resultados têm a limitação de desconsiderar os processos nos quais o pensamento científico é mobilizado e se desenvolve. Perde-se a dimensão das dificuldades, dos conflitos, das potencialidades, das superações, dos pequenos progressos que decorrem dos esforços de estudantes e de professores dirigidos para a mobilização de estratégias de domínio geral.

A contribuição que trazemos para a superação dessa lacuna consiste justamente no estudo de processos de mobilização e de desenvolvimento do pensamento científico. Buscamos apresentar evidências sobre as estratégias de domínio geral que são mobilizadas, a forma como são mobilizadas, os desafios enfrentados nessa mobilização, a superação desses desafios e o que favorece ou dificulta essa superação. Conseguimos isso a partir da adoção de um referencial teórico-metodológico coerente com a abordagem desse tipo de processo de ensino-aprendizagem. Conseguimos isso também por termos considerado

desde o início que a construção de produtos intermediários (discussões orais, comunicações, anotações no caderno, etc.) são tão importantes quanto os produtos finais (um relatório, um texto argumentativo, uma lista de questões devidamente respondidas). Essa consideração, inspirada por Hawkins e Pea (1987), envolveu a valorização desses produtos intermediários e o cuidado na abordagem dos processos em que eles são elaborados.

A segunda lacuna diz respeito ao contexto das pesquisas que encontramos. Há alguns autores que se referem ao contexto de pesquisa como ambiente, cenário ou locação. Entre os estudos levantados, são raros aqueles que possuem validade ecológica. Em outras palavras, pouquíssimas são as investigações conduzidas em salas de aulas reais, que não sofreram qualquer tipo de adaptação ou intervenção específica para o desenvolvimento da coleta de dados. Outra questão envolvendo o cenário de pesquisa diz respeito ao fato de que muitas investigações são conduzidas em situações experimentais, fora da sala de aula, criadas quase que exclusivamente para o propósito de coleta de dados.

Prestamos contribuição ao eleger para estudo experiências de ensino-aprendizagem ocorridas em situações reais de sala de aula. Consideramos importante a condução de pesquisas em Educação e, mais especificamente, em Ensino de Ciência que privilegiem esse tipo de experiência. Essa é uma condição potencializadora para que a pesquisa em ensino possa inspirar tanto a prática de ensino, quanto a prática em pesquisa em ensino por meio de oportunidades de reflexão e de reelaboração da solução de problemas (SCHWAB, 1959). Essa é a forma que há algum tempo encontramos de lidar com a controversa relação entre ensino e pesquisa (JULIO; VAZ; FARIA, 2011; VAZ; JULIO; FARIA, 2012).

2.4 Tutoriais

O propósito deste trabalho foi investigar a mobilização e o processo de desenvolvimento do pensamento científico de estudantes que trabalharam na resolução de tarefas dos Tutoriais de Física Introdutória (McDERMOTT; SHAFFER, 2002). Os tutoriais são apenas um dos elementos do contexto onde se deu o fenômeno que investigamos. Uma vez que esse material não é de conhecimento geral e, além disso, seu papel no engajamento dos estudante nas tarefas foi marcante, dedicamos esta seção a discorrer tanto sobre a estratégia de ensino baseada em tutoriais quanto para caracterizar os Tutoriais de Física Introdutória. Apresentaremos um breve apanhado das pesquisas sobre esse material. Optamos por tratar esses assuntos nesta parte do texto, em vez de no capítulo

de delineamento metodológico, para que o nosso problema de investigação fosse mais bem compreendido e para que pudéssemos apresentar as questões de pesquisa.

2.4.1 Estratégias de ensino baseadas em tutoriais

Estratégias de ensino baseadas em tutoriais são muito discutidas há pelo menos duas décadas na literatura médica, pois são de interesse para o ensino da Medicina. O recente crescimento das plataformas para ensino à distância envolveu a incorporação dessas estratégias, contribuindo ainda mais para sua popularização. Por exemplo, isso se deu com a estratégia de aprendizagem baseada em problemas (*Problem-Based Learning - PBL*) (LEE; LIN; LIN, 2012; LOYENS *et al.*, 2013).

Mestre (2012) afirma que as estratégias de ensino baseadas em tutoriais privilegiam a criação de oportunidades para discussão e reflexão sobre conceitos e ideias pelos estudantes. Portanto, não faz parte dessa estratégia treiná-los mecanicamente para buscar informações e muito menos acostamá-los a obter respostas prontas.

Os tutoriais, segundo Vella (1989), propiciam experiências de aprendizagem em pequenos grupos, orientadas e organizadas por um professor/tutor. Tais experiências visam a tornar o estudante protagonista do próprio processo de aprendizagem. O tutor, por sua vez, é responsável por avaliar o processo no qual emergem essas experiências e suprir os meios necessários para que ela seja a mais bem-sucedida possível.

Para Bork (2001), as estratégias de ensino baseadas em tutoriais rompem com a concepção popular do que é ensinar e aprender, em que se imagina a mente como um recipiente em que conhecimentos são depositados por alguém que os detém, em geral, o professor (BEREITER; SCARDAMALIA, 1996). Nas estratégias de ensino baseadas em tutoriais atribui-se caráter ativo à aprendizagem uma vez que as atividades didáticas elaboradas são centradas nos estudantes. Essas atividades envolvem um ou mais estudantes reunidos em pequenos grupos e um tutor experiente. O tutor propõe tarefas, assiste os estudantes, verifica o efeito das assistências e toma as decisões relativas à condução das atividades. Desse modo, ainda que o tutor se responsabilize ao mesmo tempo por mais de um estudante ou de um grupo de estudantes, há certo grau de personalização no trabalho realizado.

2.4.2 Os Tutoriais de Física Introdutória

Os Tutoriais de Física Introdutória ou, de forma simplificada, tutoriais são um bom exemplo do que se chama de estratégia instrucional baseada em pesquisas – *research-based instructional strategies* (HENDERSON; DANCY, 2009). Isso porque a concepção e o processo de elaboração dos tutoriais são baseados no conhecimento há décadas acumulado pelas pesquisas em Ensino de Física, em Educação, em Psicologia, entre outras áreas (VAZ; JULIO; FARIA, 2013; ZAVALA; ALARCÓN; BENEGAS, 2007).

Os tutoriais foram elaborados pelo Grupo de Ensino de Física da Universidade de Washington/Seattle (McDERMOTT; SHAFFER, 2002). Eles consistem em conjuntos de tarefas, com foco em temas fundamentais da Física, planejadas para serem trabalhadas por pequenos grupos (três a quatro estudantes). Essas tarefas são compostas de sequências de questões de lápis e papel e, em alguns casos, de pequenos experimentos desenvolvidos com materiais simples. Tais tarefas baseiam-se em dificuldades de aprendizagem e concepções dos estudantes descritas na literatura de pesquisa em Ensino de Física. Busca-se com elas o engajamento cognitivo dos estudantes a fim de propiciar a compreensão funcional dos conceitos básicos da Física e o desenvolvimento de estratégias do pensamento científico (FINKELSTEIN; POLLOCK, 2005; *PHYSICS EDUCATION GROUP/UNIVERSITY OF WASHINGTON - PEG/UW*, 2013). Originalmente, os tutoriais foram elaborados com vistas ao ensino de Física nos anos iniciais de cursos de nível superior. No entanto, há relatos de adaptações bem-sucedidas dessa estratégia no ensino de Física na educação básica (BENEGAS; FLORES, 2014; BENEGAS, 2007; TUYAROT; EIRAS, 2011).

A elaboração dos tutoriais foi baseada, entre outras coisas, nos resultados das pesquisas sobre concepções espontâneas, que tiveram grande notoriedade no campo do Ensino de Ciências entre o fim da década de 1970 e meados da década de 1990. As tarefas propostas nos tutoriais criam situações de sala de aula nas quais os estudantes precisam confrontar ideias do senso comum com ideias científicas, como estímulo ao conflito cognitivo. McDermott e Shaffer (2002), Finkelstein e Pollock (2005), Zavala, Alarcón e Benegas (2007) e Benegas (2007) resumem a estratégia em três passos: a) preparar o estudante para o estudo de novos conteúdos e elicitá-las suas ideias sobre conceitos relacionados; b) confrontar essas ideias com evidências fornecidas pelo tutorial; c) resolver as inconsistências entre as ideias prévias e os conceitos científicos.

Nas atividades didáticas com os tutoriais, os estudantes agem com autonomia na resolução das tarefas propostas. A atuação do professor (tutor) se dá no sentido de favorecer o bom andamento das tarefas e de promover o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Para isso, o professor não atende às demandas e às questões dos estudantes com soluções prontas, embora no imaginário dos estudantes seja esse o seu papel. Esse atendimento se dá a partir da proposição de novas questões, ou seja, perguntas são respondidas com perguntas. Como as atividades didáticas inspiradas pelos tutoriais são planejadas para pequenos grupos, o professor estimula a discussão e a busca do consenso como forma de resolver possíveis conflitos cognitivos (FINKELSTEIN; POLLOCK, 2005).

Essas estratégias de ensino envolvidas nos tutoriais possuem inspiração no diálogo socrático em que sequências de perguntas e respostas tem três papéis gerais: levantar a opinião do interlocutor sobre determinado assunto, fazer com que o interlocutor perceba as deficiências que emergem da opinião e elaborar o conceito sobre aquilo que se discute.

O diálogo socrático desafia a quem se submete a ele, pois contraria concepção popular sobre o que é ensinar e o que é aprender na qual vigora a ideia da mente como um recipiente a ser preenchido por conhecimentos diversos (BEREITER; SCARDAMALIA, 1996). Vejamos, por exemplo, a transcrição de um texto sobre filosofia que trata do modo como Sócrates se posicionava diante de seus interlocutores. Ela é interessante, pois retrata bem o tipo de situação desconfortável, mas produtiva, que se cria na relação do professor com os estudantes nas aulas em que são conduzidas tarefas conforme a proposta dos tutoriais:

Sócrates fazia perguntas sobre as ideias, sobre os valores nos quais os gregos acreditavam e que julgavam conhecer. Suas perguntas deixavam os interlocutores embaraçados, irritados, curiosos, pois, quando tentavam responder ao célebre “o que é?”, descobriam surpresos que não sabiam responder e que nunca tinham pensado em suas crenças, seus valores e suas ideias. Mas o pior não era isso. O pior é que as pessoas esperavam que Sócrates respondesse por elas ou para elas, que soubesse as respostas às perguntas [...] (CHAUI, 1995, p. 37).

Desconfortos semelhantes são descritos por professores que utilizam os tutoriais nas aulas de Física e por e por pesquisadores que se dedicam a estudar aspectos relacionados à implementação dos tutoriais. Em geral, os estudantes consideram que as questões apresentadas nos tutoriais e pelos tutores os fazem se sentir “ignorantes”, pois elas sempre os levam a perceber que estão errados. Há estudantes que se dizem

incomodados com as perguntas recorrentes e declaram querer simplesmente a resposta correta (PER, 2012).

No entanto, como veremos a seguir, os resultados de pesquisas sobre os tutoriais mostram o alto potencial que eles têm de promover o desenvolvimento conceitual. Isso é uma evidência de que o desconforto gerado pelas tarefas propostas nos tutoriais é produtivo. O conceito de desconforto produtivo (SCHWAB, 1959) permite caracterizar situações potencialmente ricas, do ponto de vista educacional, que podem surgir em atividades escolares de Ciências. O desconforto produtivo acontece quando o estudante se depara com fenômenos, conceitos ou teorias que geram algum tipo de perplexidade ou conflito intelectual que ele se sente instigado a superar. Enxergamos o desconforto produtivo como fundamental ao estabelecimento de oportunidades de aprendizagem nas quais os estudantes possam mobilizar o pensamento científico.

As tarefas que os estudantes desenvolvem nas atividades com os tutoriais são simples, mas a solução para elas não é evidente. O conjunto das tarefas impõe dificuldades para o estudante que se arrisca a enfrentá-lo sozinho, mas se mostra possível aos estudantes que aceitam abordá-lo de modo coletivo, junto aos colegas de grupo. Em outras palavras, os tutoriais têm forte apelo à colaboração entre os estudantes.

Essas características das atividades com os tutoriais estão de acordo com as que Cohen (1994) e Mercer (1995) listaram como necessárias à ocorrência de interações produtivas, que contribuem para o desenvolvimento cognitivo de estudantes que trabalham em grupos: a) ser desenvolvidas em grupos pequenos, entre três e quatro membros, para possibilitar a contribuição efetiva de todos; b) permitir que os estudantes centrem as discussões nas tarefas que compõem a atividade; c) encorajar a colaboração em vez da competição; d) apresentar tarefas difíceis de serem solucionadas por uma única pessoa, que demande a participação e o envolvimento de todo o grupo.

2.4.3 Pesquisas sobre os Tutoriais de Física Introdutória

São inúmeras as pesquisas que avaliam se ocorre desenvolvimento conceitual em diferentes tópicos da Física promovido por atividades inspiradas pelos tutoriais. Sem exceções, esses trabalhos mostram que atividades didáticas com os tutoriais levam a mais desenvolvimento conceitual em comparação a atividades ditas tradicionais como, por exemplo, as aulas expositivas seguidas de resolução de exercícios (CRUZ *et al.*, 2010;

FINKELSTEIN; POLLOCK, 2005; HERON *et al.*, 2003; KELLER *et al.*, 2005; LORENZO; CROUCH; MAZUR, 2006; POLLOCK; FINKELSTEIN; KOST, 2007; POLLOCK, 2005; SHAFFER; McDERMOTT, 2005; SLEZAK *et al.*, 2011).

Iniciativas na Argentina e no Brasil mostram que o uso de atividades didáticas inspiradas pelos tutoriais em aulas de Física do Ensino Médio também são muito eficientes no que diz respeito à promoção do desenvolvimento conceitual (BENEGAS; FLORES, 2014; BENEGAS, 2007; FLORES; BENEGAS, 2008; GUIDUGLI; GAUNA; BENEGAS, 2004; TUYAROT; EIRAS, 2011). Embora os tutoriais tenham sido idealizados para o Ensino Superior, esses resultados não surpreendem, tendo em vista que os tutoriais abordam conceitos fundamentais da Física de forma qualitativa ou semiquantitativa, o que torna possível a adaptação de atividades com os tutoriais para a educação básica.

O fato de os tutoriais romperem em sua concepção com a noção difundida de mente como recipiente e de se pautarem por concepções de ensino-aprendizagem informadas por pesquisas pode ser tomado como um dos aspectos responsáveis pela obtenção de resultados tão favoráveis. Também é preciso destacar que a criação de situações que permitem aos estudantes experimentar situações de desconforto produtivo na resolução das tarefas pressupõe um tutor qualificado que possa oferecer suporte adequado ao desenvolvimento dos estudantes. Hawking e Pea (1987), por exemplo, apontam isso como um fator essencial para que o desenvolvimento conceitual ocorra.

Há na literatura em Ensino de Física duas lacunas nas quais nos enveredamos em nosso trabalho de pesquisa. A primeira decorre das questões de pesquisa e do delineamento metodológico das investigações sobre os tutoriais. Não há estudos sobre processos de desenvolvimento experimentados por estudantes que lidam com as tarefas dos tutoriais. Foca-se no resultado decorrente do envolvimento dos estudantes com essas tarefas. As pesquisas utilizam o esquema “pré-teste → intervenção → pós-teste”, nos mesmos moldes daquelas sobre o pensamento científico de que tratamos anteriormente. A segunda lacuna reside no fato de que nenhuma das pesquisas a que tivemos acesso investigou quais estratégias de domínio geral são empregadas para a resolução das tarefas dos tutoriais, nem o processo de mobilização e de desenvolvimento dessas estratégias. Isso causa estranheza, uma vez que os próprios autores dos tutoriais declaram explicitamente que um dos objetivos das tarefas propostas é o desenvolvimento de estratégias de raciocínio (McDERMOTT; SHAFFER, 2002).

Em artigo no qual os autores dos tutoriais tratam de questões curriculares e de formação de professores, há pistas que permitem inferir as estratégias de raciocínio

científico que eles se referem: “deve ser dada a oportunidade de examinar a natureza do conteúdo para compreender não apenas o que sabemos, mas com base em que evidência e em que linhas de raciocínio chegamos a esse conhecimento” (McDERMOTT; SHAFFER; CONSTANTINOU, 2000, p. 412).

Tendo em vista esse quadro das pesquisas sobre os tutoriais e o quadro das pesquisas sobre o pensamento científico que apresentamos na seção 2.3, parece pertinente tomar como problema de pesquisa o processo de desenvolvimento do pensamento científico de estudantes que trabalharam na resolução de tarefas dos Tutoriais de Física Introdutória.

2.5 Questões de pesquisa

Definido como problema de pesquisa o processo de desenvolvimento do pensamento científico de estudantes que se envolveram com a resolução de tarefas dos tutoriais, passamos à definição das questões que orientaram nossa abordagem desse problema. Propusemos quatro questões que serão discutidas na sequência.

QUESTÃO 1: Quais estratégias de domínio geral são empregadas pelos estudantes para a resolução das tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana?

Esta questão é básica para o trabalho, mas não se trata da principal. A resposta dada a ela nos permitiu trabalhar as outras questões. Ela tem como foco a caracterização das estratégias de domínio geral que os estudantes voluntários da pesquisa utilizaram na resolução de tarefas propostas no tutorial sobre dinâmica newtoniana. Ao trabalhar para responder esta questão, não focamos o desenvolvimento do pensamento científico. Porém, a análise realizada nos permitiu abordar o processo de mobilização e de desenvolvimento do pensamento científico nas questões seguintes.

QUESTÃO 2: Quais são as características das experiências em que estudantes utilizam essas estratégias de domínio geral?

Nossa intenção com essa questão foi caracterizar e analisar as experiências em que os estudantes mobilizaram as estratégias de pensamento científico identificadas a partir da questão anterior. Queríamos saber se as experiências de pensamento científico dos estudantes foram educativas ou não, como essas experiências se constituíram, o que houve de comum e o que houve de diferente nas experiências de diferentes grupos de estudantes. A partir da análise da experiência dos estudantes abordamos o processo de desenvolvimento das estratégias de domínio geral associadas ao pensamento científico.

QUESTÃO 3: Como o contexto no qual se dá a resolução dessas tarefas do tutorial favorece ou dificulta a constituição dessas experiências?

Para responder à terceira questão destacamos elementos do contexto que influenciaram as experiências de pensamento científico dos estudantes nas atividades inspiradas pelos tutoriais. Analisamos como esses elementos contextuais contribuíram ou dificultaram o estabelecimento dessas experiências. No próximo capítulo, discutiremos o conceito de contexto ao tratar dos critérios para avaliação de uma experiência. Para que se entenda essa questão de pesquisa, é suficiente dizer que o contexto é constituído pela interação dos indivíduos (caracterizados por seus interesses, necessidades, crenças, etc.) com as condições objetivas das atividades (tutoriais, livros, experimentos, organização espacial da sala de aula, colegas, professor, etc.).

QUESTÃO 4: Que indícios de desenvolvimento do pensamento científico podem ser destacados dessas experiências?

Desde o início da pesquisa, consideramos que a investigação das experiências em que estudantes mobilizam estratégias de domínio geral permitiria analisar o desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes. Com base nisso, buscamos detectar indícios do desenvolvimento do pensamento científico nas experiências dos estudantes na resolução de novas tarefas apresentadas ao longo do trimestre letivo em que fizemos a coleta de dados.

A apresentação das questões que orientaram na condução do trabalho de pesquisa nos dá condições de, agora, explicitar o objeto de pesquisa: as experiências de pensamento científico dos estudantes na resolução de tarefas dos tutoriais. Amparamo-nos na Teoria de Experiência de John Dewey (1997) para fazer a abordagem desse objeto de pesquisa, ou seja, a Teoria da Experiência constituiu nossa base teórico-metodológica. É disso que trataremos no próximo capítulo.

3 TEORIA DA EXPERIÊNCIA

As pesquisas têm procurado medir o efeito final do envolvimento de estudantes com as mais diversas tarefas e atividades em vez de monitorar o processo de desenvolvimento que decorre disso. Em outras palavras, poucos são os estudos que abordam a aprendizagem como um processo de desenvolvimento. Isso ocorre tanto nas pesquisas que lidam com a aprendizagem de conceitos, quanto nas pesquisas focadas na aprendizagem de estratégias de domínio geral.

Pelo que pudemos observar com a análise da literatura, a preferência pela investigação do efeito do ensino se deve a dois fatores. Primeiro, para a concepção de um delineamento metodológico para coleta de dados sobre o processo de desenvolvimento, é preciso ter um modelo teórico de tal processo. Como muitos autores dessa literatura têm o propósito de maximizar e melhorar os efeitos do ensino, poucos deles se detêm em conceber um modelo ou em se apropriar dos modelos existentes. Outro fator que leva à preferência pela investigação dos efeitos do ensino é metodológico: o processo de desenvolvimento não ocorre em condições controladas; ocorre mediante a interação dos sujeitos entre si, com o professor, com livros, enfim, com o mundo à sua volta.

O interesse no desenvolvimento do pensamento científico não nos deixou outra opção senão enfrentar os dois desafios. Para isso, recorremos ao expediente de estabelecer uma base teórica para construção de nossa estratégia metodológica a partir do conceito de experiência proposto por John Dewey⁴ (1948; 1966; 1997; 2010).

A escolha do conceito de experiência para constituição da base teórico-metodológica foi inspirada em leituras e discussões que temos empreendido há mais de uma década como membros do grupo de pesquisa Inovar⁵. Mais recentemente, no âmbito de um projeto de pesquisa financiado pelo CNPq (JULIO; VAZ; FARIA, 2011), em parceria com a professora Josimeire Julio da UFSCAR, retomamos o estudo sobre as ideias de John Dewey inspirados por Joseph Schwab (1959).

⁴ Ao citar os trabalhos de Dewey, orientamo-nos pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para organização e apresentação das referências. Apresentamos a data de publicação da edição a que tivemos acesso. Porém, consideramos que a data da primeira publicação é uma informação que pode ser importante para contextualização histórica da obra. Por isso, apresentamos essa informação sobre a data da primeira publicação dos trabalhos de Dewey nesta nota de rodapé: Como Pensamos (1910), Democracia e Educação (1916/1966), Experiência e Natureza (1925/1948), Arte como Experiência (1934/2010) e Experiência e Educação (1938/1997).

⁵ <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/0303256817358474>.

Investigamos situações de ensino-aprendizagem em aula. Os eventos de uma aula, qualquer que seja a estratégia didática, dificilmente são controláveis. No caso das estratégias instrucionais baseadas em pesquisa, em que se favorece a diversidade de interações e em que se promovem estímulos à ação e à reflexão, a possibilidade de controle é inexistente. Para casos como esses, como discutem Roth e Jornet (2014), o recurso ao conceito de experiência é de grande valia. Esse conceito pode contribuir para a identificação de momentos nos quais os estudantes passam por processos de desenvolvimento, representados por situações de reelaboração de experiências nas quais ação e reflexão se inter-relacionam, transformando não só o indivíduo, mas todo o contexto do qual faz parte.

Anima-nos perceber que outros pesquisadores encontraram na teoria da experiência de Dewey a possibilidade de traçar novas estratégias metodológicas e de abordar novas questões relacionadas à aprendizagem (GIROD; WONG, 2002; NA; SONG, 2013; PUGH; BERGIN, 2005; PUGH, 2004; PUGH *et al.*, 2009; ROTH; JORNET, 2014). Os propósitos e as demandas teórico-metodológicas desses trabalhos são diferentes dos nossos, mas percebemos aí a pertinência acadêmica de nossa escolha e a oportunidade de identificar interlocutores na área.

3.1 O conceito de experiência

O conceito de experiência possui grande importância na teoria educacional de John Dewey (BRANCO, 2010; GLASSMAN, 2001; KRUCKEBERG, 2006; POSTHOLM, 2008; SCHMIDT, 2009). Trata-se de um conceito complexo, que muitas vezes é mal interpretado pelos que recorrem a este autor. Isso decorre de leituras fragmentadas, que tendem a isolar a ideia do conjunto da obra (SCHWAB, 1959). Para Wong e Pugh (2001), o emprego de palavras de uso comum para expressar ideias com significados complexos é uma característica de Dewey que favorece a má compreensão e depreciação de suas ideias.

Quando se fala em experiência, logo entra em cena o nome de Dewey. Isso se deve ao reconhecimento desse autor, por parte dos profissionais da educação, como um dos proponentes do ensino centrado nos estudantes (KRUCKEBERG, 2006). No senso comum, a palavra experiência é associada ao conhecimento adquirido pela prática, aos ensaios e às tentativas. Entre professores, diz-se com frequência que há experiência quando o estudante desenvolve alguma atividade experimental ou manipula objetos concretos ou

abstratos. No entanto, em Dewey, o conceito de experiência ganha outro significado, mais complexo e elaborado.

Para Dewey, as experiências são processos vitais que ocorrem a todo o tempo e lugar, pois todo indivíduo está em constante interação com seu mundo físico e social. Ao passar por uma experiência, o indivíduo é transformado independentemente de sua própria intenção (ROTH; JORNET, 2014). Nessas interações, os indivíduos são modificados e modificam aquilo com o que interagem, sejam outras pessoas, sejam objetos, a partir de uma relação transacional entre eles. Diz-se, então, que as experiências envolvem um caráter ativo e um caráter passivo (DEWEY, 1966). Todos os envolvidos numa experiência se constituem mutuamente. Ao passar por novas experiências, o indivíduo já não é mais o mesmo, seu contexto também não:

Com efeito, o fato de conhecer uma coisa importa em uma alteração simultânea no agente do conhecimento e na coisa conhecida. Essas duas existências se modificam, porque se modificaram as relações que existiam entre elas. A árvore que era apenas objeto de minha experiência visual passa a existir de modo diverso, se entre mim e ela outras experiências se processarem, pelas quais eu a venha conhecer por outros aspectos: úteis, medicinais, de resistência etc. Depois dessas experiências, eu e a árvore somos alguma coisa diferente do que éramos antes. Existimos de modo diverso um para o outro. Houve, por meio daquelas experiências, uma transformação que irá permitir alterar, sob certo aspecto, o mundo em que vivo (TEIXEIRA, 2010, p. 34).

Essas características são comuns a quaisquer experiências. Porém, nem toda experiência tem o potencial de promover o desenvolvimento do indivíduo, possibilitando ações inteligentes em situações novas e distintas. Há experiências educativas, assim como experiências deseducativas (DEWEY, 1966, 1997, 2010).

As experiências educativas são caracterizadas pela ação e reflexão recíprocas, caracterizando-se como uma “força em marcha” que promove o desenvolvimento geral do indivíduo a partir do alargamento do campo das experiências. Esse alargamento do campo das experiências se dá, pois as experiências presentes tanto são influenciadas pelas que já se passaram quanto adquirem potencial de influenciar as experiências futuras. Por suas características, as experiências educativas são mais exigentes do ponto de vista intelectual. Elas demandam do indivíduo não apenas engajamento comportamental e emocional, mas também engajamento cognitivo.

A falta de reflexão é uma das marcas das experiências deseducativas, levando a experiências que não são plenamente consumadas pela consciência:

É possível ser eficiente na ação e não ter uma experiência consciente. Uma atividade pode ser automática demais para permitir uma sensação daquilo a que se refere e para onde vai. Ela chega ao fim, mas não a um desfecho ou consumação na consciência. Os obstáculos são superados pela habilidade sagaz, mas não alimenta a experiência (DEWEY, 2010, p. 114).

A não consumação da experiência pelo indivíduo impossibilita sua reelaboração no futuro, quando novas demandas são postas diante dele. Isso inibe o desenvolvimento geral do indivíduo a partir do alargamento do campo das experiências:

Qualquer experiência que tenha o efeito de impedir ou distorcer o amadurecimento para futuras experiências é deseducativa. Uma experiência pode ser de tal natureza que produza indiferenças, insensibilidade e incapacidade de reação, limitando, assim, as possibilidades de experiências mais ricas no futuro. Uma outra experiência pode aumentar a destreza de uma habilidade automática, de forma que a pessoa se habitue a certos tipos de rotinas, limitando-lhe, igualmente, as possibilidades de novas experiências. Uma experiência pode ser imediatamente prazerosa e, mesmo assim, contribuir para a formação de uma atitude negligente e preguiçosa que, desse modo, atua modificando a qualidade de experiências subsequentes, impedindo a pessoa de extrair dessas experiências tudo o que elas podem proporcionar (DEWEY, 1997, p. 25).

Em geral, as experiências deseducativas mostram-se agradáveis à primeira vista. Isso contribui para a dispersão e para o descuido, inibindo o processo de reelaboração das experiências.

A consideração de que existem esses dois tipos de experiências, as educativas e as deseducativas, tem importante implicação nas obras de Dewey: experiência e educação não são sinônimos, já que nem toda experiência possui valor educativo (DEWEY, 1997).

3.2 Avaliação da qualidade de experiências

No livro “Experiência e Educação”, Dewey apresenta o princípio da continuidade e o princípio da interação para que, tomados em conjunto, orientem a avaliação do potencial educativo de experiências (DEWEY, 1997). Para Roth e Jornet (2014), esses princípios são fundamentais para a compreensão de que as experiências não se encerram nos indivíduos, mas se distribuem no espaço-tempo por meio de inúmeras interações sociais empreendidas ao longo da vida. Para Branco (2010), a continuidade confere temporalidade e a interação confere espacialidade às experiências.

Apresentaremos os princípios em separado, mas não deixamos de considerar que:

Os dois princípios de continuidade e interação não se separam um do outro. Eles se interceptam e se unem. Eles são, por assim dizer, os aspectos longitudinal e lateral da experiência. Diferentes situações sucedem umas às outras. Mas por causa do princípio da continuidade, algo é levado de uma situação anterior para as posteriores. Conforme um indivíduo passa de uma situação para outra, seu mundo seu ambiente, se expande ou se contrai. Ele não passa a viver em outro mundo, mas em uma parte ou aspecto diferente de um mesmo mundo. O que ele aprendeu no processo de aquisição de conhecimento ou habilidade em uma determinada situação torna-se um instrumento para compreender e lidar com a situação posterior. O processo continua enquanto a vida e a aprendizagem continuarem (DEWEY, 1997, p. 44).

Isso significa que na própria constituição dos princípios da continuidade e da interação há inseparabilidade e relação mútua entre ambos.

Foi com base nesses princípios que caracterizamos e avaliamos a qualidade das experiências de pensamento científico de estudantes em atividades didáticas inspiradas pelos Tutoriais de Física Introdutória. Consideramos como experiências de pensamento científico aquelas nas quais os estudantes mobilizaram estratégias de domínio geral e conhecimentos de domínio específico para solucionar as tarefas que lhes foram propostas.

3.2.1 Princípio da continuidade

O princípio da continuidade baseia-se em que “toda experiência vive nas experiências que a sucedem” (DEWEY, 1997, p. 27). Isso significa que “[...] toda experiência tanto toma algo das experiências passadas quanto modifica de algum modo a qualidade das experiências que virão” (DEWEY, 1997, p. 35).

A continuidade é mencionada como uma característica de toda experiência, quer educativa, quer deseducativa. O modo como a continuidade opera é o que definirá se a experiência é, de fato, educativa. As experiências educativas conduzem a um tipo de crescimento que possibilita ao indivíduo agir de modo inteligente em novas situações a partir da reelaboração ou reconstrução de experiências.

A continuidade que caracteriza as experiências educativas só é estabelecida quando a experiência na qual o indivíduo está envolvido é consumada pela consciência. Consumo envolve um começo e um desfecho num processo de reciprocidade entre ação e reflexão, levando o indivíduo a significar suas experiências. Por essa razão, uma experiência iniciada, quando interrompida em vez de consumada, nada tem de educativa (DEWEY, 1966; 2010).

Quando se consegue estabelecer relação consciente entre uma ação e a consequência que dela decorre, criam-se as condições para o estabelecimento de um fluxo

experencial que conecta a experiência atual às experiências passadas e às futuras, transformando o indivíduo: “quando uma atividade é continuada pela submissão às consequências, quando a mudança produzida por uma ação se reflete numa mudança em nós mesmos, o simples fluxo torna-se cheio de significado. Aprendemos algo” (DEWEY, 1966, p. 139).

Para Dewey, cada experiência educativa “é um todo e carrega em si seu caráter individualizador e sua autossuficiência” (DEWEY, 2010, p. 110). Isso quer dizer que as experiências educativas são bem-definidas e únicas. Têm começo e fim claros. São consumadas pela consciência e não interrompidas sem que se estabeleça qualquer tipo de relação inteligente entre as ações e as consequências que dela decorrem. Ao mesmo tempo, uma experiência educativa faz parte de uma totalidade caracterizada pela continuidade de um fluxo experencial no qual passado, presente e futuro se inter-relacionam.

A avaliação da continuidade de uma experiência é uma construção social, por serem os indivíduos mais maduros responsáveis por avaliar e orientar os menos maduros para que suas experiências se concretizem como educativas:

Toda experiência é uma força em movimento. Seu valor só pode ser julgado com base em para que e em para onde ela se move. A grande maturidade da experiência de um adulto como educador o coloca na posição de poder avaliar cada experiência dos mais jovens de uma forma que os que têm menos experiência não o podem fazer. Sua tarefa como educador é, portanto, ver em que direção caminha uma experiência (DEWEY, 1997, p. 38).

Como pesquisadores, estávamos na posição de alguém mais maduro e buscamos embasamento teórico para avaliar para onde se direcionava a força em marcha que caracterizava as experiências: se para uma condição de favorecer o crescimento contínuo do indivíduo ou o contrário. Esse julgamento nos permitiu caracterizar as experiências e avaliar o seu potencial educativo, bem como identificar o que contribuiu e o que dificultou essas experiências. No âmbito da pesquisa em Ensino de Ciências, há vários trabalhos nos quais o pesquisador assume o papel de alguém habilitado, principalmente pelo recurso a artefatos teóricos, a avaliar a qualidade das experiências de estudantes (GIROD; WONG, 2002; HOWES, 2008; PUGH; BERGIN, 2005; PUGH, 2004; PUGH *et al.*, 2009; ROTH; JORNET, 2014).

Em síntese, para avaliar a qualidade de experiências tendo como parâmetro o princípio da continuidade consideramos: a) se houve articulação entre ação e reflexão no desenvolvimento da experiência; b) se houve indícios de reelaboração (reconstrução) de

experiências passadas; c) se a experiência teve o potencial de promover o desenvolvimento geral do indivíduo, ampliando as possibilidades de reelaboração de novas experiências.

3.2.2 Princípio da interação

O segundo critério para avaliar o caráter educativo de uma experiência é o princípio da interação. Esse princípio representa, nas obras de Dewey, a superação da dicotomia mente-mundo. Para Dewey, a mente humana é uma individualização estabelecida a partir do contato e da interação com o outro (KRUCKEBERG, 2006; POSTHOLM, 2008). Branco destaca o papel do outro na constituição do indivíduo, tendo como referência a perspectiva deweyana:

O ser humano é entendido fundamentalmente como interação, sendo as relações sociais determinantes na constituição do sentido do *self*. O autor alerta-nos, pois, para a importância educativa dos contextos e, nesse sentido, para o primado da comunidade sobre o indivíduo (Glassman, 2001). O desenvolvimento da individualidade de cada um corresponde a um alargamento progressivo da experiência, que, sendo pessoal, fundeia na experiência social. A ampliação da experiência é também o objetivo primordial da educação, sem a qual esta verdadeiramente não acontece, e cuja consecução requer ambientes e instituições apropriadas, leiam-se cooperativos e democráticos (BRANCO, 2010, p. 609).

A experiência do indivíduo é socialmente constituída. Daí a importância de se levar em consideração que toda experiência possui um caráter passivo e um caráter ativo. Ao se relacionar com outras pessoas e objetos, o indivíduo tem a oportunidade de alargar seu campo de experiências, de se desenvolver. Ao mesmo tempo, há o desenvolvimento das pessoas e dos meios materiais que constituem a experiência do indivíduo. Com isso, queremos destacar que a experiência social se transforma não apenas porque o indivíduo se transforma, mas também porque o contexto no qual se desenvolve a experiência é continuamente modificado. Aspectos individuais, sociais e materiais associados às experiências estão em constante interação e transformação.

O princípio da interação estabelece que as experiências educativas dependem igualmente das condições internas e das condições objetivas, estando ambas em interação. As condições internas são relativas ao indivíduo. Elas compreendem, entre outros, os interesses, os hábitos, as necessidades, os valores, os desejos e os aspectos cognitivos de cada pessoa. As condições objetivas, externas ao indivíduo, envolvem equipamentos, infraestrutura, recursos mediacionais e até mesmo outras pessoas com suas condições internas próprias. Tudo isso “representa os produtos da experiência mais madura dos

adultos” (DEWEY, 1997, p. 41), ou seja, representa produtos da história cultural da humanidade. Assim, pode-se dizer que as experiências educativas são marcadas por interações entre pessoas e entre pessoas e objetos (materiais ou imateriais). Uma educação que privilegie o estabelecimento de experiências educativas deve evitar os extremos, ou seja, deve evitar privilegiar as condições internas em detrimento das condições objetivas, e vice-versa. Nas experiências educativas, “pesos iguais” são conferidos a ambas as condições, tomando-as em interação (DEWEY, 1997).

A interação das condições internas com as condições objetivas constitui o que Dewey chama de situação:

A afirmação de que os indivíduos vivem em um mundo significa concretamente, que eles vivem em uma série de situações. E quando dizemos que eles vivem em uma série de situações, o significado da palavra em é diferente do seu significado quando dizemos que as moedas estão “em” um bolso ou que a tinta está “em” uma lata. Isso significa, mais uma vez, que está ocorrendo interação entre um indivíduo, objetos e outras pessoas (DEWEY, 1997, p. 43).

A formulação da ideia de situação por Dewey possui forte caráter relacional. Não se trata de pensar que o indivíduo está contido numa situação, mas que situações são constituídas na interação entre pessoas e entre pessoas e objetos (materiais ou imateriais).

Nesta tese utilizaremos o termo contexto no lugar do termo situação para designar aquilo que se constitui pela interação entre condições objetivas e condições internas. Fizemos isso por duas razões. Primeiro, por uma questão de preferência. Julgamos que a ideia de contexto remete mais facilmente ao caráter relacional da interação entre condições internas e condições objetivas. Segundo, há definições de contexto que são relacionais e tornam equivalentes os conceitos de contexto e situação. Esse é o caso da definição de contexto apresentada em “*Cultural Psychology: A once and future discipline*”, por Michael Cole (1996).

Em diálogo com Dewey, Cole (1996) propõe uma definição de contexto com esse caráter relacional: “aquilo que se tece junto”. Essa ideia é inspirada na metáfora de corda, fios e fibras usada com frequência para definir esse conceito. A imagem de uma corda ajuda a comunicar o caráter relacional entre condições internas e condições objetivas. Uma corda é composta de fios finos entrelaçados. Cada fio é formado por arranjos descontínuos de fibras de pequena extensão e de baixa resistência. A corda, quando submetida à tração, mostra-se muito mais resistente que as partes individuais que a compõem (fios e fibras), além de apresentar-se como um todo contínuo e coerente. “Quando o contexto é pensado

dessa forma, ele não pode ser reduzido àquilo que circunda. Ele é, preferencialmente, uma relação qualitativa entre no mínimo duas entidades analíticas (fios), que são dois momentos de um único processo” (COLE, 1996, p. 135).

Essa metáfora de corda, fios e fibras é apropriada para pensar as interações entre pessoas e entre pessoas e objetos como aquelas interações pelas quais nos interessamos nesta pesquisa. Cada indivíduo possui condições internas próprias que o fazem ser único. Cada objeto, se tomado isoladamente, possui propriedades que permitem caracterizá-lo. No entanto, tomados em interação uns com os outros, pessoas e objetos formam um todo coerente, com propriedades muito diferentes das partes. Chamamos de contexto a esse todo coerente.

As salas de aula representam contextos múltiplos, complexos e fluidos. Múltiplos, pois em uma mesma sala de aula há vários contextos coexistindo. Tomada como um todo, a sala de aula com suas condições objetivas e suas várias condições internas formam um contexto mais amplo. Tomada por partes, quando, por exemplo, estudantes trabalham em pequenos grupos, novos contextos se estabelecem, pois, nesses pequenos grupos, há nova inter-relação entre condições objetivas e condições internas. Cada pequeno grupo forma um novo contexto. Os contextos escolares são fluidos e complexos, pois a organização desse espaço e das atividades que nele se desenrolam é dinâmica e suscetível a mudanças de diferentes ordens, intencionais ou não intencionais.

Por isso, pode-se dizer que as experiências possuem natureza aberta ou que são indefinidas *a priori* (ROTH; JORNET, 2014). Por mais que um professor aja de maneira consciente sobre as condições objetivas de uma atividade a fim de promover experiências educativas, nunca se sabe quais serão os resultados de suas ações, pois esse resultado depende da interação entre as condições internas e as condições objetivas. Uma mesma ação pode ter efeitos distintos sobre os diferentes estudantes de uma turma, já que numa sala de aula estão em jogo múltiplos contextos que se entrelaçam.

Desse modo, para avaliação da qualidade de experiências tendo como parâmetro o princípio da interação, consideramos a interação entre condições internas e condições objetivas. Mais especificamente, buscamos indícios da existência de convergência entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas para desenvolvimento das atividades didáticas propostas pelo professor.

3.2.2.1 Operacionalização do princípio da interação

A avaliação das experiências dos estudantes a partir do princípio da interação configurou-se para nós como um desafio de ordem metodológica: em que nos apoiaríamos para inferir sobre a interação entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas para desenvolvimento das atividades propostas pelo professor? A solução que encontramos para esse desafio foi recorrer ao conceito de engajamento escolar. Para essa solução tiramos proveito de nossa experiência com a investigação do engajamento de estudantes em situações de aprendizagem em Física (FARIA, 2008; JULIO; VAZ; FAGUNDES, 2011).

O engajamento escolar, ou simplesmente engajamento, é um conceito que se refere à relação que o estudante estabelece com as atividades escolares que lhe são propostas. Essa relação se constitui no contexto e com o contexto de desenvolvimento dessas atividades. Transformações no contexto promovem mudança nas características do engajamento exibido pelos estudantes (FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004; FRYDENBERG; AINLEY; RUSSELL, 2005; SINATRA; HEDDY; LOMBARDI, 2015). Pode-se, então, afirmar que o engajamento, assim como o conceito de experiência, é dotado de um caráter relacional, pois ele se constitui permanentemente, e de maneira dinâmica, a partir da interação das condições internas do indivíduo com as condições objetivas de uma atividade. A interpretação que fizemos disso, à luz do princípio da interação, é que esse indivíduo irá se engajar quando, em alguma medida, houver convergência entre suas condições internas e as condições objetivas envolvidas na realização de tarefas associadas a atividades. Assim, propomos o engajamento em tarefas como um indício de que houve interação entre as condições internas e objetivas.

A partir de uma extensa revisão de literatura, Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004) identificaram na literatura três definições para engajamento: o engajamento comportamental, o engajamento emocional e o engajamento cognitivo. Essa identificação levou as autoras a proporem que o engajamento seja considerado como um conceito multidimensional que abarca aspectos comportamentais, emocionais e cognitivos, que se inter-relacionam dinamicamente.

A dimensão comportamental do engajamento envolve a participação e as condutas positivas empreendidas pelos estudantes no desenvolvimento de tarefas. O engajamento emocional relaciona-se às reações afetivas e emocionais dos estudantes diante das tarefas que lhes são propostas e dos demais elementos que compõem o contexto. Interesse,

felicidade, bem-estar, desgosto, ansiedade e frustração são exemplos de tais reações. O engajamento cognitivo envolve o investimento do estudante na própria aprendizagem. Ele é marcado pelo esforço empreendido pelo estudante para compreender o que é estudado e para atingir níveis mais elevados de compreensão sobre determinado tópico de estudo. O estudante engajado cognitivamente não se contenta em “completar” uma tarefa sem reflexão, não tem compromisso com o fazer por fazer. O trabalho empreendido na resolução de uma tarefa é movido pelo desejo de aprender algo novo ou de aprofundar a compreensão sobre algo que já se sabe (FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004; SINATRA; HEDDY; LOMBARDI, 2015).

Cabe destacar que engajamento e motivação são conceitos distintos. Devido às relações entre o conceito de engajamento e construtos motivacionais é comum não se distinguir ambos. Pode ocorrer, por exemplo, de um estudante estar motivado a ter uma boa atuação no geral sem estar engajado em tarefas escolares específicas (NEWMAN; WEHLAGE; LAMBORN, 1992).

A motivação se relaciona aos processos psicológicos que exercem influência sobre o comportamento dos estudantes em situações de aprendizagem. Ela está relacionada às razões que levam o indivíduo agir de determinada maneira. Já o engajamento se refere à relação estabelecida entre indivíduo e atividade (FRYDENBERG; AINLEY; RUSSELL, 2005).

A investigação do engajamento de estudantes em tarefas escolares tem sido feita, dentre outras maneiras, com base na observação das interações de estudantes entre si, com o professor e, de maneira geral, com as condições objetivas para realização das tarefas; e também com base na análise do discurso (FARIA, 2008; FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004; JULIO; VAZ; FAGUNDES, 2011; MILNE; OTIENO, 2007; SINATRA; HEDDY; LOMBARDI, 2015). Em geral, o uso dessas abordagens observacionais baseia-se em indicadores de engajamento estabelecidos a partir do recurso à literatura de pesquisa.

A análise que fizemos do engajamento dos estudantes como forma de operacionalizar o princípio da interação envolveu a busca de indicadores de engajamento: nas interações verbais e não verbais dos estudantes com os colegas de grupo; com os colegas de turma; com o professor; e com os demais elementos que constituíram as condições objetivas das atividades (e.g. a organização da sala, os desafios propostos, os recursos mediacionais usados, etc). A maioria dos indicadores que usamos originaram-se da revisão de literatura elaborada por Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004) e no artigo de

elaboração teórica de Sinatra, Heddy e Lombardi (2015). Uma parte menor, inspirada na definição de engajamento que usamos, emergiram dos nossos dados de pesquisa.

Lidamos com os seguintes indicadores de engajamento comportamental:

- a) observação e adesão dos estudantes às normas e acordos da classe;
- b) observação e adesão dos estudantes às normas e acordos do grupo;
- c) respeito às opiniões, sugestões e ideias dos colegas;
- d) envolvimento na resolução das tarefas;
- e) esforço, persistência, concentração e atenção na resolução das tarefas;
- f) contribuições individuais para resolução das tarefas;
- g) colaboração para resolução das tarefas;

Em relação ao engajamento emocional, consideramos como indicadores tanto reações emocionais positivas quanto reações emocionais negativas, pois, em teoria, ambas estão relacionadas à dimensão emocional do engajamento em tarefas. Porém, cabe destacar que resultados de pesquisa indicam que as reações emocionais positivas em comparação com as reações emocionais negativas têm maior potencial de levar os estudantes a se engajarem ou a se manterem engajados nas múltiplas dimensões – comportamental, emocional e cognitiva (SINATRA; HEDDY; LOMBARDI, 2015). Sendo assim, consideramos como indicadores de engajamento emocional as reações dos estudantes que denotam:

- a) alegria, bem-estar, felicidade, empolgação, orgulho, prazer e satisfação;
- b) ansiedade, frustração, nervosismo, agitação, inconformismo e tédio.

Por fim, para avaliar o engajamento cognitivo dos estudantes nos pautamos pelos seguintes indicadores:

- a) uso de estratégias de aprendizagem como a elaboração de anotações e sínteses no caderno de Física;
- b) investimento cognitivo na compreensão dos fenômenos enfocados pelas tarefas;
- c) investimento cognitivo na compreensão de relações, conceitos e ideias relacionados às tarefas propostas;
- d) esforço direcionado para o aprofundamento ou aperfeiçoamento do que já se sabe;

- e) esforço direcionado para a apropriação de estratégias de domínio geral;
- f) flexibilidade na resolução de tarefas.

É importante reiterar que, apesar do tratamento dado aqui ao conceito de engajamento, o objeto de estudo em nossa pesquisa de doutorado são as experiências de pensamento científico dos estudantes. Lidamos com a definição operacional de engajamento como um artefato, uma lente através da qual olhamos para a interação entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas para a resolução das tarefas propostas pelo professor nas aulas de Física.

Outros pesquisadores também recorreram a essa definição operacional de engajamento para estudar experiências de estudantes. Tomamos conhecimento do trabalho de Pugh *et al.* (2009). Esses autores, do “Grupo de Ideias Deweyanas da Universidade do Estado de Michigan”, elaboraram o conceito de experiência transformadora inspirados, em especial, no conceito de experiência singular apresentado em “Arte como Experiência” (DEWEY, 2010). A experiência transformadora é apresentada como uma forma de engajamento, sendo definida como aquela na qual estudantes usam conceitos científicos para reelaborar suas experiências cotidianas. As experiências transformadoras agregam aspectos emocionais, comportamentais e cognitivos. Comportamentais, pois a aplicação dos conceitos científicos a situações extraescolares é automotivada; cognitivo, pois envolve a expansão da compreensão do estudante que passa a perceber aspectos do seu mundo de uma nova maneira; emocional, pois se atribui valor aos conceitos por sua utilidade na experiência cotidiana imediata.

A principal diferença entre a relação que estabelecemos entre experiência e engajamento e a relação que Pugh *et al.* (2009) estabeleceram é que nós consideramos o engajamento como condição para a promoção de experiências educativas e aqueles autores traduzem as experiências transformadoras como uma forma de engajamento. Utilizamos o engajamento para pensar as experiências sob o prisma do princípio da interação e, em conjunto com o princípio da continuidade, avaliar a qualidade das experiências empreendidas. Em parte, a diferença que existe entre nossas elaborações teóricas decorre de as definições de experiência educativa e de experiência transformadora estarem relacionadas, mas serem diferentes.

Tal qual são definidas, toda experiência transformadora é educativa, mas nem toda experiência educativa é transformadora. Isso porque a continuidade das experiências educativas pode se dar tanto em situações essencialmente escolares, quanto em situações

cotidianas da vida dos estudantes. Já a continuidade considerada nas experiências transformadoras é aquela que envolve as situações cotidianas dos estudantes.

Consideramos que no desenvolvimento do pensamento científico há um contínuo que vai das reelaborações conceituais dentro do ambiente escolar às reelaborações conceituais fora da escola. Nisso, nós e Pugh *et al.* (2009) concordamos.

3.3 Experiência, aprendizagem e desenvolvimento

Marton e Booth (1998) lidam com a ideia de experiências de aprendizagem, sem fazerem referência explícita a Dewey. Apesar disso, a ideia de experiência de aprendizagem proposta por esses autores é bastante coerente com a ideia de experiência educativa de Dewey, pois carrega consigo a noção de desenvolvimento do indivíduo pelo alargamento do campo das experiências. Para Marton e Booth, aprendizagem decorre de experiências e tem a ver com a transição entre “não ser capaz” e “ser capaz” de algo, podendo ser caracterizada pelas mudanças nas formas pelas quais o indivíduo interage com o mundo. Trata-se de uma ampliação das possibilidades de ação permitida pelas transformações do próprio indivíduo.

David Kolb (1984) cunhou o termo aprendizagem experiencial em um livro muito difundido nas áreas de Ciências Humanas e Ciências Sociais Aplicadas. A origem dessa ideia de aprendizagem experiencial está nos trabalhos de John Dewey, Kurt Lewin e Jean Piaget. No trabalho de construção teórica inspirado por esses autores, Kolb apregoa que a aprendizagem é um processo de elaboração de conhecimentos a partir da transformação da experiência. Em Kolb, a noção de continuidade e de reelaboração de experiências é proeminente.

Numa exposição da “Pedagogia de Dewey”, Anísio Teixeira (2010) apresenta sua leitura desse autor e destaca que a aprendizagem é um processo que envolve reorganização da ação. Um indivíduo aprende algo quando ele se torna capaz de agir de modo inteligente em situações diversas, diferentes daquelas que lhe possibilitou o aprendizado.

Apoiados em Dewey ou não, Marton e Booth (1998), Kolb (1984) e Teixeira (2010) apresentam elementos do conceito de experiência educativa ao trazerem à discussão definições de aprendizagem. Esses autores têm em comum o fato de reconhecerem a aprendizagem como um processo que envolve reelaboração de experiências, que permite ao indivíduo agir e refletir a respeito das muitas questões que lhes são apresentadas ao longo da vida com referência em experiências passadas.

Dewey concebe a aprendizagem como um processo de desenvolvimento (BRANCO, 2010; POSTHOLM, 2008). Desenvolvimento não denota uma meta fixa a ser alcançada. Em vez disso, refere-se a um processo de conhecer, a partir do qual ação e reflexão em interação possibilitam a ressignificação de experiências. Desse modo, a função da educação formal é favorecer esses processos por meio da constituição de experiências com qualidade educativa (DEWEY, 1966). Entendemos que esses processos de desenvolvimento podem ocorrer quando há o estabelecimento de situações de desconforto produtivo. Desconforto produtivo é a situação em que o estudante, diante de fenômenos, conceitos ou teorias vive perplexidade ou conflito cognitivo e se sente instigado a fazer algo para superar esse mal-estar. Isso se caracteriza como um forte estímulo à interação entre ação e reflexão (DEWEY, 1910; SCHWAB, 1959).

O processo de aprendizagem decorre da atribuição de significados pela experiência. Por isso, a aprendizagem não tem um fim, mas é um fim da educação: “[...] o processo educativo não tem um fim para além de si; ele é o seu próprio fim e [...] o processo educativo é um processo de contínua reorganização, reconstrução, transformação” (DEWEY, 1966, p. 50). Branco (2010) interpreta essa questão da seguinte forma:

Na sua acepção plena, o conceito de experiência é, pois, indissociável do conceito de aprendizagem, enquanto “descoberta das conexões entre as coisas”. A aprendizagem pela experiência, entendida desse modo, constitui a condição para o desenvolvimento de uma personalidade completamente equilibrada (que consegue dar sentido/encontrar o fio condutor entre experiências sucessivas, assim como promover a sua inclusão) (BRANCO, 2010, p. 603).

Cabe ressaltar que a aprendizagem a que Branco se refere decorre das experiências educativas e não de experiências quaisquer.

A visão de Dewey sobre o que é conhecimento também permite esclarecer melhor sua concepção de aprendizagem. Segundo Kruckeberg (2006), Dewey atribui ao conhecimento um caráter dinâmico. Há negação do conhecimento como representação estática. Em vez disso, considera-se a existência de processos de conhecimento. A aprendizagem pela experiência se dá por meio desses processos: “Conhecimento envolve construção, mas de modo a reconstruir a experiência. Dewey mudaria a ênfase para experiência, pois conhecimento não é um fim, mas um meio a ser empregado na experiência, que é a origem e o fim da função do conhecimento” (KRUCKEBERG, 2006, p. 19).

Inspirados pelas ideias de aprendizagem e de desenvolvimento nas obras de Dewey, Girod e Wong (2002) reconhecem que a aprendizagem de conceitos científicos é uma importante característica do ensino de ciências, mas a subordinam a objetivos educacionais mais amplos. Em Dewey, os conceitos científicos são ferramentas que possibilitam a transformação da nossa visão de mundo a partir do estabelecimento de novas relações e de novas possibilidades de ação e reflexão, caracterizando processos de reconstrução e ampliação do campo de experiências (DEWEY, 1966; KRUCKEBERG, 2006). A memorização de conceitos, fatos e fórmulas nada tem de educativo. A aprendizagem conceitual, à luz da teoria da experiência de Dewey, só tem sentido se promove a transformação das experiências dos indivíduos e, por consequência, do contexto em que se dão as ações desses indivíduos (TEIXEIRA, 2010).

Vale destacar que a concepção deweyana de aprendizagem não está assentada apenas em aspectos cognitivos. Aprender também envolve aspectos comportamentais e emocionais (BRANCO, 2010; DEWEY, 1966, 1997; ROTH; JORNET, 2014; TEIXEIRA, 2010; WONG; PUGH, 2001):

Subjacente a essa concepção está a importância concedida por Dewey ao lado não cognitivo da aprendizagem. Para além de envolver um aspecto cognitivo, a aprendizagem possui uma vertente emocional e até dramática, na medida em que corresponde à reconciliação das tensões existentes entre o *self* e o seu contexto, cumprindo uma necessidade vital. A ênfase colocada no processo de aprendizagem traduz-se na importância concedida à inteligência reflexiva, ao desenvolvimento de hábitos de reflexão, que permitam aos indivíduos examinar as suas crenças, testando os seus fundamentos e as suas consequências. Encorajar hábitos reflexivos é promover nos estudantes uma ação com perspectiva, capaz de aumentar o controle dos comportamentos e enriquecer a experiência das coisas e dos acontecimentos, aprofundando o seu significado. É digno de nota o fato de que a construção do pensamento reflexivo pressupõe o desenvolvimento de alguns traços de caráter, nomeadamente a abertura e a responsabilidade, realçando-se as vertentes cognitivas, mas também moral e emocional da inteligência (BRANCO, 2010, p. 605).

O reconhecimento de que a aprendizagem envolve aspectos comportamentais, emocionais e cognitivos está expresso nas condições para a aprendizagem destacadas por Teixeira (2010): para aprender é preciso praticar e querer aprender. Isso significa que o indivíduo não só deve se abrir a novas experiências, como também deve ter a intenção de passar por essas experiências e de refletir sobre suas próprias ações de modo a ressignificar e reconstruir suas experiências. As experiências escolares envolvem o aprendizado não apenas dos conteúdos de cada disciplina, mas também de hábitos, disposições, atitudes, valores, entre outros. Essas são aprendizagens colaterais (DEWEY, 1997). Por isso o meio

social escolar deve ser tão rico e diversificado quanto o meio social extraescolar. Essa é uma forma de favorecer a reelaboração das experiências vividas no ambiente escolar em oportunidades que se dão em ambientes extraescolares.

As ideias de aprendizagem e desenvolvimento aqui discutidas foram fundamentais para a abordagem da quarta questão de pesquisa: identificar indícios de desenvolvimento do pensamento científico que emergem das experiências nas quais os estudantes mobilizam estratégias de domínio geral para solucionarem tarefas de Física. Assumimos o desenvolvimento como um processo. Ao buscarmos evidências de processos de desenvolvimento do pensamento científico, olhamos, na verdade, para a aprendizagem de estudantes decorrente do trabalho de resolução dessas tarefas. Tomamos os indícios de desenvolvimento como “instantâneos” de um processo que revelam momentos de reconstrução de experiências pelos estudantes.

4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

4.1 Considerações gerais

Investigamos experiências de pensamento científico de estudantes do Ensino Médio em um conjunto de aulas de Física nas quais solucionaram tarefas propostas nos Tutoriais de Física Introdutória (McDERMOTT; SHAFFER, 2002). Delimitamos para análise as experiências em que os estudantes mobilizaram estratégias de domínio geral. Como tais estratégias são associadas pela literatura ao pensamento científico, as denominamos experiências de pensamento científico. Procuramos identificar as estratégias de domínio geral mobilizadas pelos estudantes, caracterizar suas experiências de pensamento científico e compreender o papel de elementos do contexto que tiveram impacto significativo sobre essas experiências.

Orientamo-nos pelo paradigma de pesquisa construtivista para conduzir o presente estudo. Assumimos que as interpretações que fizemos dos fenômenos escolhidos para análise representam um entre vários pontos de vista possíveis. Essas interpretações são contingenciadas por nossa experiência em pesquisa, pelos referenciais teórico-metodológicos com os quais dialogamos, pelos pares com os quais nos relacionamos, enfim, com a cultura de pesquisa que integramos. Como destacam Guba e Lincoln, essas “construções não são mais ou menos 'verdadeiras' em qualquer sentido absoluto, mas simplesmente mais ou menos informada e/ou sofisticada (GUBA; LINCOLN, 1994, p. 111)”.

Estruturamos nossa investigação inspirados pela estratégia de estudo de caso. De acordo com Eisenhardt (2002), essa estratégia de pesquisa se ajusta ao estudo de situações únicas. Ela é adequada à análise de fenômenos no seu contexto de ocorrência, sobretudo nos casos em que é tênue a linha que separa fenômenos e contexto (YIN, 2005). Levamos em conta a estratégia do estudo de caso no planejamento da pesquisa, na coleta e na análise dos dados. O estudo de caso pareceu-nos adequado, dado que a complexidade do nosso objeto de investigação não favoreceu a manipulação experimental de comportamentos. Também pareceu-nos adequado tendo em vista que a situação pesquisada é singular, lidamos com fontes de evidências variadas e nos valemos de formulações teóricas anteriores à coleta e à análise dos dados.

Consideramos como caso as experiências de pequenos grupos de estudantes da segunda série do Ensino Médio de uma escola técnica federal na resolução de tarefas de

Física sobre dinâmica newtoniana e hidrostática. Tais tarefas foram inspiradas por estratégias instrucionais baseadas em pesquisas em Ensino de Física. Esse caso se estabeleceu no primeiro trimestre letivo de 2014 na cidade de Belo Horizonte.

Desenvolvemos nossa pesquisa com a perspectiva de possibilitar uma generalização naturalística dos resultados. Com isso queremos dizer que produzimos uma descrição detalhada do contexto de investigação e de todo o processo que levou aos resultados apresentados de modo que o leitor possa se inspirar nesses resultados para agir em seu próprio contexto (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 2004; STAKE, 1994). Como forma de aprimorar nossas interpretações, recorremos a duas estratégias: a) o uso de múltiplas fontes de dados (gravações em áudio e vídeo, registros em caderno de campo, fotografias, materiais produzidos pelos estudantes); b) o questionamento por pares feito em instâncias variadas da comunidade de pesquisa da qual fazemos parte – submissão do trabalho ou de partes do trabalho a colegas pesquisadores do nosso grupo de orientação, a colegas pesquisadores que avaliaram nossas submissões a eventos científicos e a colegas pesquisadores independentes que aceitaram ler e discutir os dados que apresentamos e as análises que fizemos dos mesmos (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 2004; RICHARDSON, 2011).

Como salientamos no primeiro capítulo desta tese, o pensamento científico é predominantemente investigado com base em testes padronizados muitas vezes utilizados em esquemas pré-teste/pós-teste. Esse tipo de investigação tende a tratar o pensamento científico, por exemplo, como um resultado de uma sequência de ensino ou de uma atividade específica. Nosso interesse foi conduzir a pesquisa em outra direção, complementar a esta. Investigamos processos de ensino-aprendizagem reais nos quais o pensamento científico é mobilizado. A pesquisa do processo de desenvolvimento do pensamento científico requer a adoção de um quadro teórico-metodológico que permita apreender e interpretar esse desenvolvimento. Consideramos que o recurso à teoria da experiência de John Dewey e a estratégia de investigação empreendida foram ao encontro dessa especificidade.

Fizemos observações com validade ecológica de uma sala de aula. Esse contexto mostrou-se propício à busca de indícios de mobilização e de desenvolvimento do pensamento científico. Identificamos tais indícios por meio de técnicas observacionais (observação da sala de aula e análise de vídeos e imagens). A observação teve validade ecológica, pois colhemos dados de aulas regulares sem qualquer tipo de alteração ou adaptação por causa do desenvolvimento da pesquisa (COLE, 1996). O contexto se

mostrou propício, pois as atividades desenvolvidas se constituíam em tarefas simples, mas difíceis para o aluno que decidia enfrentá-las sozinho. Essa dificuldade representou um estímulo à colaboração. Consequentemente, além das discussões entre os estudantes ocorrerem, elas eram centradas na resolução das tarefas. Essas circunstâncias criaram, com frequência, oportunidades para a elaboração de argumentos, de defesas de ponto de vista e de explicitação do raciocínio empregado na resolução das tarefas. As dinâmicas de trabalho estabelecidas pelo professor, em especial os momentos em que os estudantes trabalharam nos pequenos grupos e o os momentos em que esses pequenos grupos compartilhavam suas experiências, reforçaram os estímulos à colaboração, à argumentação e ao confronto de ideias.

4.2 Contextualização da coleta dos dados

4.2.1 O contexto de investigação

Conduzimos a investigação no primeiro trimestre letivo de 2014 (fevereiro a maio) em uma turma da 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública federal localizada em Belo Horizonte. Na denominação do Ministério da Educação, trata-se de uma escola técnica vinculada a uma universidade federal e integra a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Essa instituição de ensino oferece formação técnica integrada ao ensino de nível médio nas áreas de Análises Clínicas, Automação Industrial, Eletrônica, Informática e Química.

A escola possui excelente infraestrutura com oficinas, laboratórios e salas-ambiente, todos bem equipados. Os professores possuem à disposição recursos multimídia diversificados (*tablets, notebooks*, computadores integrados com lousa digital, projetores multimídia, equipamentos de som, entre outros). Além dos espaços e recursos oferecidos pela escola, os estudantes interagem com a comunidade universitária, seus espaços e recursos, como, por exemplo, com o sistema de bibliotecas e com pesquisadores e grupos de pesquisas em atividades de iniciação científica Júnior. A escola se organiza em setores de ensino vinculados às disciplinas e aos cursos técnicos. Na verdade, essa organização deixou de ser formal desde 2012, mas se mantém na prática. O corpo docente é altamente qualificado, formado predominantemente por mestres e doutores. Os estudantes contam com acompanhamento de equipe formada por pedagoga, psicólogas, assistente social e auxiliar de enfermagem. Em geral, como parte do apoio pedagógico, os setores de ensino

oferecem plantões para resolução de dúvidas por monitores (estudantes de graduação de área correlata a cada disciplina).

Há duas formas de ingresso na instituição: processo de seleção público ou progressão direta da escola fundamental que corresponde ao colégio de aplicação da mesma universidade. O processo de seleção público é constituído de uma prova de múltipla escolha que versa sobre temas trabalhados no Ensino Fundamental. As vagas ofertadas nesse processo seletivo são destinadas à ampla concorrência e a mais quatro categorias socioeconômico-educacionais de acordo com o tempo de escola pública, renda familiar e raça declarada. Essa seleção é muito concorrida. Há categorias de vagas que chegam a apresentar relação de 50 candidatos por vaga. Os estudantes oriundos do colégio de aplicação da universidade ingressam na 1ª série do Ensino Fundamental por meio de sorteio público. Após concluírem o Ensino Fundamental, são automaticamente transferidos para a escola técnica vinculada à universidade⁶. A maneira como se processa a entrada dos estudantes na escola garante turmas de estudantes bastante heterogêneas em relação ao perfil socioeconômico e às expectativas dos estudantes e de suas famílias em relação à escola.

4.2.1.1 O Setor de Física

O Setor de Física conta com três laboratórios, uma sala-ambiente e um vasto acervo de equipamentos experimentais utilizado tanto nas aulas de laboratório quanto nas aulas de classe. A sala-ambiente concentra algumas das aulas de Física em horários fixos e também é utilizada conforme necessidades específicas, por exemplo, nas aulas de classe em que se utilizam demonstrações.

Esse setor conta com seis professores efetivos (dois mestres em doutoramento e quatro doutores). No ano da coleta de dados, um professor substituto integrava a equipe e um dos professores efetivos atuava como diretor da escola. Todos os professores são envolvidos com pesquisas em Ensino de Física. Dois deles são membros do programa de pós-graduação em Educação da universidade, onde orientam trabalhos de mestrado e doutorado. A qualificação e a atuação do corpo docente beneficiam diretamente os

⁶ O ano de 2017 será o último em que haverá essa progressão direta da escola fundamental para a escola técnica vinculada à universidade. Para entrada em 2018, todos os interessados deverão se submeter ao processo de seleção público.

estudantes, pois os resultados das pesquisas desenvolvidas são traduzidas em inovações educacionais e em melhoria na qualidade do ensino.

O curso de Física é ofertado na 1ª e na 2ª séries do Ensino Médio. O setor se organiza em duas coordenações, uma para cada série. Os professores de cada série se reúnem semanalmente para planejar o curso, discutir estratégias de ensino, reelaborar atividades didáticas e avaliações e tratar de assuntos específicos. Com menos frequência, há reuniões gerais do setor em que todos os professores participam. Entram na pauta dessa reunião geral questões administrativas, de pesquisa e de ensino.

4.2.1.2 A escolha da escola e da turma

Dois aspectos foram decisivos para o desenvolvimento da pesquisa nessa escola. Em primeiro lugar, o Setor de Física se comprometeu desde o final da década de 1990 com o desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes a partir da proposição de atividades desafiadoras, que estimulam a autonomia e demandam colaboração e engajamento cognitivo. No ano de 2003, esse compromisso foi renovado por meio de um projeto de ensino que propunha uma reforma curricular e tinha como uma das metas a promoção do pensamento científico. Participaram da elaboração desse projeto os Professores Antônio Tarciso Borges, Arnaldo M. Vaz, Oto N. Borges e Sérgio Luiz Talim (em ordem alfabética). A partir de 2008, iniciou-se a renovação do quadro de professores com a contratação de docentes por concurso e com a aposentadoria de dois dos quatro idealizadores do projeto de ensino de 2003. Consequentemente, novas ideias e novas concepções pedagógicas foram incorporadas ao curso de Física. Contudo, ainda permeia o curso de Física muito do compromisso da década de 1990 e do projeto de ensino de 2003.

Esse primeiro aspecto atende às demandas metodológicas para desenvolvimento do estudo. Ele vai ao encontro do nosso problema de pesquisa, que é a investigação do processo de desenvolvimento do pensamento científico de estudantes em atividades didáticas de Física.

O segundo aspecto é de cunho pessoal. Tenho vínculo com a escola em que conduzimos a pesquisa desde 2004. Entre 2004 e 2005, fui bolsista de iniciação científica junto ao Setor de Física. Entre 2006 e 2007, fui professor substituto na 3ª série e desenvolvi minha pesquisa de mestrado nas aulas de laboratório de Física da 1ª série. No final de 2010, prestei concurso e, em 2011, tornei-me professor efetivo da escola. Desenvolver a investigação nesse local é uma forma de atender à expectativa institucional

de que os professores desempenhem atividades de pesquisa e contribuam para a melhoria da qualidade do ensino ofertado aos estudantes.

Conduzimos a investigação em uma turma da 2ª série formada por estudantes dos cursos de Eletrônica e de Informática. A turma era composta de 39 estudantes (32 rapazes e sete moças). Eles tinham três aulas de Física de 50 minutos realizadas em classe (100min + 50min) e duas aulas de 50 minutos no laboratório (100min). A escolha da 2ª série para desenvolvimento da pesquisa foi motivada pelos tipos de atividades desenvolvidas regularmente com os estudantes. São atividades construídas com base em resultados de pesquisa em Ensino de Física, que se mostram desafiadoras para os estudantes, demandam colaboração, estimulam o engajamento nas tarefas e foram pensadas para promover o pensamento científico.

Assim, tivemos a oportunidade de investigar uma sala de aula em que as atividades não foram planejadas para a realização da coleta de dados, mas são habitualmente desenvolvidas desde o primeiro dia de aula e fazem parte do currículo do curso desde 2010. Por isso, mesmo os alunos recém-chegados à 2ª série já sabem o estilo das atividades com que deverão se envolver ao longo do ano, pois elas já fazem parte da cultura escolar. A escolha da turma composta de estudantes de Eletrônica e de Informática se deu por duas razões: primeiro, nesses cursos os estudantes têm aulas de laboratório de Física (Análises Clínicas e Química não têm). Inicialmente, a intenção era analisar as aulas de laboratório, mas essa ideia foi abortada, pois tivemos de lidar com a limitação de tempo do doutorado. Por isso, decidimos limitar o cenário de investigação às aulas com tarefas dos tutoriais desenvolvidas em classe. Segundo, entre os dois potenciais professores voluntários, o responsável por essa turma era o que tinha mais experiência com as atividades desenvolvidas na série.

Cabe informar que o professor voluntário, responsável pela turma, é também orientador deste trabalho de pesquisa. A decisão de registrar as aulas desse professor foi discutida e avaliada. O curso de Física da 2ª série contava com quatro professores, sendo eu um deles. Desde o início, estava fora de questão a investigação de minhas próprias aulas. Outro professor, que ocupa cargo de direção na escola, era responsável apenas por aulas de laboratório em 2014. Os demais dois professores estavam em condições de colaborar como voluntários do estudo, sendo um deles o próprio orientador da pesquisa. Como dissemos, o tempo de experiência com as atividades desenvolvidas no curso influenciou nossa decisão. Avaliamos que a interferência entre os papéis de professor da turma e de orientador da pesquisa foi minimizada pelas seguintes razões:

- a) O curso de Física para a turma investigada adquiriu uma configuração estável em 2012. A estrutura de tópicos ao longo do ano, os materiais e as estratégias principais de cada tópico têm sido repetidas ano a ano. Exercícios, problemas, avaliações e recursos didáticos é que têm sido ligeiramente adaptados de um ano para outro conforme a necessidade. Desse modo, a influência imediata da pesquisa sobre as atividades tradicionalmente desenvolvidas foi minimizada.
- b) O professor não teve acesso aos dados ao longo de todo o ano letivo em que ocorreu a coleta. Além disso, nesse ano não houve conversa que envolvesse a análise dos dados nas sessões de orientação. Isso foi feito para evitar que o acesso aos dados influenciasse o desenvolvimento do restante do curso e o relacionamento do professor com os estudantes. Trata-se de cuidado ético com os estudantes voluntários.
- c) A condução e as principais decisões da pesquisa foram – de comum acordo – responsabilidade minha. O antecedente de termos trabalho juntos antes (iniciação científica e mestrado) e o risco do professor voluntário influenciar o processo de investigação fizeram estabelecer esse contrato de orientação para minimizar esse risco.

4.2.1.3 Visão geral sobre a organização curricular do curso de Física (1ª e 2ª séries)

A disciplina Física é ministrada na 1ª e na 2ª séries do Ensino Médio. A organização curricular da 1ª série é comum a todos os cursos. A carga horária da disciplina é de cinco horas-aula semanais, sendo três horas-aula em classe e duas horas-aula no laboratório. No laboratório, os estudantes são divididos em duas subturmas.

A organização curricular da Física da 2ª série é a mesma para os cursos de Automação Industrial, Eletrônica e Informática. Para esses cursos, a carga horária da disciplina também é de cinco horas-aula semanais divididas em três horas-aula em classe e duas horas-aula de laboratório (estudantes em duas subturmas).

Nas duas séries, os estudantes estabelecem contato com diversos tópicos da Física ao longo do ano. Esse tipo de organização curricular não é comum. A distribuição desses tópicos da Física está no QUADRO 3. Note que já na 1ª série os estudantes lidam com outros assuntos além da mecânica. Na 2ª série eles aprofundam em alguns assuntos e também lidam com assuntos inéditos.

QUADRO 3: Tópicos abordados no curso de Física no ano letivo de 2014

		1ª Série	2ª Série
Trimestres	1º	Introdução aos circuitos elétricos.	Dinâmica newtoniana; Hidrostática.
	2º	Modelo atômico e processos de emissão de luz; Introdução à mecânica newtoniana; Transformações e transferência de energia mecânica.	Carga elétrica; Campo, potencial e força elétrica; Ímãs; Campo e força magnética; Indução eletromagnética.
	3º	Transformações e transferência de energia mecânica; Introdução à física térmica; Introdução à ondulatória.	Transformações gasosas e lei dos gases ideais; Os três princípios da termodinâmica; Entropia.

4.2.1.4 As dinâmicas das aulas de Física da 2ª série

Identificamos quatro dinâmicas de trabalho utilizadas pelo professor nas aulas de Física que acompanhamos: as preleções/sínteses, os pequenos grupos, as plenárias e os momentos de registro por parte dos estudantes.

As preleções/sínteses geralmente ocorreram no início e no final de cada aula, mas houve ocasiões em que aconteceram no meio da aula. Nessa dinâmica o professor introduzia assuntos, discutia ideias, destacava e explicava conceitos, tornava explícito o uso de certas estratégias de domínio geral, estabelecia vínculos entre diferentes partes do curso de Física e formalizava as principais ideias, conceitos e estratégias trabalhadas em uma atividade. Embora o professor conduzisse a dinâmica das plenárias/sínteses de maneira predominantemente dialógica, o protagonismo das ações empreendidas era do professor.

A dinâmica dos pequenos grupos predominou na maior parte do tempo das aulas observadas. Os estudantes eram desafiados a buscar soluções para as tarefas propostas. Eles assumiam papel de protagonistas nesse tipo de dinâmica. O professor percorria a sala para observar o andamento das atividades em cada grupo e, quando julgava necessário, fazia intervenções pontuais. A presença do professor também era solicitada pelos grupos de estudantes que enfrentavam dificuldades, não compreendiam as tarefas ou queriam esclarecimentos específicos. As intervenções do professor nos grupos visavam à problematização dos questionamentos dos estudantes. Essa era uma forma de instigá-los a buscarem soluções autônomas para as dificuldades vivenciadas e para os desafios propostos. O professor esclarecia, fazia contrapontos e propunha novas questões, mas não apresentava uma resposta ou solução para os problemas dos estudantes.

Na dinâmica das plenárias o professor atuava como mediador de relatos produzidos pelos grupos de estudantes e de debates entre os diferentes grupos. Elas ocorriam em qualquer momento da aula e eram desencadeadas por motivos diversos como, por exemplo, a necessidade de uniformizar a abordagem de determinada tarefa ou para nivelar o estágio de desenvolvimento de uma tarefa entre os diferentes grupos. Essa dinâmica podia ser estabelecida pelo professor ou demandada pelos estudantes. Em geral, o protagonismo da dinâmica era compartilhado entre professor e estudantes.

Por fim, identificamos a dinâmica de produção de registro escrito pelos estudantes. Nos primeiros encontros do ano letivo, o professor solicitou formalmente essa dinâmica nos minutos finais de cada aula. O estímulo a essa dinâmica ao final das aulas se justificava pela demanda das tarefas por discussões entre os estudantes, o que colocava, em algumas ocasiões, o registro escrito em segundo plano. Percebemos que alguns grupos de estudantes se habituaram a fazer esses registros independentemente dos pedidos do professor. Em geral, isso ocorreu nos grupos que conseguiram estabelecer um sistema de trabalho colaborativo, pois seus integrantes se dedicavam às discussões visando à resolução das tarefas propostas. Com o passar do tempo, o professor deixou de cobrar formalmente a elaboração desses registros, mas alguns grupos já haviam incorporado essa dinâmica.

4.2.1.5 As tarefas da 2ª série no 1º trimestre

Como exibido no QUADRO 3, no 1º trimestre letivo foram abordados dois grandes temas: a dinâmica newtoniana e a hidrostática. Mostraremos, a seguir, no QUADRO 4, o detalhamento das tarefas relacionadas a cada um desses grandes temas. Todos os materiais referentes a essas tarefas foram integralmente disponibilizados no ANEXO A.

QUADRO 4: Descrição das atividades desenvolvidas em sala de aula ao longo do 1º trimestre letivo de 2014

Temas		Atividades de Classe
Dinâmica newtoniana		Tutorial 01/2014: Foram abordadas as 3 Leis de Newton com ênfase na definição operacional de forças e na elaboração de diagramas de corpo livre. Os estudantes elaboraram coletivamente diagramas de corpo livre em folha de papel A3. Essas folhas foram expostas na frente da sala como se fossem posters e os diagramas produzidos foram discutidos em plenária.
		Problema 01/2014: envolveu a elaboração de diagramas de corpo livre com o mesmo padrão daqueles elaborados nas atividades inspiradas pelo tutorial 01/2014. Os estudantes deveriam identificar as forças que agiam sobre os objetos de interesse, identificar o agente e o paciente de cada força, descrever essas forças em palavras e identificar os pares de ação e reação.
		Lista de exercícios 01/2014: continha questões que demandavam a elaboração de diagramas de corpo livre. No conjunto dos exercícios propostos, os estudantes deveriam identificar as forças que agiam sobre os objetos de interesse, identificar o agente e o paciente de cada força, descrever essas forças em palavras e identificar os pares de ação e reação.
Hidrostática	Pressão	Tutorial 02/2014: envolveu a aplicação das 3 Leis de Newton, abordadas anteriormente, na análise das forças que atuam sobre fluidos em repouso com vistas ao desenvolvimento do conceito de pressão. Tratou da definição operacional de pressão, com ênfase no estudo da pressão no interior de fluidos.
		Lista de exercícios 02/2014: continha questões que demandavam dos estudantes a aplicação da definição operacional de pressão e o tratamento (qualitativo e quantitativo) da pressão no interior de fluidos.
	Empuxo	Tutorial 03/2014: envolveu a aplicação das 3 Leis de Newton, abordadas anteriormente, na análise das forças que atuam sobre objetos em fluidos em repouso. Visou à elaboração do conceito de empuxo. Tratou de casos de flutuação sob o ponto de vista do empuxo e das Leis de Newton.
		Lista de exercícios 03/2014: composta por questões qualitativas e quantitativas que demandavam a aplicação do conceito de empuxo e a elaboração de diagramas de corpo livre de objetos imersos em fluidos.

Ao iniciar cada uma das atividades descritas no QUADRO 4, o professor cuidou de fazer pequenas preleções para introduzir os assuntos abordados pelas atividades. Nessas preleções o professor destacou e discutiu brevemente conceitos importantes relacionados às tarefas propostas.

Anteriormente, na primeira série do Ensino Médio, os estudantes também tiveram contato com assuntos situados no âmbito da mecânica, com abordagem diferente daquela usada na segunda série. Em especial, eles participaram de atividades que introduziram as Leis de Newton sob o ponto de vista histórico, que formalizaram os enunciados dessas leis e que relacionaram-nas ao estudo de movimentos unidimensionais.

4.2.2 Eu como parte do contexto de investigação

Além de autor desta tese, responsável pelo desenvolvimento do trabalho de pesquisa, sou professor da escola em que os dados foram coletados. À época da coleta dos

dados, era o coordenador do curso de Física para a 2ª série. Essas diferentes atribuições demandaram planejamento e cautela para que as atividades de pesquisa não comprometessem as atividades de ensino, e vice-versa.

Coordenei o curso de Física destinado à 2ª série entre os anos de 2011 e 2015. A configuração atual do curso se mantém estável desde 2012. Todas as atividades foram desenvolvidas e planejadas em pelo menos um desses âmbitos: nas reuniões de coordenação de série, como parte de um projeto de pesquisa financiado pelo CNPq (JULIO; VAZ; FARIA, 2011), como parte de projetos de pesquisa anteriores. Em 2014, ano em que os dados foram coletados, nenhuma mudança significativa foi implementada no curso. Pequenas mudanças como adaptação em listas de problemas e exercícios, modificação de avaliações e pequenas alterações nos tempos dedicados a cada conteúdo foram feitas em virtude de demandas do ensino e não de pesquisa. Essas mudanças partiram de um coletivo de pessoas e não apenas dos responsáveis pelo trabalho de pesquisa aqui apresentado. Com isso, conseguimos minimizar as interferências no ensino em função das demandas de pesquisa. Além disso, garantimos a validade ecológica dos dados à medida que não introduzimos mudanças nem nas dinâmicas habituais da sala de aula nem nas atividades desenvolvidas nesse espaço (COLE, 1996).

Como coordenador do curso de Física para a 2ª série, os alunos poderiam recorrer a mim para solucionar eventuais problemas. O mesmo poderia ser feito por outras instâncias da comunidade escolar. O compromisso de não utilizar os dados para avaliação dos estudantes foi rigorosamente mantido. Contamos com o Setor de Atenção Escolar para nos auxiliar em quaisquer demandas envolvendo os estudantes da turma de modo que eu não precisasse intermediar qualquer tipo de situação envolvendo esses estudantes. Por fortuna nossa, o trabalho no campo do ensino transcorreu de maneira tranquila ao longo do ano, não demandando intervenção de minha parte enquanto coordenador de série. Apesar de termos uma estratégia traçada para lidar com esses casos, não foi preciso colocá-la em prática.

É importante destacar que, como pesquisador, eu me encontrava numa situação em que fazia parte do contexto a ser investigado. Não era professor dos estudantes, mas participava de outras instâncias do contexto escolar como das reuniões com os colegas professores da mesma série e dos conselhos de classe. Isso permitiu checar interpretações que emergiram ao longo dos processos de coleta e de análise dos dados. Por outro lado, a condição de membro do contexto investigado demandou distanciamento para análise dos dados. Isso foi possível a partir do afastamento do campo, de imersão teórica no trabalho

de análise e da colaboração de colegas da comunidade de pesquisa aos quais submetemos partes do trabalho à avaliação. Tomamos como exemplo as pesquisas de inspiração etnográfica nas quais os pesquisadores fazem esses movimentos de imersão e de afastamento do contexto, assumindo as posturas *êmica* (*insiders*) e *ética* (*outsiders*) em diferentes etapas da pesquisa (GREEN; DIXON; ZAHARLICK, 2005; HAMMERSLEY; ATKINSON, 2007). Vale esclarecer, no entanto, que não conduzimos uma investigação etnográfica.

4.3 Os cuidados éticos e os voluntários da pesquisa

A pesquisa foi submetida à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) no segundo semestre de 2013, aprovada pelo parecer de número 501.148 emitido por esse órgão.

Na 1ª aula do ano letivo de 2014 fui à sala de aula, juntamente com o professor responsável pela turma para apresentar a pesquisa e convidar os estudantes a contribuírem voluntariamente para que pudéssemos realizá-la. Falei sobre a atividade de pesquisador, o tipo de estudo que conduzimos, o potencial dos prováveis resultados desses estudos e o papel dos participantes voluntários. Deixamos claro que o professor da turma era orientador da pesquisa, mas que não teria acesso a qualquer tipo de dado ou informação privilegiada enquanto fosse professor dos estudantes. Em seguida, apresentei nosso interesse de pesquisa, o que pretendíamos com ela, os riscos e benefícios trazidos aos participantes e como seria o processo de investigação. Respondi aos questionamentos apresentados e prontifiquei-me para esclarecimentos futuros.

Entreguei a cada um dos estudantes um termo de assentimento livre e esclarecido (APÊNDICE A) para que pudessem ler e decidir sobre a participação. Como a maior parte desses estudantes era menor, entreguei também um termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE B) dirigido aos responsáveis. Participaram do estudo somente os estudantes que entregaram esses dois termos assinados. Iniciamos a coleta de dados 16 dias após esse contato inicial quando tínhamos em mãos os termos assinados pelos estudantes voluntários e seus responsáveis. No período entre a entrega desses termos e o início da coleta dos dados, permaneci em sala para ambientar com a turma e com a dinâmica de trabalho do professor. Isso também contribuiu para que os estudantes e o professor se ambientassem com minha presença. Neste período não realizei procedimentos de coleta de dados.

Dos 39 estudantes convidados, 29 (23 rapazes e seis moças) se dispuseram a participar como voluntários e tiveram o consentimento dos pais, quando menores. Dos 10 estudantes que não participaram, quatro foram explícitos em declarar que não gostariam de participar. Os demais não declararam explicitamente, mas também não entregaram o termo de assentimento e o termo de consentimento assinados.

Nas aulas, os estudantes se organizavam em grupos de três ou quatro integrantes. Ao todo, eram 10 grupos. Os 29 voluntários se distribuíram em nove dos 10 grupos. Foram automaticamente excluídos do estudo os grupos em que pelo menos um dos estudantes ou seus responsáveis não concordaram com a participação na pesquisa. Utilizando-se esse critério de corte baseado em procedimentos éticos, passamos a lidar com cinco grupos (quatro quartetos e um trio), com total de 19 estudantes, nos quais todos os membros eram voluntários. Coletamos dados somente desses grupos. Durante as filmagens, os grupos que não participaram foram colocados em pontos cegos para a câmera filmadora.

Cabe destacar que um dos grupos que não participou da pesquisa se posicionou na parte frontal da sala, próximo do meio da lousa, desde os primeiros dias de aula. Esse grupo manifestou interesse em permanecer naquele local quando consultados sobre a possibilidade de ocuparem uma região de ponto cego não enquadrada pela câmera. A vontade do grupo foi respeitada sem qualquer tipo de ressalva. Para isso, foi necessário mudar o campo de visão da câmera posicionada no fundo da sala. Por essa razão, não foi possível gravar em vídeo o quadro e as ações do professor em frente ao quadro. Como forma de minimizar os impactos sobre a pesquisa dessa readaptação, fotografamos a lousa ao final de algumas aulas e nos esforçamos para manter registros sistemáticos das ações do professor nesse espaço.

Ao longo de todo o processo de coleta de dados, reavaliamos as estratégias utilizadas de modo a minimizar o impacto gerado por minha presença em sala de aula. Desde o início, tomamos como primordial a manutenção de um ambiente favorável à aprendizagem, no qual os estudantes se sentissem à vontade, ainda que isso implicasse redução da qualidade dos dados coletados ou mesmo o não registro de dados que nos interessaram.

Ao longo do ano de 2014, o professor da turma e orientador desta pesquisa não teve qualquer tipo de acesso aos dados. Também não tratamos qualquer assunto relacionado aos dados nas sessões de orientação. Toda conversa relacionada aos estudantes se deu para fins de coleta de dados, onde assumi o papel de pesquisador e ele o de professor voluntário.

Garantimos o anonimato de todos os voluntários. Associamos nomes fictícios aos participantes. Usamos a estratégia de Julio (2009) para atribuir esses nomes fictícios. Inspiramo-nos em nomes de cientistas importantes de diferentes áreas de conhecimento⁷. Alguns deles foram adaptados para o português. Também omitimos a identificação dos grupos, nomeando-os de maneira aleatória.

4.4 Obtenção dos dados primários

Chamamos de dados primários ou dados brutos os registros obtidos com o auxílio de diferentes instrumentos diretamente das aulas que acompanhamos e que não passaram por qualquer tipo de tratamento ou filtragem para que pudessem ser analisados.

O processo de coleta de dados contou com a participação voluntária de 19 estudantes distribuídos em cinco grupos. Permanecemos em campo ao longo de todo o primeiro trimestre letivo de 2014, entre os meses de fevereiro e abril. Nesse período, as tarefas desenvolvidas em classe abordaram assuntos relacionados à dinâmica newtoniana, com ênfase na definição operacional de força e na elaboração de diagramas de corpo livre (DCL), e à hidrostática (para conferência, ver QUADROS 3 e 4).

Às segundas-feiras, nos primeiros horários da manhã, aconteciam duas aulas de 50 minutos geminadas (sessão de 100 minutos). Às quartas-feiras, após o intervalo da manhã, acontecia uma aula de 50 minutos. Acompanhamos sete aulas de 100 minutos (segundas-feiras) e nove aulas de 50 minutos (quartas-feiras).

Nesse período, fizemos os seguintes registros dessas aulas:

- a) gravações em áudio e vídeo dos grupos de estudantes;
- b) registros em caderno de campo;
- c) fotografias do quadro e de materiais produzidos pelos estudantes (cartazes, cadernos e avaliações).

⁷ Maria, inspirado em Marie Curie, Nobel de química, conhecida por suas pesquisas sobre radioatividade; Rosalinda, inspirado em Rosalind Franklin, biofísica, responsável pela descoberta do formato helicoidal do DNA e pela comprovação da difração dos raios-X; Ada, inspirado em Ada Lovelace, pioneira dos estudos em computação, primeira pessoa a escrever um algoritmo processado por uma máquina; Isaac, inspirado no físico Isaac Newton; Max, inspirado no Físico Max Planck; Ricardo, inspirado no físico Richard Feynman; César, inspirado no físico brasileiro César Lattes; Lise, inspirado em Lise Meitner, física responsável pela descoberta da fissão nuclear.

4.4.1 Gravações em áudio e vídeo

Com as gravações de áudio e de vídeo registramos as interações verbais e não verbais entre estudantes, entre estudantes e professor e entre estudantes e demais elementos constituintes do contexto da sala de aula. Consideramos esses dois tipos de interações no processo de coleta, pois, de acordo com nosso referencial teórico, a experiência dos estudantes é um fenômeno social, constituído a partir da interação do indivíduo com os outros indivíduos e com o mundo material e imaterial do qual faz parte. E sabemos que essas interações não se dão exclusivamente por meio de palavras.

Essas interações verbais e não verbais foram importantes para a pesquisa, pois, ao analisá-las, obtivemos indícios sobre as características das experiências dos estudantes, sobre a influência do contexto nessas experiências e sobre o desenvolvimento do pensamento científico.

Usamos a câmera para registrar cenas dos grupos participantes e o áudio geral da turma durante a resolução das tarefas propostas pelo professor. Os gravadores de áudio permitiram registrar separadamente as conversas de cada um dos grupos. Isso garantiu registros em áudio de melhor qualidade e nos possibilitou acessar as interações verbais grupo a grupo.

Em todos os dias do período de coleta de dados, fomos para a sala 25 minutos antes do início das aulas para preparar e posicionar os equipamentos e organizar as carteiras no espaço da sala, como o professor fez na primeira semana de aula (FIG. 1). Essa distribuição espacial das carteiras faz parte da dinâmica de trabalho do professor e foi inspirada pelas pesquisas que acompanhou e orientou. Os estudantes da turma deram indícios de que compreendiam aquela lógica de organização quando iniciei a coleta dos dados. Um exemplo está na rapidez e destreza com que os estudantes que se voluntariaram a ajudar o professor na distribuição de materiais localizavam os grupos com base em sua numeração.

Os gravadores de áudio foram colocados sobre as mesas de cada um dos cinco grupos participantes. Utilizamos duas câmeras para gravação, uma no fundo da sala virada para frente e outra na frente da sala virada para o fundo. Tínhamos a intenção de que a câmera posicionada no fundo da sala pudesse registrar tanto os grupos participantes quanto o quadro e as ações do professor na frente da sala. No entanto, um dos grupos que não participou como voluntário da pesquisa manifestou desejo de permanecer na frente da sala, onde se posicionaram desde o primeiro dia de aula. Baseado nos princípios éticos que

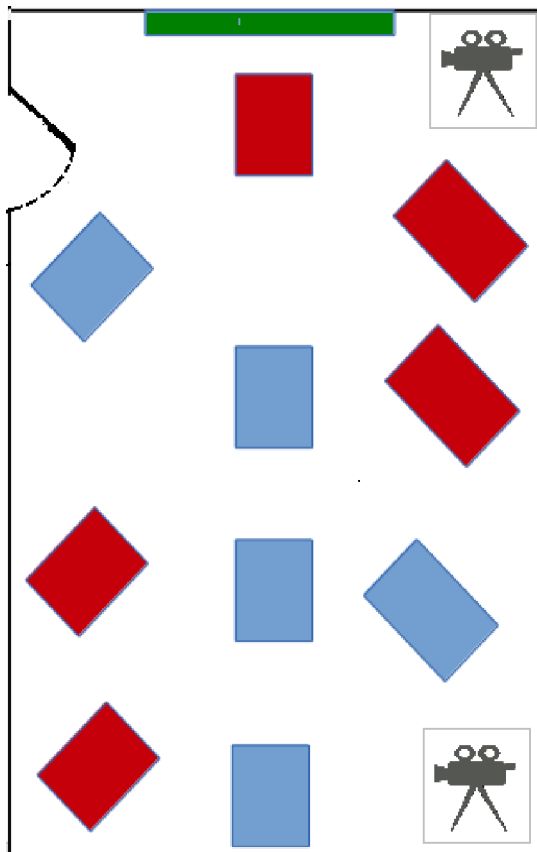
orientaram a pesquisa, criamos um ponto cego no espaço em que esse grupo estava localizado. Por essa razão, não conseguimos registrar o quadro e a movimentação do professor nesse espaço. Embora esse dado fosse importante, reduzimos o impacto dessa perda recorrendo a outros instrumentos de coleta. Outros grupos que não participaram da pesquisa também não foram filmados. Para isso ajustamos as regiões de ponto cego da câmera e contamos com pequenos rearranjos no posicionamento dos grupos (pequenos deslocamentos para frente, para trás ou para os lados). Consultamos os grupos antes de fazer esses rearranjos. Todos esses outros grupos se dispuseram a fazê-lo voluntariamente.

A fim de minimizar os efeitos da minha presença em sala de aula, uma vez posicionadas as câmeras e colocados os gravadores sobre as carteiras, não era realizada qualquer manipulação dos equipamentos, exceto quando solicitado pelos estudantes. Embora os estudantes pudessem interromper as gravações a qualquer momento ou solicitar a interrupção das filmagens, nenhuma ocorrência desse tipo foi verificada.

Ao todo, foram 1.150 minutos de coleta (aproximadamente 19,2 horas). Esse trabalho gerou 38,4 horas de gravação em vídeo e 95,8 horas de gravação em áudio dos cinco grupos acompanhados.

O mapa da sala com indicação dos grupos participantes (azuis), dos grupos não participantes (vermelho), do quadro (verde) e das câmeras está representado a seguir. As câmeras foram colocadas em tripés dispostos sobre mesas. O controle da altura ajudou a melhor ajustar as regiões de ponto cego.

FIGURA 1: Mapa da sala de aula



Fonte: dados da pesquisa.

4.4.2 Registros escritos em diário de campo

Denominamos por diário de campo um caderno comum que mantivemos conosco ao longo do processo de coleta de dados e no qual tomamos nota em tempo real de acontecimentos que julgamos significativos. As notas registradas nesse caderno foram livres, mas ao fazê-las tínhamos as questões de pesquisa em mente. Buscamos registrar informações que pudessem:

- a) chamar a atenção para momentos nas gravações em áudio e vídeo potencialmente importantes para o processo de análise dos dados;
- b) permitir a identificação de tarefas com potencial de levar os estudantes a utilizarem estratégias de domínio geral no processo de resolução;
- c) guardar a memória das impressões pessoais sobre os acontecimentos das aulas;

- d) contribuir para o levantamento de informações sobre as características dos estudantes participantes da pesquisa.

Identificamos cada aula no caderno logo que elas eram iniciadas pelo professor. Informávamos o número da aula (p. ex.: 07/2014), a data, o horário e as atividades desenvolvidas. Em seguida, iniciávamos as anotações. Cada anotação foi marcada com o horário real em que foi elaborada. Como rotina, sempre fazíamos o controle de presença e registrávamos o horário de chegada dos estudantes voluntários da pesquisa. Todas as anotações no caderno foram feitas a partir de um mesmo ponto de vista (ao lado da câmera disposta no fundo da sala). Dessa posição, tínhamos uma visão geral da sala e uma visão mais privilegiada de três grupos participantes que estavam fisicamente mais próximos.

A boa qualidade das câmeras e dos gravadores de áudio que utilizamos contribuiu muito para a qualidade das gravações (dados primários). No entanto, consideramos que a observação presencial das aulas com registro de anotações no caderno de campo foi imprescindível, pois nos permitiu captar informações que dificilmente seriam obtidas com esses equipamentos nas condições em que foram utilizados. Por exemplo, podemos citar as situações em que estudantes participantes voluntários da pesquisa transitaram pela sala em pontos cegos das câmeras. Há também uma espécie de “clima” da aula que é mais bem captado em sua essência por um observador inserido no ambiente de coleta dos dados.

4.4.3 Fotografias

As fotografias dos materiais produzidos pelos estudantes (anotações no caderno de Física, avaliações e cartazes utilizados em apresentações) e das anotações que o professor fazia no quadro ao longo da aula tinham dupla função: a) minimizar as perdas decorrentes da não filmagem das anotações que o professor fez no quadro e das ações do professor na parte frontal da sala; b) qualificar a análise das experiências de pensamento científico dos estudantes no processo de resolução das tarefas propostas nas aulas a partir do recurso às fotografias dos materiais produzidos pelos grupos. Com as imagens desses materiais em mãos tivemos a oportunidade de fazer interpretações mais seguras e contextualizar e exemplificar as análises dessas experiências de pensamento científico.

Todas as fotografias foram feitas após o término das aulas. Cartazes produzidos pelos estudantes e anotações no quadro feitas pelo professor foram fotografadas imediatamente após o término de cada aula. As provas e os cadernos dos estudantes foram

fotografados quando recolhidos pelo professor e antes que ele fizesse qualquer tipo de correção para garantir uma análise independente da ação dele. Fotografamos somente os materiais dos estudantes que participaram da pesquisa como voluntários.

4.5 Apanhado dos dados primários

Terminada a etapa de coleta, tínhamos em mãos significativa quantidade de dados primários, totalizando cerca de:

- a) 100 horas de gravações em áudio associadas a gravações em vídeo (considerando-se os cinco grupos de voluntários);
- b) 200 páginas de anotações em diário de campo (caderno pautado com folhas pouco menores que as de tamanho A4);
- c) 694 fotos dos cadernos dos estudantes, dos cartazes produzidos pelos grupos, de anotações do professor no quadro e de dois testes feitos no primeiro trimestre.

A obtenção desse grande volume de informações não se deu por desleixo ou por falta de critérios. Pelo contrário, houve planejamento a esse respeito. A decisão de coletar maior volume de dados se deveu: a) ao nosso entendimento de que o uso de estratégias de domínio geral pelos estudantes podia não ser frequente e, além disso, o desenvolvimento decorrente das experiências de pensamento científico não é linear. Partimos do princípio de que para observar esses fenômenos precisaríamos prolongar o período de tomada de dados; b) queríamos identificar grupos de estudantes assíduos, pois mudanças na composição dos grupos implicariam mudanças no contexto de desenvolvimento das atividades. Registrar dados de um número maior de grupos nos deu a possibilidade de identificar e de selecionar para análise grupos com essa característica.

4.6 Estratégia de análise dos dados

4.6.1 Definições sobre as aulas tomadas para análise

Já no período de coleta dos dados, tínhamos observado que as tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana foram bastante desafiadoras para os estudantes. Enquanto eles trabalhavam para a resolução das mesmas, conseguimos perceber situações em que os

estudantes se pautaram em evidências para elaborarem seus argumentos; esforçaram-se em usar corretamente as Leis de Newton para pensar os diagramas de corpo livre; organizaram-se colaborativamente para solucionarem as tarefas. Isso era um indicador de que essas tarefas tinham o potencial de estimular os estudantes a mobilizarem estratégias de domínio geral. Essa era uma situação muito favorável tendo em vista os propósitos da pesquisa.

Terminada a coleta dos dados, fomos às anotações no diário de campo e assistimos aos vídeos do grupo A para nos certificar disso. Confirmamos o que tínhamos observado em campo sobre o potencial das tarefas do tutorial de dinâmica newtoniana em promover experiências de pensamento científico.

Desse modo, selecionamos as três aulas nas quais os estudantes trabalharam na resolução dessas tarefas do tutorial sobre dinâmica para análise das experiências de pensamento científico. Essas aulas constituíram a base principal da análise, que compreendeu a identificação das estratégias de domínio geral utilizadas pelos estudantes, bem como a caracterização das experiências em que essas estratégias foram utilizadas. Dito de outra forma, a partir da análise dessas aulas buscamos responder às três primeiras questões de pesquisa.

Obviamente, essa decisão se deu sob a influência do nosso interesse em identificar e caracterizar as experiências de pensamento científico dos estudantes. E também foi reforçada por nosso interesse de investigar o desenvolvimento desse pensamento científico. As primeiras aulas gravadas foram as que os estudantes trabalharam nas tarefas do tutorial sobre dinâmica. Identificar e caracterizar as experiências de pensamento científico tendo como base as primeiras aulas em que coletamos dados ampliou as possibilidades de busca de indicadores de desenvolvimento do pensamento científico, já que tínhamos à disposição as demais aulas do trimestre para isso.

As outras tarefas do trimestre além do tutorial sobre dinâmica, que compreenderam listas de problemas e exercícios, o tutorial sobre pressão e o tutorial sobre o princípio de Arquimedes (relacionadas no QUADRO 4), serviram de base para essa busca de indicadores do desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes. Isso nos permitiu olhar para os estudantes em todas as atividades desenvolvidas em um trimestre letivo a fim de identificar situações que indicassem a reelaboração das experiências de pensamento científico que observamos e caracterizamos nas aulas com o tutorial de dinâmica.

4.6.2 Escolha dos grupos para análise

Selecionamos dois grupos de estudantes para análise. Esse número pareceu adequado, pois poderíamos fazer uma análise detalhada das experiências de pensamento científico dos estudantes e dos indícios de desenvolvimento do pensamento científico ao longo do trimestre. Seria também uma maneira de contrastar grupos diferentes de uma mesma turma e talvez melhorar a análise.

A estratégia para escolha desses dois grupos foi simples. Tomamos como base a assiduidade dos estudantes voluntários da pesquisa no trimestre em que fizemos a coleta dos dados. Contamos o número de aulas em que houve falta de algum estudante dos grupos participantes. Trata-se de uma contagem simples, na qual não distinguimos quantos estudantes de um mesmo grupo faltaram numa mesma aula nem se a aula era de 50 ou 100 minutos (TAB. 1).

TABELA 1: Número de ausências por grupo no trimestre de coleta de dados

Grupo	Ausências
A	0
B	1
C	5
D	7
E	8

O resultado dessa contagem encontra-se na TAB. 1. O grupo A se manteve completo em todas as aulas do primeiro trimestre letivo de 2014. No grupo B, apenas um estudante faltou a uma das aulas do trimestre, ou seja, a configuração do grupo se manteve inalterada na maioria do período de coleta de dados. Os demais grupos tiveram entre cinco e oito faltas. Em função de terem sido os grupos mais assíduos, tendo sua configuração estável no trimestre, elegemos para análise os grupos A e B.

O grupo A era composto de três garotas (Ada, Maria e Rosalinda) e um rapaz (Isaac). Todos faziam a 2ª série pela primeira vez. Isaac e Rosalinda eram estudantes do curso técnico de Informática. Ada e Maria pertenciam ao curso técnico de Eletrônica. Todos foram aprovados na disciplina de Física da 2ª série em 2014, porém Rosalinda foi reprovada em outras disciplinas. No ano letivo seguinte, ela solicitou transferência para o curso técnico de Análises Clínicas.

O grupo B era composto de uma garota (Lise) e três rapazes (César, Max e Ricardo). Os quatro estavam matriculados no curso técnico de Eletrônica. Max era o único

a repetir a 2ª série. Em 2013, ele foi reprovado em Física com nota total anual de, aproximadamente, 30% e baixo índice de frequência. Mas essa não foi sua única reprovação. Ao ser reprovado, Max solicitou transferência para o curso técnico em Análises Clínicas, mas o pedido foi indeferido. Portanto, repetiu a série no mesmo curso técnico.

4.6.3 Construção de dados secundários

Das gravações em áudio e vídeo e das anotações em diário de campo, elaboramos dados de secundários a partir dos quais organizamos o trabalho principal de análise, com vistas às questões de pesquisa a que buscamos responder. Chamamos de dados secundários aqueles obtidos a partir da organização, sistematização e análise dos dados primários. Os dados secundários que elaboramos foram mapas de episódios das aulas com o tutorial sobre dinâmica e transcrições de trechos específicos de alguns desses episódios.

4.6.3.1 Mapas de episódios

A elaboração de mapas de episódios teve como referência os mapas de eventos utilizados nas pesquisas de inspiração etnográfica conduzidas tanto no âmbito da Educação, quanto do Ensino de Ciências (CASTANHEIRA *et al.*, 2000; GREEN; MEYER, 1991; JULIO, 2009). Cabe reafirmar que nossa pesquisa não teve inspiração etnográfica, embora tenhamos recorrido às ferramentas de análise utilizadas em estudos de inspiração etnográfica.

Na literatura em Ensino de Ciências há uma definição de episódio também inspirada pela etnografia educacional que ajudou na elaboração desses mapas de episódios. De acordo com ela, um episódio é caracterizado por “[...] um conjunto coerente de ações e significados produzidos pelos participantes em interação, que tem início e fim claros e que pode ser facilmente discernido dos episódios precedentes e subsequentes” (MORTIMER *et al.*, 2007, p. 61). Usamos as seguintes características ou marcadores para delimitar os episódios das aulas analisadas: as ações dos estudantes, as ações do professor, as interações entre estudantes, as interações entre estudantes e professor, a dinâmica de trabalho na sala de aula e as tarefas abordadas pelos estudantes.

Nossos mapas de episódios consistem em quadros com seis colunas que informam: a) a identificação numérica do episódio; b) o instante de início (hh:mm:ss) e de fim (hh:mm:ss) do episódio; c) a duração do episódio; d) breve descrição de cada episódio; e) o detalhamento das ações e das interações empreendidas pelos estudantes e pelo professor; f) comentários adicionais que permitem contextualizar as informações sobre os episódios, que informam sobre ações dos grupos de estudantes e do professor ou que trazem interpretações sobre os episódios. As linhas dos mapas que correspondem a episódios nos quais houve experiências de pensamento científico foram destacadas. Fizemos esse destaque pela aplicação de cor à célula que contém o número do episódio.

QUADRO 5: Formato dos mapas de episódios

Nº	Localização Temporal (hh:mm:ss)	Duração	Episódio	Detalhamento	Comentários
1	00:00:00 a 00:01:20	01'20"	Alunos entram na sala	Alunos chegam aos poucos e se acomodam nas carteiras. O grupo estava completo antes do início da aula.	

Os mapas de episódios podem ser lidos por completo ou por partes (ex: por linhas ou colunas específicas). A partir da leitura desses mapas, pode-se ter a visão geral do que aconteceu a cada aula (pela coluna episódio) ou pode-se saber as especificidade dos diferentes episódios de uma aula (pelas linhas dos episódios de interesse).

Os mapas de episódios que elaboramos para cada grupo em cada aula foram muito extensos. Ocuparam cerca de duas páginas. Por isso, optamos por colocá-los no APÊNDICE C a fim de tornar mais fluida a leitura do texto do capítulo em que apresentamos a análise dos dados.

Para elaborar os mapas de episódios desenvolvemos os seguintes procedimentos:

- a) Assistimos pela primeira vez às gravações dos grupos A e B nas três aulas com o tutorial sobre dinâmica sem pausar, avançar ou retroceder o vídeo. Passamos o vídeo continuamente, pois essa foi a maneira que encontramos de ter contato inicial mais ágil com os dados primários. À medida que assistimos aos vídeos, tomamos nota das principais ações dos estudantes de cada grupo e do professor.
- b) A partir das notas produzidas com base nos vídeos e nas anotações feitas no caderno de campo, buscamos delimitar os episódios de cada aula, para cada grupo.
- c) Destacamos os episódios em que os estudantes tiveram experiências de pensamento científico.

- d) Tornamos a assistir aos vídeos para conferir as notas e a coerência dos episódios delimitados. Dessa vez pausamos, avançamos e retrocedemos as gravações conforme sentíamos necessidade. Recorremos também às fotografias dos materiais produzidos pelos estudantes e às fotografias da lousa, além das anotações feitas no caderno de campo, para checar interpretações e verificar se não passou algo importante.
- e) Construimos os quadros com os mapas de episódios com base nas anotações que fizemos enquanto assistimos aos vídeos e nas anotações do diário de campo. Nessa etapa, por diversas vezes recorremos às gravações para verificar tantas as informações apresentadas nos mapas de episódios quanto a própria delimitação desses episódios.

4.6.3.2 Transcrições

Fizemos transcrições de trechos de alguns dos episódios em que identificamos experiências de pensamento científico, que são aquelas nas quais os estudantes utilizaram estratégias de domínio geral para solucionar as tarefas que lhes foram propostas. A partir dessas transcrições, buscamos exemplificar fenômenos ou apresentar evidências para sustentar a análise dos dados. Todas as transcrições foram apresentadas no formato mostrado no QUADRO 6.

QUADRO 6: Formato da apresentação das transcrições

Nesse espaço, identificamos a aula, o grupo e o episódio em que se insere o trecho transcrito. Demos informações resumidas sobre as principais condições relacionadas ao andamento da atividade, a fim de que o leitor possa contextualizar a transcrição.			
Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Aluno 1:	Por que é igual? Só para...	Em tom de brincadeira.
2	Aluno 2:	Porque é! Não sei.	

No QUADRO 6 apresentamos informações básicas sobre a situação na qual se insere o trecho transcrito. Numeramos os turnos de fala na sequência da transcrição. Reiniciamos essa enumeração a cada novo trecho transcrito em novo quadro. Julgamos desnecessário dar continuidade à numeração dos turnos de fala, visto que em cada quadro de transcrição informamos a aula, o grupo e o episódio correspondente. Na coluna “turnos de fala”, transcrevemos o conteúdo das falas dos estudantes. Utilizamos a coluna “comentários” para enfatizar a entonação e os gestos associados a algumas falas, nos casos

em que esses aspectos não verbais da comunicação trouxeram informações importantes para a análise dos dados. Também nessa coluna, chamamos atenção para aspectos dos turnos de fala ou de conjuntos de turnos de fala considerados na análise.

4.6.4 Identificação das estratégias de domínio geral⁸

A identificação das estratégias de domínio geral utilizadas pelos estudantes na resolução das tarefas do tutorial de dinâmica se deu em três etapas do trabalho de pesquisa: a) no acompanhamento das aulas e na elaboração de notas de campo; b) enquanto assistimos aos vídeos dos grupos A e B e construímos os mapas de episódios; c) na análise dos mapas de episódios.

Essas três etapas vieram na sequência quando começamos a trabalhar com os dados da pesquisa. À medida que avançamos com a análise dos dados, passamos a articular essas etapas na ordem que se mostrou conveniente para que pudéssemos responder às questões. Por exemplo, quando analisamos os mapas de episódios e encontramos supostos indícios sobre o uso de estratégias de domínio geral pelos estudantes, tornávamos a assistir aos vídeos para conferir nossas interpretações.

Transcrevemos trechos específicos dos episódios em que os estudantes tiveram experiências de pensamento científico. Essa ação permitiu qualificar e exemplificar a análise. Para escolher os trechos que foram transcritos, buscamos identificar os episódios que melhor representavam o tipo de estratégia de domínio geral empregado pelos grupos de estudantes nos demais episódios.

A análise tanto dos dados primários quanto dos dados secundários não se deu de forma desinformada, isto é, independente de construções teóricas. À época, tínhamos conhecimento dos processos de raciocínio lógico e abstrato propostos por Arons (1996), que se mostravam como bons indicadores do pensamento científico, de acordo com o trabalho de revisão teórica e bibliográfica. Também tínhamos conhecimento das diferentes definições de pensamento científico disponíveis na literatura de pesquisa.

⁸ Ao identificar as estratégias de domínio geral empregadas pelos estudantes para solucionar as tarefas de Física sobre dinâmica newtoniana não nos preocupamos em discutir em detalhes os erros conceituais cometidos por eles. Fizemos o mesmo no processo de caracterização das experiências de pensamento científico e de caracterização do desenvolvimento decorrente dessas experiências. Isso pois nosso interesse principal reside na análise das estratégias de domínio geral. Procuramos interpretar os erros conceituais dos estudantes somente nas situações em que essa interpretação fez-se necessária à caracterização das experiências de pensamento científico que eles tiveram.

Adicionalmente, sabíamos que o trabalho de Arons inspirou tanto a concepção dos Tutoriais de Física Introdutória quanto do curso de Física da 2ª série. Esse conhecimento nos favoreceu a identificação dessas estratégias de domínio geral, pois nos deu a oportunidade de nos manter atentos aos indícios de tais processos de raciocínio lógico e abstrato durante o processo de análise. Entretanto, procuramos analisar os mapas de episódios sem um direcionamento específico, a fim de não restringir o número das possíveis estratégias de domínio geral que poderiam ser identificadas.

Identificamos o uso de quatro tipos de estratégias de domínio geral. As definições dessas estratégias, os exemplos de cada uma delas e os exemplos das análises serão apresentados no capítulo seguinte. Optamos por não fazê-lo nesta parte do texto para não misturar para além do necessário elementos de delineamento metodológico com elementos de análise de dados.

4.6.5 Caracterização das experiências de pensamento científico

Tomamos como referência os mapas de episódio das três aulas em que os estudantes lidaram com as tarefas do tutorial de dinâmica para caracterizar suas experiências de pensamento científico. A partir desses mapas, identificamos os intervalos de tempo das gravações em que os estudantes tiveram tais experiências para fazermos uma análise detalhada das mesmas. Transcrevemos trechos desses episódios para embasar e apresentar como exemplo da análise. Utilizamos os registros elaborados pelos estudantes no caderno de Física para checar nossas interpretações e também para qualificar a análise.

Recorremos à teoria da experiência de John Dewey (1997), apresentada no capítulo 3, para caracterizar as experiências de pensamento científico dos estudantes dos grupos A e B. Apoiamo-nos no princípio da continuidade e no princípio da interação para fazer esse trabalho de caracterização. Tomados em conjunto, esses princípios nos permitiram avaliar o potencial educativo das experiências de pensamento científico desses estudantes.

Baseados no princípio da continuidade, procuramos identificar nas experiências de pensamento científico momentos em que os estudantes reelaboraram experiências passadas para solucionar as tarefas que lhes foram propostas; se essas experiências tiveram o potencial de serem reelaboradas no futuro; e se elas envolveram a articulação entre ação e reflexão no processo de resolução das tarefas.

Com base no princípio da interação, buscamos identificar se nas experiências de pensamento científico houve convergência entre as condições objetivas para o

desenvolvimento das tarefas (características das tarefas, as instruções do professor, a organização da classe, etc.) e as condições internas dos estudantes dos grupos (os interesses, as necessidades, os valores, etc.). Inferimos sobre essa interação a partir do engajamento dos estudantes no processo de resolução das tarefas propostas. Consideramos que houve convergência entre as condições objetivas e as condições internas dos estudantes quando houve engajamento desses estudantes nas tarefas. Isso porque o engajamento depende do contexto em que são apresentadas as tarefas. Um contexto favorável leva os estudantes a se engajarem. Entendemos que esse contexto favorável decorre da convergência entre as condições objetivas e as condições internas (ver discussão no capítulo 3).

4.6.6 Investigação do desenvolvimento do pensamento científico

A investigação do processo de desenvolvimento do pensamento científico baseou-se na investigação das experiências dos estudantes em que houve emprego de estratégias de domínio geral para a resolução das novas tarefas que lhes foram propostas ao longo do primeiro trimestre letivo.

Para isso, tomamos as gravações das outras aulas, para além das três aulas iniciais nas quais os estudantes trabalharam nas tarefas do tutorial de dinâmica, para buscar indícios de desenvolvimento do pensamento científico. Identificamos as experiências de pensamento científico dos estudantes nessas outras aulas, orientados pelas anotações no caderno de campo, pelas notas que tomamos ao assistir as gravações e pela identificação das tarefas cuja resolução demandava estratégias e conhecimentos conceituais próximos daqueles demandados pelas tarefas do tutorial sobre dinâmica. Não elaboramos mapas de episódios para essas outras aulas, pois para a análise do desenvolvimento do pensamento científico interessava apenas identificar casos de reelaboração de experiências. Essa identificação em si e seu relato não dependeram da apresentação detalhada dos episódios das demais aulas do trimestre.

A aprendizagem é um processo de desenvolvimento. Em nossa concepção, aprendizagem não é como um resultado. Com base na leitura que fizemos de Dewey (ver capítulo 3), tomamos os casos de reelaboração de experiências como indícios de processos de desenvolvimento do pensamento científico. Consideramos esses momentos de reelaboração de experiências como se fossem “instantâneos” de tal processo de desenvolvimento.

Buscamos identificar se os estudantes recorreram àquelas estratégias de domínio geral e àqueles conceitos empregados na resolução das tarefas do tutorial de dinâmica para solucionar as outras tarefas de Física propostas no primeiro trimestre. Em outras palavras, verificamos se as experiências em curso tomaram algo das experiências anteriores, caracterizando um *continuum* experiencial. Também buscamos identificar se essas novas experiências atenderam ao princípio da interação, ou seja, se foram marcadas pela convergência entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas para a resolução das tarefas. Essa identificação nos ajudou a garantir que tomamos para análise a reelaboração de experiências com potencial educativo.

5 ANÁLISE DOS DADOS

Apresentaremos três análises neste capítulo. Na primeira, interessou-nos quais estratégias de domínio geral os estudantes usaram. Na segunda, o que nos interessou foram as experiências associadas a essas estratégias: as experiências de pensamento científico dos estudantes. Essas duas primeiras análises são complementares. A segunda – que tem papel central neste trabalho – depende dos resultados da primeira. Para empreendê-las, tomamos como referência os dados obtidos dos estudantes envolvidos na resolução das tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana. Finalmente, na terceira análise o que nos interessou foi o desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes ao longo de um trimestre letivo. Por isso, expandimos nossa análise para os dados em que os estudantes trabalharam nas demais tarefas do trimestre. Essas análises serão descritas em separado. A organização dessa descrição ora foi pelo tema em análise, ora foi pelos grupos de estudantes que foram analisados.

5.1 Estratégias de domínio geral nas tarefas do tutorial

Nesta subseção, apresentaremos a análise a partir da qual identificamos as estratégias de domínio geral mobilizadas pelos estudantes para solucionarem as tarefas propostas no tutorial sobre dinâmica newtoniana. Não se trata da análise central deste trabalho, mas nem por isso é menos importante. Seu valor está no fato de que foi por meio dela que respondemos à primeira questão de pesquisa e também nos orientamos ao analisar as experiências de pensamento científico dos estudantes com essas mesmas tarefas. Esta sim foi a análise central e primordial, que apresentaremos na subseção 5.2.

A comunicação está estruturada da seguinte maneira: para cada estratégia de domínio geral identificada apresentaremos a) uma definição operacional; b) um exemplo que bem representa os demais episódios nos quais a estratégia foi empregada para resolução de tarefas; c) um exemplo da análise que levou à caracterização dessa estratégia.

Identificamos quatro estratégias de domínio geral: raciocínio baseado em evidências (RBE), avaliação de linha de raciocínio (ALR), raciocínio com definições operacionais (RDO) e raciocínio hipotético-dedutivo (RHD). Houve episódios em que cada uma dessas estratégias foi mobilizada separadamente. Também houve episódios em que identificamos duas ou mais estratégias no mesmo episódio.

5.1.1 Raciocínio baseado em evidência

O raciocínio baseado em evidência (RBE) empregado pelos estudantes para solucionar tarefas propostas no tutorial sobre dinâmica caracterizou-se por processos nos quais evidências disponíveis foram identificadas e usadas pelos estudantes para embasarem suas afirmações e hipóteses. Não nos referimos especificamente à coordenação entre teoria e evidência nessa definição operacional de RBE. Isso pois nos interessamos também por analisar situações mais elementares nas quais os estudantes basearam-se em evidências para empreender raciocínios para resolução de tarefas sem, necessariamente, darem indícios de que realizaram tal coordenação. Destaca-se que a estratégia de coordenar teoria e evidência é refinada, pois ela apenas se concretiza quando o indivíduo se torna capaz de distinguir teoria de evidência para só então estabelecer relações entre elas (KUHN, 1989; KUHN; PEARSALL, 2000).

O RBE foi a estratégia de domínio geral mais mobilizada nas aulas em que os estudantes solucionaram tarefas sobre dinâmica newtoniana propostas nos tutoriais, tanto no grupo A quanto no grupo B. A mobilização dessa estratégia pelos estudantes se deu no contexto da criação e da discussão de diagramas de corpo livre (DCL) para representar forças que atuavam em diferentes corpos ou sistemas de corpos. Identificamos RBE predominantemente nas dinâmicas de trabalho dos pequenos grupos. Em cada grupo os estudantes colaboraram e buscaram solucionar com autonomia as tarefas propostas.

Exemplificaremos o uso de RBE pelos estudantes pela sequência de turnos transcritas no QUADRO 7. Temos nesse quadro um bom exemplo de RBE, pois os estudantes identificaram evidências disponíveis no texto do tutorial para sustentarem uma hipótese sobre o módulo das forças representadas no DCL. Além disso, esse exemplo representa bem o RBE empregado na resolução das tarefas pelos estudantes dos grupos A e B.

QUADRO 7: Exemplo de raciocínio baseado em evidência (RBE)

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	César:	Por que é igual? Só para...	Quis saber por que o módulo da força de contato que o livro de cima fazia sobre o livro de baixo era igual ao módulo da força peso do livro de cima.
2	Max:	Por quê? É... Não sei.	
3	César:	Por que, pessoal?	Dirigiu-se a Ricardo e à Lise.
4	Lise:	A soma das duas seria igual ao tamanho da outra?!	Sugeriu que a força normal que a superfície exercia sobre o livro de baixo era igual à soma da força peso do livro de baixo com a força de contato sobre o livro de baixo feita pelo livro de cima.
5	Ricardo:	A soma das duas tinha que ser igual à normal. Para zerar, porque o livro está em repouso.	RBE
6	Lise:	Por isso que a P é igual à N. Porque ele zera. Então, a soma das duas de baixo daria o tamanho da N.	RBE

Aula 08/2014 – grupo B – episódio 19: os estudantes trabalharam na tarefa do tutorial 01, parte II, item B (ANEXO A). Eles discutiram sobre a magnitude relativa das forças que atuavam sobre um livro pequeno colocado sob um livro maior. Os estudantes chamaram o livro de baixo de L_1 e o livro de cima de L_2 .

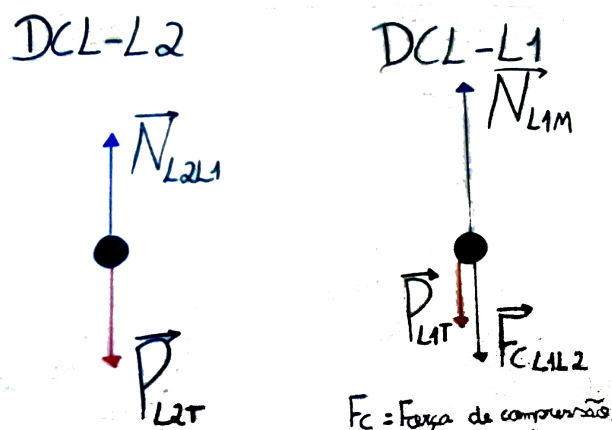


O uso de evidência pelos grupos para sustentarem afirmações e hipóteses, como visto no QUADRO 7, envolveu a construção e avaliação de argumentos. Os argumentos elaborados pelos grupos de estudantes continham, pelo menos, a seguinte estrutura mínima: uma afirmação baseada em dados (evidências), cuja relação entre dados e afirmação era estabelecida por uma justificativa.

A discussão transcrita foi iniciada por César, que queria saber por que o módulo da força peso exercida sobre o livro de cima pela Terra (\mathbf{P}_{L_2T})⁹ era igual ao módulo da força de compressão exercida sobre o livro de baixo pelo livro de cima ($\mathbf{F}_{CL_1L_2}$). Lise e Ricardo no 4º e no 5º turnos de fala, respectivamente, não responderam exatamente a questão apresentada por César. As respostas dos dois enfatizaram a relação entre os módulos das seguintes forças no diagrama DCL-L1 (FIG. 2): $N_{L_1M} = P_{L_1T} + F_{CL_1L_2}$.

⁹ Recorremos à formatação em negrito para representar as grandezas vetoriais.

FIGURA 2: DCL elaborado em folha A3 pelo grupo B: tutorial 01, parte II, item B



N: força normal; P: força peso; Fc: força de compressão¹⁰; L₁: livro de baixo; L₂: livro de cima; T: Terra; M: mesa.

Fonte: dados da pesquisa.

No quinto turno de fala, Ricardo apresentou o repouso do livro como evidência (dado) para afirmar que $N_{L1M} = P_{L1T} + F_{CL1L2}$. Ao dizer “para zerar”, Ricardo justificou a relação que estabeleceu entre a evidência e sua afirmação. Essa justificativa foi baseada na 1ª Lei de Newton, pois considerou que é nula a soma das forças que atuam sobre um objeto em repouso.

No sexto turno, vemos o esforço de Lise para justificar a relação entre a afirmação e a evidência apresentadas por Ricardo. Lise faz isso a partir da comparação de dois DCLs distintos: o DCL do livro pequeno sozinho sobre a mesa com o DCL do livro pequeno sob um livro maior. Com base na análise de que $P = N$ no diagrama do livro pequeno sozinho sobre a mesa (tutorial 01, parte II, item A), Lise buscou sustentação para a relação $N_{L1M} = P_{L1T} + F_{CL1L2}$ proposta por Ricardo.

Nos demais episódios em que houve mobilização de RBE, assim com nesse episódio, os estudantes dos grupos A e B trabalharam colaborativamente para solucionar as tarefas: eles se envolveram no processo de construção de argumentos; ouviram uns aos outros com respeito; apresentaram contribuições para a solução das tarefas propostas; mostraram-se corresponsáveis pelas ações empreendidas no processo de argumentação. Por

¹⁰ Nome dado pelos estudantes. Força de compressão possui um significado específico na Física que não corresponde ao fenômeno representado. A força a que os estudantes se referem é uma força de contato que o livro de cima faz sobre o livro de baixo.

isso, afirmamos que a mobilização de RBE foi um processo colaborativo nos dois grupos analisados. Essa colaboração emergiu das dinâmicas de trabalho nos pequenos grupos.

5.1.2 Avaliação de linha de raciocínio

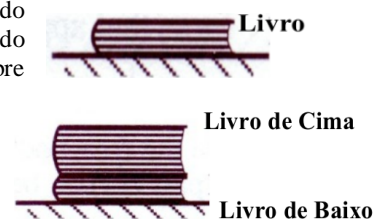
A avaliação de linha de raciocínio (ALR) caracterizou-se pela apreciação qualitativa feita pelos estudantes da linha de raciocínio empregada por eles mesmos na resolução das tarefas propostas. Essa apreciação enfocou a apropriação de conceitos, teorias e leis empregados nas discussões para determinação das forças que compoariam os DCLs e das características dessas forças.

A estratégia de ALR foi a segunda mais mobilizada pelos estudantes dos grupos A e B enquanto trabalharam nas tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana. Há outra estratégia empatada com a ALR quanto número de mobilizações nessas mesmas aulas. Trataremos dela na próxima subseção.

A sequência de turnos de fala transcrita no QUADRO 8 é um exemplo de ALR que representa bem os outros casos em que essa estratégia foi mobilizada pelos estudantes dos grupos A e B. Trata-se de uma situação na qual um dos membros do grupo detectou uma incoerência entre o DCL produzido, as evidências apresentadas no tutorial e as Leis de Newton.

QUADRO 8: Exemplo de avaliação de linha de raciocínio (ALR)

Aula 09/2014 – grupo A – episódio 14: estudantes trabalharam na tarefa do tutorial 01, parte II, item C. Nessa tarefa, eles deveriam comparar o DCL do livro pequeno sozinho sobre uma mesa com o DCL do livro pequeno sobre uma mesa na situação em que um livro maior foi colocado sobre ele. Deveriam também identificar quais forças mudaram e quais forças permaneceram iguais de uma situação para a outra. Os DCLs comparados foram elaborados pelos próprios estudantes.



Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Ada	No nosso gráfico as coisas permaneceram as mesmas. Mas eu acho que a normal ficou maior e tem uma força...	ALR
2	Rosalinda	Gráfico?	
3	Ada	No nosso diagrama... As coisas permaneceram as mesmas na parte A e na parte B. Mas eu acho que não permaneceram. Eu acho que a normal aumentou e a força... E teve outra força [risos]... E teve uma força do livro de baixo também... Eu acho! A gente não representou...	ALR Apontou para a folha A3 sobre a carteira. Ao não encontrar palavras, começou a batucar na mesa. Colegas riram da situação.
4	Rosalinda	Não. Aumentou sim...	Quis dizer que representaram o aumento da força normal. Disse isso ao comparar erroneamente o DCL do livro de baixo com o DCL do livro de cima, em vez de comparar o DCL do livro pequeno sozinho sobre uma superfície com o DCL desse livro pequeno sob um livro grande.
5	Isaac	Eu acho também.	Pareceu concordar com Ada.
6	Rosalinda	Essa seta é menor do que essa.	Apontou para os DCLs do livro de baixo e do livro de cima na folha A3.
7	Ada	Não!	
8	Rosalinda	Aqui tem como você ver que é. Pelo menos está desenhado menor.	Apontou para a folha A3. Comparou as forças normais do livro de baixo e do livro de cima.
9	Ada	Rosalinda, esse livro aqui é o livro de baixo. Esse dois [livro dois] aqui é o livro de baixo.	Apontou para a folha A3 enquanto falava.
10	Rosalinda	Esse livro é o de cima e esse é o de baixo. Aqui o livro está fazendo...	O que considerou como DCL do livro de cima era o DCL do livro de baixo, e vice-versa.
11	Ada	Não. Esse é o de cima. Esse que é o de baixo.	Fez a correspondência correta dos DCLs com os livros.
12	Rosalinda	Ah, então a gente foi muito idiota.	
13	Ada	Por quê?	
14	Rosalinda	Por que essa aqui é maior do que essa quando?	Referiu-se às forças peso do livro de cima e do livro de baixo.
15	Isaac	Porque o livro de cima tem maior massa.	
16	Ada	É o que eu estou falando. A gente não mudou nada aqui. E a gente concordou com isso [inaudível].	ALR Mostrou para os colegas que a força normal nos DCLs do livro de baixo e do livro sozinho sobre a mesa estavam iguais.

Esse caso de ALR representa bem os outros casos, por terem em comum o fato de que um membro do grupo identificou o erro, comunicou aos colegas e apresentou uma proposta para solução do erro. Porém, as consequências da ALR não foram as mesmas em

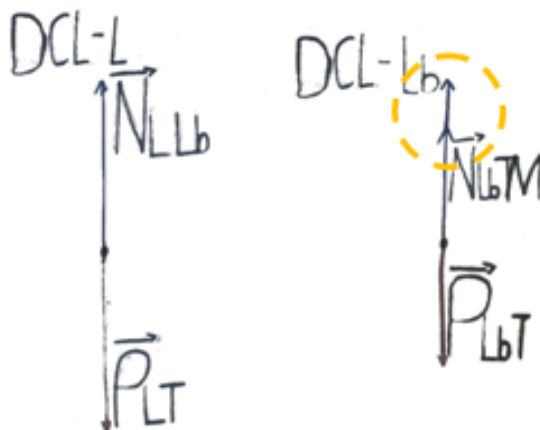
todos os casos em que esse tipo de estratégia foi utilizada. Com isso queremos dizer que a ALR por um dos estudantes teve implicações diferentes para o desenvolvimento das tarefas pelo grupo. Identificamos três tipos de desdobramentos gerados pela ALR:

- a) O erro relatado foi discutido pelos membros do grupo com convergência para uma solução comum elaborada colaborativamente. Nesses casos, houve compartilhamento da avaliação da linha de raciocínio entre os membros do grupo;
- b) o erro relatado foi discutido pelos membros do grupo sem convergência para uma solução comum;
- c) a proposta de solução do erro apresentada por quem o identificou foi acatada pelos colegas de grupo sem discussão.

Nesse trecho de transcrição do QUADRO 8, temos indícios de que Ada avaliou os DCLs produzidos pelo grupo, o que possibilitou a identificação de incoerência: O DCL do livro sozinho sobre a mesa não poderia ser igual ao DCL desse mesmo livro sobre a mesa com outro livro por cima dele. Ao avaliar o DCL, a estudante também avaliou a linha de raciocínio que o grupo tomou para elaborá-lo. Afinal de contas, o DCL produzido e as ideias que orientaram sua elaboração estavam relacionados.

O grupo de estudantes não conseguiu convergir para uma solução do problema relatado por Ada. O erro por ela relatado era simples, mas conceitualmente difícil de ser abordado. Ada não apenas identificou e alertou os colegas de grupo sobre o erro, como também descreveu as mudanças que deveriam ser feitas no DCL para torná-lo coerente com o fenômeno físico a ser representado: incluir a força de contato que o livro de cima fazia sobre o livro de baixo e aumentar o módulo da força normal que a mesa fazia sobre o livro de baixo de modo a manter nula a resultante das forças (turnos 1 e 3). Os colegas tiveram dificuldade em compreender o ponto de vista de Ada, embora tenham mostrado aparente concordância com a ideia de que a força normal sobre o livro de baixo deveria ser maior que a força normal sobre esse mesmo livro sozinho sobre a mesa (turnos 4 e 5). Nesse caso específico, pareceu-nos que Isaac, Maria e Rosalinda tiveram dificuldade em considerar os agentes das forças, em articular esses agentes para elaborar o DCL e em identificar os corpos que interagiam com o livro em contato com a superfície da mesa (objeto de interesse). A FIG. 3 mostra a versão final do DCL elaborado pelo grupo A na folha A3:

FIGURA 3: DCLs elaborados em folha A3 pelo grupo A: tutorial 01, parte II, item B



N: força normal; P: força peso; L: livro de cima; Lb: livro de baixo; T: terra; M: mesa.
 Fonte: dados da pesquisa.

No diagrama identificado como diagrama de corpo livre do livro de baixo (DCL- L_b), destacamos a área do círculo pontilhado. Esse círculo pontilhado chama a atenção para a ampliação do módulo do vetor N_{LbM} usado para representar a força normal sobre o livro de baixo. Trata-se de um único vetor e não de dois, como parece. Essa ampliação decorreu da ALR feita por Ada. No entanto, o grupo não representou a força de contato do livro de cima sobre o livro de baixo, também indicada por Ada. Como está, o DCL sugere que a força resultante sobre o livro é diferente de zero, já que $N_{LbM} > P_{LbT}$ (antes dessa ampliação feita pelos estudantes o módulo dessas forças eram iguais). Isso contradisse a evidência apurada pelos estudantes de que o livro estava em repouso.

É interessante notar que o módulo dessa força normal que atua sobre o livro de baixo ficou igual ao módulo da força normal que atua sobre o livro de cima $N_{LbM} = N_{LLb}$. Isso decorreu da dificuldade dos estudantes em considerar que no livro pequeno colocado sob um livro maior há duas forças verticais e para baixo. Ora pareceram desconsiderar a ação da força peso sobre esse livro pequeno, ora pareceram desconsiderar a ação da força de contato do livro grande sobre o livro pequeno. Isso pareceu consequência da dificuldade conceitual vivenciada pelos estudantes.

5.1.3 Raciocínio com definições operacionais

O raciocínio com definições operacionais (RDO) caracterizou-se pelo recurso dos estudantes à definição operacional de força para solucionar as tarefas que demandaram elaboração, verificação e correção de DCL. Apropriamo-nos da ideia de definição operacional com base nos trabalhos de Lillian McDermott e Peter Shaffer (2000; 2002) e do trabalho de Arnold Arons (1996). Estes, por sua vez, parecem ter se inspirado no físico Percy Bridgman (1927), considerado por muitos o precursor da ideia de definição operacional. Para Bridgman, uma definição operacional consiste no conjunto de operações que informam como detectar ou medir algo que é objeto da definição.

A apropriação que McDermott e Shaffer (2000; 2002) e Arons (1996) fizeram de definição operacional explica a concepção desses autores de que primeiro se deve ensinar as ideias por trás dos conceitos, para posteriormente nomeá-los. Embora para Bridgman (1927) as definições operacionais tenham caráter quantitativo, para aqueles autores há também definições operacionais de caráter qualitativo. Por exemplo, a definição operacional de força, em termos qualitativos, pode envolver a compreensão dos efeitos que podem ser gerados por forças aplicadas a um objeto.

As definições operacionais utilizadas pelos estudantes dos grupos A e B tiveram caráter predominantemente qualitativo. Elas foram tomadas por eles para, por exemplo, decidirem sobre a inclusão ou não inclusão de forças nos DCLs, bem como para descrever as forças representadas. Com o emprego dessa estratégia, os estudantes também experimentaram oportunidades de refinar ou repensar a definição operacional que tinham sobre esse conceito.

Apresentamos no QUADRO 9 a transcrição de um trecho do episódio 8 da aula 08/2014 para exemplificar o RDO. Nesse exemplo, os estudantes trabalharam com a definição operacional de força para discutir a magnitude relativa das forças que atuavam em um livro em repouso sobre uma mesa.

QUADRO 9: Exemplo de raciocínio com definições operacionais (RDO)

Aula 08/2014 – grupo A – episódio 8: Estudantes trabalharam no tutorial 01, parte II, item A. Eles elaboraram o DCL de um livro colocado sobre uma mesa. Os estudantes discutiram sobre a determinação da magnitude relativa dos vetores força normal e força peso que atuavam sobre o livro. Essa discussão foi interrompida quando o professor estabeleceu uma plenária envolvendo toda a turma.



Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Ada	Gente, essa pergunta número 2 da letra A. Como é que determina a magnitude da força?	
2	Isaac	Uai...!? Oi?	
3	Ada	Lê aí.	Tutorial 01, parte II, item A2: “Que observação pode ser feita para que você possa determinar a magnitude relativa das forças que agem sobre o livro.”
4	Rosalinda	Eu acho que a...	
5	Isaac	Do mesmo tamanho, uai?	
6	Ada	Ah, primeiro a Rosalinda termina aí e depois a gente discute isso.	
7	Isaac	Elas têm que ser iguais, porque elas se anulam.	
8	Ada	Elas não se anulam. Força normal não é reação da força peso, em hipótese nenhuma. Tira essa ideia da sua cabeça!	RDO Ada considerou que as forças peso e normal não formam um par de ação e reação. Apresentou essa ideia para justificar sua afirmação de que essas forças não se anulam. Isso nos fez pensar que Ada considerava que forças envolvidas em pares de ação e reação se anulam.
9	Isaac	Elas se anulam...	
10	Ada	Elas não se anulam.	Diminuiu o volume da voz.
11	Isaac	Claro que se anulam.	Quase inaudível.
12	Ada	Uma não é reação da outra. Uma não tem nada a ver com a outra.	Diminuiu o volume da voz ainda mais.
13	Isaac	Mas força de ação e reação não se anulam.	RDO Recorreu à definição operacional de par de ação e reação para contra-argumentar com Ada.
14	Ada	Não. Mas tipo... Elas não são... Elas não se anulam!	Mostrou-se confusa.
15	Isaac	Calma, Ada... Claro, ué. Elas são de mesmo sentido... Mesmo tamanho... Direções diferentes... A resultante vai ser zero.	Trocou o significado dos termos direção e sentido, mas o raciocínio empregado nos pareceu fisicamente correto.

A discussão apresentada no QUADRO 9 exemplifica bem o RDO empreendido pelos grupos, pois se trata de um caso em que os estudantes recorreram ou tentaram recorrer à definição operacional de força para solucionar uma das tarefas propostas no tutorial. Essa é a característica que une todos os demais casos em que esse tipo de estratégia foi mobilizada.

Arons (1996) propõe que a definição operacional do conceito de força seja construída progressivamente a partir da abordagem e da interpretação das três Leis de

Newton. Pela integração das três leis e de ideias a elas relacionadas é que os estudantes se tornam capazes de construir uma definição operacional robusta do conceito de força.

O que vemos no QUADRO 9 é uma situação em que ocorrem dois fenômenos simultâneos relacionados à progressão sugerida por Arons: os estudantes se esforçaram em usar uma definição operacional de força para tratarem da magnitude relativa das forças que agiam sobre um livro numa condição específica. Nesse esforço houve articulação da ideia de pares de ação e reação, bem como da condição de equilíbrio de translação de um corpo; ao mesmo tempo, os estudantes experimentaram um processo de desenvolvimento dessa definição operacional.

Entre os turnos 1 e 7, ocorreu a apresentação por Isaac da ideia de que as forças normal e peso eram iguais, pois deveriam se anular. Inferimos que esse estudante pautou-se pela evidência do repouso do livro para fazer essa afirmação, pois essa condição de repouso implicava que a força resultante sobre o objeto deveria ser nula. No turno 8, Ada recorreu à ideia de par de ação e reação, que constitui a definição operacional de força, para embasar sua discordância em relação a essa proposição feita por Isaac. Ada afirmou que as forças normal e peso não se anulavam, pois não formavam um par de ação e reação.

Há contradição no trato por Ada com a definição operacional de força. Por um lado, a estudante estava correta ao afirmar que normal e peso não constituem um par de ação e reação. Inferimos que a estudante considerou que os pares de ação e reação não atuam num mesmo corpo, pois ela declarou isso explicitamente em outros momentos. Por outro lado, o fato de essas forças em questão não constituírem um par de ação e reação não significava a impossibilidade delas se anularem. O que ocorria era justamente o contrário. Por não constituírem um par de ação e reação, havia a possibilidade dessas forças se anularem, já que atuavam sobre um mesmo objeto. Essa contradição que acabamos de mostrar foi percebida por Isaac e declarada por ele aos colegas no turno 13. Em seguida, o modo hesitante como Ada se posicionou no turno 14 sugere que a estudante sentiu-se confusa. Por fim, no turno 15, para reafirmar que as forças peso e normal se anulavam, Isaac articulou outros elementos da definição operacional de força (módulo, direção e sentido) ao que disse com base na evidência do repouso do livro e com base nas ideias da 1ª Lei de Newton.

Nossa análise sugere que Ada falhou ao utilizar a definição operacional de força para estruturar seu raciocínio sobre a magnitude relativa do peso e da normal. Embora haja possibilidade de que essa falha tenha ocorrido por descuido, a hesitação de Ada no turno 14 sugere dificuldade em tomar a definição operacional de força para pensar uma solução

para a tarefa. Entendemos que a dificuldade de Ada e o modo como a discussão evoluiu são evidências de que a estudante e, conseqüentemente, o grupo experimentaram uma oportunidade de desenvolvimento dessa definição operacional.

5.1.4 Raciocínio hipotético-dedutivo

Na literatura, o raciocínio hipotético-dedutivo (RHD) é definido como aquele no qual se empregam ideias gerais, leis e teorias para prever o comportamento de um sistema, tendo condições particulares como ponto de partida: “[...] dada uma situação particular, aplicar conhecimentos relevantes de princípios e restrições e visualizar, no abstrato, os resultados plausíveis que podem surgir de várias mudanças que alguém possa imaginar impor sobre o sistema” (ARONS, 1996, p. 381). Anton Lawson (2000; 2003; 2010) considera que o raciocínio hipotético-dedutivo é uma marca do pensamento científico. Essa proposição decorre da análise de casos notáveis de processos de descobertas científicas. Para esse autor, o raciocínio hipotético-dedutivo é caracterizado pelo padrão “se... e... então... e/mas... portanto...”. O termo “se” refere-se à formulação de hipótese “e” à apresentação de proposições adicionais ou de testes; “então” está associado às previsões; “e/mas” envolve a colocação dos resultados observados em perspectiva; e “portanto” envolve as conclusões. Contudo, nem sempre o raciocínio hipotético-dedutivo de estudantes pode ser caracterizado por esse padrão completo. É muito comum que ele se enquadre num padrão simplificado “se... e... então” ou “se... então... portanto”. O padrão de raciocínio hipotético-dedutivo proposto por Lawson tem sido utilizado para avaliação de situações de ensino-aprendizagem (LOCATELLI; CARVALHO, 2007).

Constatamos que o RHD mobilizado pelos estudantes caracterizou-se pelo uso das Leis de Newton para prever como objetos de interesse, cujos diagramas de corpo livre deveriam ser elaborados, se comportariam considerando-se alterações nas condições iniciais a que esses objetos estavam submetidos. O que fizemos, portanto, foi identificar essas situações específicas nas quais os estudantes imaginaram mudanças possíveis nesse conjunto de condições iniciais, bem como as conseqüências provocadas por essas mudanças. Usamos o modelo de Lawson para analisar esses casos.

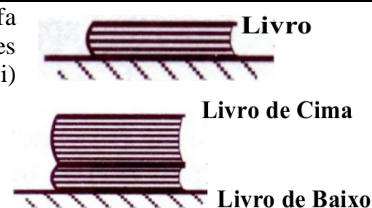
O raciocínio hipotético-dedutivo foi a estratégia de domínio geral menos utilizada pelos estudantes do grupo A e do grupo B na sequência de atividades sobre as Leis de Newton. Essa estratégia foi observada quando os estudantes queriam mostrar por que um diagrama de corpo livre (DCL) tinha que ser de determinada maneira e não de outra. Para

isso, eles utilizaram teorias e modelos para antecipar as consequências sobre o comportamento dos objetos de interesse representados pelos DCLs provocadas por mudanças introduzidas nas características das forças representadas.

No QUADRO 10, transcrevemos um trecho de discussão protagonizado pelos estudantes do grupo B. Nesse trecho, os estudantes compararam as forças que atuavam sobre um livro sozinho sobre a mesa com as forças que atuavam sobre esse mesmo livro quando um segundo livro foi posto sobre ele.

QUADRO 10: Exemplo de raciocínio hipotético-dedutivo (RHD)

Aula 09/2014 – grupo B – episódio 12: Estudantes trabalharam na tarefa proposta no tutorial 01, parte II, item C (disponível no ANEXO A). Eles deveriam comparar o DCL de um livro pequeno em duas situações: (i) quando sozinho sobre uma superfície horizontal e (ii) quando sob um livro maior sobre a mesma superfície horizontal. O trecho transcrito se iniciou após a leitura por César do enunciado do item C.



Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Lise	A normal continuou a mesma.	
2	César	A força peso continuou a mesma.	
3	Lise	A peso não continuou a mesma não... O peso muda.	Lise e César olharam para o DCL desenhado na folha A3.
4	César	O peso muda?	
5	Max	Não. O peso continua o mesmo.	
6	César	O peso continua o mesmo.	Apontou para o livro pequeno nas duas situações: quando sozinho e quando sob um livro maior. Lise ficou pensativa com olhar fixo na folha A3.
7	Max	Porque esse aqui deveria ser igual a esse.	
8	Lise	Então a peso continua a mesma aqui?	Apontou para o DCL da folha A3.
9	César	O que muda é a força de compressão.	
10	Max	E a força normal, velho.	
11	César	A força normal continua a mesma.	
12	Max	Não...	César olhou para o DCL na folha A3.
13	César	A força normal continua a mesma, não?	
14	Lise	Se for olhar para esse gráfico [DCL] continua, mas ele está errado...	Apontou para o DCL na folha A3.
15	Max	Não, mano! Não continua.	
16	César	Se for olhar por aqui continua.	Mostrou o DCL da folha A3.
17	Max	Pois é, mas não deveria ser o mesmo.	Estudantes perceberam erro no DCL.
18	César	Por quê? Porque uma...	
19	Max	Porque a normal aumenta quando você coloca o segundo livro. Senão o negócio...	RHD.
20	César	Aumenta o negócio...	
21	Lise	Então a força normal aumenta?	
22	César	Ela tende a ser... Ela aumenta.	
23	Max	Senão esse negócio ia sair flutuando... Ia ser uma coisa bizarra.	RHD Imaginou uma implicação para a situação física representada caso a força normal sobre o livro de baixo não aumentasse.

Esse caso trazido como exemplo de uso de RHD representa bem os demais casos, pois eles têm em comum o fato de que os estudantes imaginaram o efeito sobre o comportamento de um objeto de interesse caso fosse alterada alguma condição a que esse objeto de interesse estava submetido. A antecipação das consequências de mudanças impostas sobre o objeto de interesse foi realizada tendo-se como base as Leis de Newton.

A elaboração do RHD se deu entre os turnos de fala 19 e 23. Apoiado nessa estratégia de domínio geral, Max buscou qualificar seu argumento a favor da visão de que a força normal que a mesa exercia sobre o livro menor aumentava quando um livro maior era colocado sobre ele. O raciocínio de Max pode ser caracterizado pelo padrão “se... e... então...”:

Se: você coloca o segundo livro...

e: o livro pequeno continua em repouso... [proposição apresentada antes desses turnos de fala]

então: a normal aumenta... Senão esse negócio ia sair flutuando.

Max cometeu um equívoco ao pensar nas consequências sobre o comportamento do objeto de interesse decorrentes da manutenção do módulo da força normal que atuava sobre o livro menor quando um livro maior era posto sobre ele. Esse erro se deu ao propor que o livro menor, colocado sobre a mesa, sairia flutuando caso a força normal exercida sobre ele não aumentasse quando um livro maior fosse colocado sobre esse livro menor. Na verdade, o livro “afundaria” na mesa, já que haveria uma força resultante para baixo. Contudo, ao fazer esse exercício mental, Max identificou que o objeto de interesse (o livro menor) se comportaria de forma diferente daquela evidenciada pelo tutorial: o livro em repouso. Inferimos com isso que Max percebeu que a força resultante sobre o livro menor não seria nula caso a força normal não aumentasse. E a maneira que encontrou de argumentar com os colegas sobre isso foi tentar avaliar as consequências do raciocínio proposto por eles sobre o comportamento do objeto de interesse.

5.2 Caracterização das experiências de pensamento científico

Nesta subseção, apresentaremos a análise das experiências em que os estudantes usaram estratégias de domínio geral associadas pela literatura ao pensamento científico para solucionarem tarefas do tutorial sobre dinâmica. Chamamos essas experiências de

experiências de pensamento científico. Caracterizamos as experiências de pensamento científico dos estudantes tendo como referência os princípios da continuidade e da interação propostos por John Dewey (1997). Destacamos e analisamos elementos do contexto que pareceram influenciar as características dessas experiências. Com esse trabalho de análise buscamos responder à 2ª e à 3ª questões de pesquisa.

Os grupos de estudantes foram tomados como organizadores da comunicação dessa parte da análise dos dados. Isso quer dizer que apresentaremos a análise das experiências de pensamento científico de cada grupo, no conjunto das três aulas em que os estudantes trabalharam nas tarefas do tutorial de dinâmica.

A análise baseou-se nos dados dos mapas de episódios produzidos para cada grupo, em cada uma das três aulas (disponíveis no APÊNDICE C); nas transcrições de trechos de episódios; e nos materiais escritos produzidos pelos estudantes (cadernos e cartazes).

5.2.1 Experiências de pensamento científico do grupo A

5.2.1.1 Segundo o princípio da continuidade

As experiências de pensamento científico do grupo A com as tarefas do tutorial envolveram reelaboração de experiências passadas, seja do ponto de vista de conhecimentos de domínio específico relacionados às Leis de Newton, seja do ponto de vista de estratégias de domínio geral. Identificamos isso nas três aulas em que o grupo de estudantes lidou com essas tarefas. A seguir, apresentaremos a análise de dois episódios para embasar o que acabamos de dizer. Esses episódios foram escolhidos por representarem bem o que caracterizou a continuidade das experiências desses estudantes nessas aulas.

Transcrevemos um trecho do episódio 8 da aula 07/2014 para ilustrar uma situação em que os estudantes do grupo A reelaboraram o próprio entendimento sobre as Leis de Newton quando usaram uma estratégia de domínio geral para confecção de um dos DCLs solicitados como tarefa. Nesse episódio, os estudantes mobilizaram a estratégia de RBE. Na sequência, apresentaremos a análise desse exemplo.

QUADRO 11: Exemplo de reelaboração de experiências com as Leis de Newton pelo grupo A

Aula 07/2014 – grupo A – episódio 08: estudantes trabalharam na tarefa proposta no tutorial 01, parte I, item A (ANEXO A). Eles deveriam elaborar o DCL de um bloco empurrado para a direita por uma pessoa e puxado no mesmo sentido por outra pessoa (por meio de uma corda). Os estudantes discutiram sobre a representação da força normal e sobre a representação da força de atrito no bloco.			
Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Isaac	Também tem uma pra cima que é do mesmo tamanho dessa aí.	Referiu-se à força normal e à força peso.
2	Ada	Que é a normal.	Isaac balançou a cabeça afirmativamente.
3	Isaac	Isso aqui tem que ser maior.	Apontou para um dos vetores desenhados na folha A3 (não identificamos qual).
4	Maria	Eu só estou desenhando...	
5	Ada	Isso é uma força normal!	
6	Isaac	Oi?	
7	Ada	Força normal. Que nomezinho [inaudível].	
8	Maria	Eu tinha lido algo sobre a normal, mas eu esqueci.	
9	Isaac	Agora você faz outra força pra cima.	Fez gesto para cima, para a margem da folha A3.
10	Maria	Por quê?	
11	Isaac	É a normal... Força normal que anula a força peso, feita pela superfície. Do mesmo tamanho que a de baixo.	RBE Inferimos que o estudante se apoiou no repouso do bloco (evidência) para justificar a inclusão da força normal.
12	Rosalinda	Só eu que imaginava...	
13	Isaac	Ai você faz uma forcinha para o outro lado.	Referiu-se à força de atrito.
14	Ada	Não, é pro mesmo lado.	Pensaram na força feita por Jô, mas Isaac falava da força de atrito.
15	Maria	Pro mesmo lado.	
16	Isaac	O atrito.	
17	Ada	Ah é.	Antes dessa fala, leu as instruções escritas do tutorial.
18	Maria	Mas é a gravidade...	
19	Rosalinda	Mas o bloco está se mexendo?	Chamou atenção para o dado do repouso.
20	Isaac	O atrito é pra lá.	Falou para Maria que desenhava o DCL na folha A3, indicando o sentido para esquerda com um gesto.
21	Ada	Ô Isaac, o bloco não está se mexendo.	Reapresentou o dado do repouso.
22	Maria	O bloco não está se mexendo então não há atrito.	RBE Utilizou RBE, mas cometeu equívoco do ponto de vista conceitual.
23	Isaac	Ah, o bloco não se mexe.	
24	Ada	Mas o Jô e o Lu estão empurrando para o mesmo lado.	Destacou nova evidência.
25	Isaac	O atrito é do mesmo tamanho que essa força pra cá, ó.	RBE Indicou a força para a direita desenhada na folha A3 que representava a soma das forças de Jô e da corda sobre o bloco. Pareceu considerar o dado do repouso do bloco e a 1ª Lei de Newton para fazer essa proposição.
26	Ada	E essa força é a força do Jô e do Lu combinadas.	
27	Isaac	É.	

Entre os turnos 1 e 11, os estudantes trataram da inclusão da força normal no DCL. Em 1, Isaac propôs a inclusão dessa força no DCL. Em 11, motivado por uma pergunta de Maria, Isaac baseou-se no estado de repouso do bloco (evidência) para defender a inclusão da força normal no DCL e para caracterizar essa força. O raciocínio de Isaac baseou-se na evidência em questão e envolveu reelaboração do entendimento que tinha da 1ª e da 3ª Leis de Newton.

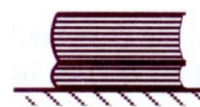
Entre os turnos 13 e 27, os estudantes discutiram a inclusão da força de atrito no DCL. Do ponto de vista conceitual, essa discussão mostrou-se mais difícil, levando os estudantes a cometerem equívocos que foram superados graças à colaboração de todos para a resolução da tarefa. Em 21, Ada destacou a evidência do estado de repouso do bloco. Com base nessa evidência, Maria afirmou erroneamente que não havia atrito sobre o bloco (turno 22). Pareceu-nos que Maria orientou-se pelas clássicas concepções espontâneas sobre força e movimento (GUNSTONE; WATTS, 1985). Ada pareceu ter notado inconsistência nesse raciocínio, pois em 24 sugeriu para consideração o dado de que Jô e Lu empurravam o bloco para o mesmo lado. Na sequência, Isaac baseou-se nessa evidência e naquela explicitada no turno 21 para propor que o vetor usado para representação da força de atrito deveria ser igual em módulo e direção e oposto em sentido ao vetor usado para representação da soma das forças de Jô e de Lu.

A partir dessa sequência de turnos de fala, inferimos que os estudantes se pautaram pela 1ª e pela 3ª Leis de Newton, seja para propor a inclusão de forças no DCL, seja para descrever essas forças. Por exemplo, no turno 11, Isaac propôs que o módulo da força peso e o módulo da força normal deveriam ser iguais. Essa afirmação está apoiada na evidência de repouso do bloco e na consideração da 1ª lei que garante que a força resultante é nula sobre objetos em repouso. Situação semelhante foi verificada no episódio 25. Também no episódio 11 Isaac fez uma descrição completa da força normal com a indicação do tipo de força (normal), do agente (superfície) e do paciente (bloco). Inferimos que Isaac levou em consideração a 3ª Lei de Newton para elaborar essa descrição completa, em especial para identificar o agente da força.

Apresentaremos a análise de mais um episódio representativo de reelaboração de experiências pelos estudantes. Dessa vez, destacaremos o episódio 15 da aula 09/2014 no qual houve reelaboração de estratégia de domínio geral para a resolução da tarefa de identificar pares de ação e reação nos DCLs desenhados pelo grupo A. Os estudantes reelaboraram a estratégia de raciocínio com definições operacionais (RDO) para fazerem uma avaliação de linha de raciocínio (ALR).

QUADRO 12: Exemplo de reelaboração de experiências com uso de definição operacional pelo grupo A

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Isaac	Ah, então agora tem um par de força de ação e reação.	
2	Ada	Ele tem que ser... É...	Olhou para o DCL.
3	Isaac	Agora tem a normal do livro de baixo e o peso do livro de baixo.	Ao dizer isso, apontou para a força normal que a mesa fazia sobre o livro de baixo e para o peso do livro de cima.
4	Ada	Eu não tô vendo ação. Eu tô vendo a reação.	ALR Iniciou avaliação do raciocínio proposto por Isaac.
5	Isaac	Tem ação e reação. Aqui, ó. A normal do livro de baixo é ação e o peso do livro de baixo é reação.	Tornou a apontar para a força normal que a mesa fazia sobre o livro de baixo e para o peso do livro de cima.
6	Ada	O peso não é reação da normal!	RDO Balançou a cabeça em sinal de reprovação. Apoiou-se na definição operacional de par de ação e reação para contra-argumentar com Isaac.
7	Isaac	Não. Quando a normal é do livro de cima. Quando o peso e a normal são no mesmo objeto. Entendeu? Esse aqui é a normal do livro de baixo e esse aqui é o peso do livro de cima. A história é essa...	RDO Indício de que compreendeu que ação e reação não atuam num mesmo corpo.
8	Maria	Entendeu?	
9	Ada	Não.	
10	Isaac	Essas duas não são ação e reação, mas essas duas aqui são. Porque essa aqui está atuando no livro de cima e essa aqui está atuando na Terra.	RDO Primeiro apontou para as forças peso e normal que atuam sobre o livro de cima. Depois apontou para a força normal que a mesa fazia sobre o livro de baixo e para o peso do livro de cima.
11	Maria	E nenhuma das duas <i>estão</i> atuando sobre o livro de baixo.	
12	Ada	[Inaudível]	Expressão corporal mostrou discordância
13	Isaac	Eu acho, né?	



Livro de Cima

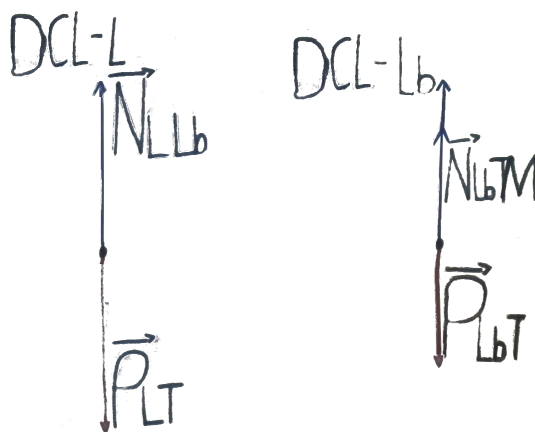
Livro de Baixo

Nessa sequência de turnos, os estudantes reelaboraram a ideia de par de ação e reação, que constitui a definição operacional de força, para argumentar e contra-argumentar num processo de avaliação de linha de raciocínio. Em 3, Isaac indicou duas forças que, supostamente, constituiriam um par de ação e reação. Nesse turno, há um descompasso entre o que Isaac disse e as forças que ele sinalizou apontando o dedo. Do início ao fim dessa sequência de turnos de fala, Isaac sempre apontou o dedo para o mesmo par de forças: a força normal que a mesa fazia sobre o livro de baixo e a força peso que

atuava sobre o livro de cima. Isso nos levou a considerar que são essas as forças a que ele tentou se referir verbalmente.

Em 4, Ada iniciou um processo de avaliação da linha de raciocínio. Ela discordou que as forças ditas por Isaac formassem um par de ação e reação. Possivelmente, ela se concentrou no que Isaac disse (normal do livro de baixo e peso do livro de baixo) e não nas forças que ele apontou como o dedo. No turno 6, Ada recorreu à definição operacional de força para dizer que peso e normal não formam um par de ação e reação. Inferimos que ela reelaborou a ideia de que as forças de ação e reação não atuam sobre um mesmo corpo. Nos turnos 7 e 10, Isaac contra-argumentou ao afirmar que as forças que ele indicou não atuam sobre um mesmo corpo e sim sobre corpos distintos, o que estaria de acordo com a definição operacional usada por Ada. Veja também que no turno 10 ele afirma que as forças N_{LLb} e P_{LT} (FIG. 4) não formam um par de ação e reação (atuam sobre um mesmo corpo). Nos turnos 9 e 12, Ada demonstrou não ter sido convencida por esses contra-argumentos.

FIGURA 4: DCLs elaborados em folha A3 pelo grupo A: tutorial 01, parte II, item B



N: força normal; P: força peso; L: livro de cima; Lb: Livro de baixo; T: Terra; M: Mesa.
Fonte: dados da pesquisa.

Isaac deu indícios de que compreendia que os pares de ação e reação não atuavam sobre um mesmo corpo, mas falhou em identificar corretamente um par de ação e reação. Ele parece não ter considerado que o agente de uma força é também o paciente de outra força de mesmo módulo e direção que a primeira, porém com sentido oposto. Isaac estaria incorreto ainda que quisesse se referir à força de contato que o livro de cima fazia sobre o livro de baixo quando disse peso do livro de cima, pois essa força não é uma reação à

normal exercida pela mesa sobre o livro de baixo. Ada pareceu ter percebido essa inconsistência.

A análise desses dois exemplos representativos indicou que tanto experiências passadas com as Leis de Newton quanto experiências passadas com estratégias de domínio geral foram reelaboradas pelos estudantes para resolução da tarefa de construção dos DCLs. Identificamos a inter-relação entre ação e reflexão pelos estudantes no desempenho dessa tarefa com os DCLs. Ainda que eles tenham cometido erros conceituais, julgamos que isso conferiu potencial generativo às experiências presentes, ou seja, elas adquiriram o potencial de serem novamente reelaboradas em situações futuras, alargando o campo das experiências dos estudantes. É com base nisso que afirmamos que as experiências dos estudantes atenderam ao princípio da continuidade.

5.2.1.2 Segundo o princípio da interação

Os estudantes do grupo A se engajaram no processo de resolução das tarefas que foram propostas nas três aulas com os tutoriais sobre dinâmica newtoniana. Esse engajamento se deu em múltiplas dimensões, pois envolveu não apenas aspectos ligados ao comportamento, mas também aspectos emocionais e cognitivos. Isso nos permitiu inferir sobre a interação entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas para o desenvolvimento das tarefas.

Os estudantes empenharam-se do ponto de vista comportamental ao buscarem fazer as tarefas da melhor maneira possível; todos se envolveram e colaboraram para o processo de resolução das tarefas; mostraram persistência mesmo naquelas tarefas em que encontraram dificuldades. Os indícios que corroboram esta análise podem ser vistos nos mapas de episódios completos das aulas 07, 08 e 09/2014 que constam no APÊNDICE C, em especial nas linhas destacadas. Essas linhas em destaque indicam os episódios em que houve experiências de pensamento científico. Para embasar essa afirmação, elegemos dois desses episódios, elaboramos uma descrição sintética do mesmo e destacamos indícios de engajamento comportamental:

QUADRO 13: Exemplos de episódios em que estudantes demonstraram estar comportamentalmente engajados no processo de resolução das tarefas

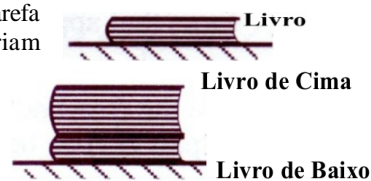
Aula	Nº Ep.	Descrição	Indícios de Engajamento
07/2014	10	Estudantes continuaram a trabalhar na representação das forças e na descrição das forças em palavras. Basearam-se na 3ª Lei de Newton para identificar os agentes e os pacientes das forças. Isaac e Ada negociaram o nome que utilizariam para se referir às forças. Isaac recorreu ao tutorial para buscar referências sobre como nomear e descrever as forças.	Os estudantes persistiram na tentativa de solucionar a tarefa de representar e descrever as forças que atuam sobre um objeto. Houve envolvimento em tomada de decisão demandada pela tarefa. Estudantes buscaram referências no próprio tutorial para que pudessem solucionar essa tarefa da melhor forma.
08/2014	16	Rosalinda apresentou ao professor as dificuldades do grupo em lidar com a elaboração dos DCLs de dois livros, estando um sobre outro. Disse estarem com dúvida sobre o DCL do livro de baixo. Professor pediu que estudantes relatassem as interpretações que fizeram para a construção do DCL e que elaborassem argumentos para sustentar essas interpretações. Isaac achou que o livro de cima fazia força sobre o livro de baixo. Rosalinda disse que o livro de cima não fazia força sobre o livro de baixo, mas considerou a existência dessa força em seu argumento. Professor pediu opinião de Maria e Ada. Isaac achou estranho o fato de haver uma força do livro de cima sobre o livro de baixo, pois assim a resultante não daria zero. Ada disse que essa força existia e que a resultante continuava nula quando um livro era posto sobre outro, pois a força normal da mesa sobre o livro de baixo aumentava.	Ao demandarem a presença do professor, os estudantes revelaram preocupação em solucionar da melhor maneira possível a tarefa de representar as forças que atuavam sobre um objeto. O professor não ofereceu respostas prontas, mas propôs diálogo com os estudantes. O grupo não se incomodou e não se acomodou com a presença do professor. Os estudantes toparam o desafio de se envolverem na discussão.

Os estudantes também se envolveram emocionalmente com a resolução das tarefas. Houve situações em que expressaram empolgação ou orgulho, por dominarem conceitos e definições da Física que serviram de artefatos para solucionar essas tarefas. Vimos expressão desse tipo de emoção quando, por exemplo, na aula 08/2014, episódio 8, Ada falou, com entonação que denotava convicção e empoderamento, que a força peso e a força normal não formam um par de ação e reação: “Elas não se anulam. Força normal não é reação da força peso, em hipótese nenhuma. Tira essa ideia da sua cabeça!”. Também houve situações em que as dificuldades experimentadas no processo de resolução das tarefas levaram à frustração ou desânimo, o que indicou que os estudantes se envolveram emocionalmente com as tarefas, caso contrário esse tipo de reação não seria verificada. Na transcrição apresentada a seguir, no QUADRO 14, há alguns indícios a esse respeito.

Esse trecho de transcrição está na aula 09/2014, a terceira de três aulas destinadas ao desenvolvimento das tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana. Desde o início da aula anterior, os estudantes discutiam sobre o DCL do livro pequeno sob um livro maior.

QUADRO 14: Exemplo de indício de envolvimento emocional dos estudantes do grupo A com as tarefas propostas

Aula 09/2014 – grupo A – episódio 14: estudantes trabalharam na tarefa proposta no tutorial de forças, parte II, item C. Nessa tarefa, eles deveriam comparar o DCL do livro pequeno sozinho sobre uma mesa com o DCL do livro pequeno sobre uma mesa na situação em que um livro maior é colocado sobre ele. Deveriam também identificar quais forças mudaram e quais forças permaneceram iguais de uma situação para a outra.



Nº	ESTUD.	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Isaac	Quais as forças mudaram quando o livro de cima foi acrescentado e quais permaneceram?	
2	Ada	Teve uma outra força do livro de cima atuando no de baixo e teve a normal que aumentou. É a minha opinião...	Ada olhou para os colegas.
3	Isaac	Como assim: a normal aumentou?	
4	Ada	Porque tipo... O livro está pressionando a mesa.	Pressionou com as mãos a carteira para baixo.
5	Rosalinda	A força normal aumentou. O peso dele continua o mesmo. Mas a força normal sobre ele aumentou por causa que é a força normal dele mais o livro de cima.	
6	Ada	É porque... O livro está empurrando a mesa com mais força.	Pressionou com as mãos a carteira para baixo.
7	Maria	Ela [inaudível]...	
8	Ada	É! Eu tenho que demonstrar.	Risos.
9	Isaac	Então aumenta a normal aí.	
10	Rosalinda	Não tem como aumentar a normal nesse negócio aqui.	
11	Ada	Por quê?	
12	Rosalinda	Pra ela ficar a soma dessa normal.	
13	Isaac	Ahn?	
14	Rosalinda	Porque não tem espaço.	Ada sorriu como se discordasse. Demonstrou frustração, pois os colegas não conseguiram compreender seus argumentos.
15	Isaac	Porque a normal que vai atuar nesse livro ali (livro de cima) é a normal desse aqui (livro de baixo).	Apontou para o DCL ao se referir aos livros.
16	Maria	É. A normal tem que ser igual. Só o peso é quem tem que ser diferente... Ah, dá sim! Vão ficar duas pontinhas aqui, mas vai dar para fazer as duas iguazinhas.	Considerou que a normal sobre o livro pequeno não muda quando um livro maior fosse colocado sobre ele.
17	Ada	Não vai dar não.	
18	Maria	As duas têm que ser iguais?	Normal que atuava sobre o livro pequeno e normal que atuava sobre o livro grande.
19	Isaac	Tem!	
20	Maria	Dá para fazer iguazinha. Quer vê, ó?	Mediu vetores com a régua.
21	Isaac	Olha o diagrama do outro grupo lá, ó. Se bem que está tudo errado também!	Olhou para o DCL do grupo B. Dirigiu sua fala para Rosalinda.
22	Rosalinda	Todos nós erramos. De um jeito diferente, mas erramos.	Isaac sorriu.
23	Isaac	O professor não explica. O professor não explica!	Aproximou-se do gravador para falar.
24	Rosalinda	Tá revoltado, hein?	
25	Isaac	Não. Estou brincado. Estou brincando! Queimou meu filme, hein? A Rosalinda! A Rosalinda está queimando meu filme!	Aproximou-se do gravador para falar. Parece ter se sentido envergonhado.
26	Ada	Todo mundo está nervoso. Calma! A gente está quase enforcando [inaudível]. A Rosalinda principalmente está praticando isso muito [inaudível].	
27	Rosalinda	Estou mesmo!	

Ada compreendeu a situação física que deveria ser representada no DCL. Ela conseguiu identificar o que mudaria no DCL do livro pequeno quando um livro maior fosse colocado sobre ele. Os demais colegas tiveram dificuldade a esse respeito. Essa dificuldade surgiu na aula anterior (08/2014). Apesar da recorrência dessa discussão ter se mostrado emocionalmente desgastante, eles vinham trabalhando com afinco na resolução das tarefas. Contudo, como se vê no turno de fala 14 e nos turnos 22 a 27, os alunos deram indícios de frustração, ansiedade e nervosismo. Isso nos indicou que os estudantes estabeleceram envolvimento emocional com a atividade que, num dado momento, externou-se na forma destacada.

É interessante notar que, do mesmo modo que os colegas, Isaac empenhou-se em desenvolver bem as tarefas, em discutir os fenômenos físicos e as ideias relacionadas às tarefas e em usar com responsabilidade a autonomia concedida e estimulada pelo professor. Porém, no turno 23 ele pareceu se sentir desconfortável diante do impasse em que se encontravam e da falta da “resposta certa” dada pelo professor. Essa reação mostrou tanto o envolvimento emocional de Isaac com as tarefas quanto o efeito da atividade conduzida pelo professor sobre ele: o tipo de situação desafiadora e a maneira como ela foi proposta e conduzida pelo professor levou Isaac a experimentar um desconforto que se revelou produtivo no desenrolar das aulas. Produtivo, pois o estudante e seu grupo persistiram nas discussões a fim de encontrarem uma solução comum para as tarefas. E buscaram ampliar a compreensão sobre o fenômeno objeto de estudo, o que se configurou como uma oportunidade de desenvolvimento.

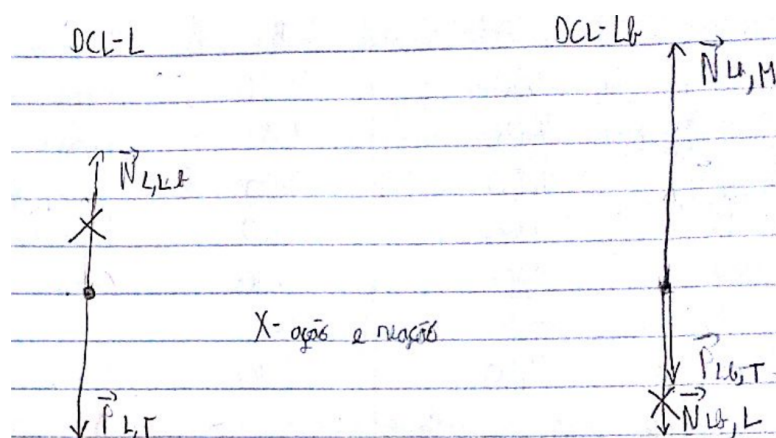
A reação emocional de Isaac no turno de fala 23 pode ser interpretada do ponto de vista da Psicologia e da Pedagogia de senso comum que predomina entre leigos, mas que também influencia as ações de professores e outros profissionais do campo da educação. Essa Psicologia e essa Pedagogia “populares” têm a ver com a compreensão que se tem do que é aprender e do que é ensinar. Vinculam-se a elas as concepções de ensino-aprendizagem que concebem a mente como um recipiente no qual se depositam bocados de conhecimentos (BEREITER; SCARDAMALIA, 1996; OLSON; BRUNER, 1996). Freire (1996), por exemplo, usa a expressão “educação bancária” para se referir a esse tipo de concepção.

Embora a cultura escolar da qual Isaac fazia parte tenha iniciativas inovadoras que rompem com essa concepção de mente, há que se considerar que essas iniciativas não são hegemônicas. Há também que se considerar possíveis influências da trajetória escolar anterior de Isaac sobre as expectativas que ele tinha sobre o papel a ser desempenhado pelo

professor nas aulas. Pareceu-nos que a reação emocional de Isaac no turno 23 continha elementos relacionados à concepção de mente como um recipiente.

O tipo de intervenção do professor que levou ao desabafo de Isaac foi produtiva, pois, apesar das reações contrárias, estimulou a autonomia dos estudantes, que passaram a tomar decisões compartilhadas no grupo e a construir a “melhor resposta possível”, tendo em vista os recursos e informações disponíveis. O resultado disso foi que, ao final das três aulas em que a atividade foi desenvolvida, todos do grupo tinham registrado no caderno de Física os DCLs conceitualmente corretos com as características recorrentemente destacadas por Ada. Veja, por exemplo, os registros do próprio Isaac:

FIGURA 5: DCLs referentes ao tutorial 01, parte II, item B (por de Isaac)



P: Peso; N: Normal; L: Livro de cima; L_b: Livro de baixo; M: Mesa; T: Terra.
Fonte: dados da pesquisa.

O desconforto produtivo experimentado pelos estudantes do grupo A influenciou outra dimensão do engajamento dos estudantes nas tarefas: a dimensão cognitiva. O compromisso dos estudantes em manterem discussões, ainda que emocionalmente desgastantes, e de aprofundarem o entendimento a respeito dos fenômenos enfocados pelas tarefas também pôde ser inferido a partir dos mapas de episódio do APÊNDICE C. As linhas destacadas dão indícios de que os estudantes se esforçaram cognitivamente por compreender os fenômenos, conceitos, definições, leis e relações em jogo no processo de resolução das tarefas. Também dão indícios do compromisso com o próprio desenvolvimento conceitual e com o desenvolvimento conceitual dos colegas. Eles não se limitaram ao que foi solicitado nas tarefas, mas buscaram analisar em detalhes os fenômenos enfocados em cada questão.

Julgamos que o engajamento comportamental, emocional e cognitivo dos estudantes do grupo A com as tarefas propostas pode ser tomado como um indício de convergência entre as condições nas quais essas tarefas foram trabalhadas e as motivações, interesses e valores dos estudantes. Por um lado, os estudantes estavam diante de tarefas desafiadoras, difíceis de serem solucionadas individualmente. Por outro, esses estudantes aceitaram os desafios impostos por essas tarefas, valorizaram as oportunidades de desenvolvimento decorrentes do enfrentamento das dificuldades e, desde o início, mostraram-se motivados a participarem das atividades de Física. Assim, podemos dizer que as experiências de pensamento científico desses estudantes atenderam ao princípio da interação, tendo havido uma inter-relação entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas para o desenvolvimento das tarefas propostas.

5.2.1.3 Influência do contexto nas experiências de pensamento científico

O contexto é constituído na inter-relação das condições internas dos estudantes e das condições objetivas para o desenvolvimento das tarefas. Por isso não faz sentido tentar analisar isoladamente cada elemento do contexto a fim de compreender sua contribuição ou influência sobre as experiências de pensamento científico. Por exemplo, consideremos as intervenções de um professor para toda turma numa classe em que há vários grupos de estudantes trabalhando na resolução de uma mesma tarefa. Em geral, o efeito das intervenções não é o mesmo nos diferentes grupos. Isso porque essas intervenções não se dão no vazio, mas em interação com os diferentes grupos de estudantes e com os recursos que cada grupo possui para atender às demandas do professor.

Por essa razão, ao analisar os dados, buscamos focar na influência que elementos do contexto tomados em interação tiveram sobre as experiências dos estudantes. Identificamos três elementos do contexto que, tomados em relação uns com os outros, parecem ter influenciado as experiências de pensamento científico dos estudantes do grupo A nas aulas com as tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana:

- a) As ações do professor que favoreceram o uso de estratégias de domínio geral; que estimularam a autonomia e a colaboração entre os estudantes; que incentivaram o registro escrito pelos estudantes não apenas da resolução correta das tarefas, mas também das decisões tomadas, dos erros, das dificuldades e dos avanços envolvidos no processo de resolução das tarefas.

- b) As características das tarefas propostas no tutorial que estimularam o uso de estratégias de domínio geral; que favoreceram a colaboração; e que geraram situações de desconforto produtivo.
- c) O compromisso dos estudantes com o estudo da Física; a aceitação pelos estudantes do desafio de trabalhar colaborativamente e de modo autônomo no desenvolvimento de tarefas complexas.

Os dois primeiros itens relacionam-se às condições objetivas para desenvolvimento das tarefas. O terceiro item está relacionado às condições internas dos estudantes do grupo A.

O professor e as tarefas escritas no tutorial solicitaram de maneira explícita e recorrente o uso de duas estratégias de domínio geral pelos estudantes: o raciocínio baseado em evidências (RBE), a avaliação de linha de raciocínio (ALR) e o raciocínio com definições operacionais (RDO). Vejamos a sequência de turnos de fala transcrita a seguir, no QUADRO 15. Nela, o professor solicitou aos estudantes que apresentassem a base sobre a qual construíram seus argumentos:

QUADRO 15: Exemplo de estímulo dado pelo professor ao raciocínio baseado em evidência (RBE)

Aula 08/2014 – grupo A – episódio 16: estudantes trabalharam no tutorial 01, parte II, itens C e D. As tarefas propostas nesses itens envolviam a comparação de diagramas de corpo livre e a identificação de pares de ação e reação entre diagramas. No trecho transcrito, o grupo solicitou a presença do professor para tratarem de dúvidas relacionadas às forças que atuavam sobre um livro pequeno colocado sob um livro maior.

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Rosalinda	A gente tá com dúvida sobre como seria a representação do livro de baixo. Seria assim ou seria assim? A gente discutiu e não conseguiu chegar numa solução.	Mostrou para o professor o DCL no caderno.
2	Professor	Como é que caminhou a discussão. O que foi que vocês usaram até agora? Por exemplo, quais eram as opiniões que estavam em conflito, em debate?	
3	Rosalinda	A opinião que a força que o livro de cima exerce sobre o de baixo deveria ser mostrada. E que aqui ela não tem que ser mostrada.	
4	Professor	Quem que defendia a que não tem que ter mostrada?	
5	Rosalinda	A que tem que ser [mostrada] sou eu.	
6	Professor	Não tem que ser mostrada?	
7	Isaac	Eu.	
8	Professor	Como é que você sustenta o seu argumento?	Professor estimulou os estudantes a apresentarem as

			evidências ou leis, teorias e fatos que usaram para estruturar seus argumentos.
9	Isaac	Aqui, ó. Eu penso assim: o livro de baixo tem o seu peso e tem a sua normal, independente do livro de cima. E o livro de cima tem o seu peso também e tem a sua força normal. E essa força normal é aplicada pelo livro de baixo sobre o livro de cima. Então...	
10	Professor	E você? Como é que defendeu seu argumento?	Dirigiu-se à Rosalinda para que ela apresentasse as evidências ou leis, teorias e fatos que usou para estruturar seus argumentos.

A intervenção do professor no grupo se deu a partir da solicitação dos próprios estudantes. Rosalinda manifestou ao professor a dificuldade em torno da qual o grupo trabalhava havia algum tempo. Por sua vez, o professor buscou identificar as concepções dos estudantes e as dificuldades enfrentadas por eles na definição do DCL de um livro pequeno colocado sob um livro grande. Ao solicitar que os estudantes expusessem as bases sobre as quais construíram seus argumentos para defenderem esta ou aquela ideia, o professor, indiretamente, estimulou-os a apresentarem as evidências que identificaram e nas quais se basearam no processo de argumentação. No turno 9, Isaac não apresentou uma evidência para embasar seu argumento, mas, com o avançar dessa discussão, os estudantes colocaram na mesa o repouso do bloco como uma evidência importante a ser considerada. Isso porque o professor, em suas intervenções, orientou os estudantes ora de maneira implícita, ora de maneira explícita. É o que ocorreu, por exemplo, nesta fala que encerrou a discussão cujo início transcrevemos no QUADRO 15:

Professor, episódio 16, aula 08/2016: Por que vocês acham? Por que vocês acreditam? Esse porquê tem que ser com base numa coisa que todo mundo concorda. [...] O argumento normalmente é ou com base em alguma coisa empírica ou com base em alguma coisa que todo mundo conhece: um conceito, uma teoria que todo mundo conhece e respeita.

As instruções e tarefas expressas no tutorial também agiram como estímulo aos estudantes na estruturação de raciocínio com base em evidência. Por exemplo:

- a) Enunciado do tutorial 01, parte II, item A1: que evidência você tem para a existência de cada uma das forças do seu diagrama?
- b) Enunciado do tutorial 01, Parte II, item B3: que observação você pode fazer que lhe permite determinar a magnitude relativa das forças sobre o livro de cima?

As ações do professor e as instruções do tutorial que visaram à promoção do raciocínio com definições operacionais (RDO) se deram a partir do conceito de força. Essas ações e instruções tinham como base a seguinte ideia, que orientou a descrição das forças incluídas nos diagramas de corpo livre elaborados pelos estudantes:

Enunciado do tutorial 01, parte I, item A: na Física Newtoniana, todas as forças surgem de um **interação entre dois objetos**. Forças são descritas de maneira precisa quando indicam **o objeto sobre o qual a força é exercida** e o **objeto que exerce a força**. Por exemplo, na situação acima, uma força gravitacional é exercida sobre o bloco pela Terra.

Esse enunciado chama a atenção para dois aspectos importantes da definição operacional de força: que as forças decorrem da interação entre dois objetos e que toda força tem um agente e um paciente. Com base nesse enunciado, os estudantes foram solicitados, tanto pelo tutorial quanto pelo professor, a descrever as forças representadas nos DCLs de modo a informar o tipo de força envolvida, o agente da força e o paciente da força.

As ações do professor e as tarefas apresentadas no tutorial também exibiram sintonia no que diz respeito ao estímulo ao trabalho colaborativo, à autonomia dos estudantes no processo de resolução e à criação de situações de desconforto produtivo.

As tarefas apresentadas no tutorial eram simples, mas difíceis de serem solucionadas individualmente, pois propunham a discussão de fenômenos que geravam perplexidade ou conflito cognitivo. O desconforto gerado por isso foi produtivo, pois os estudantes se sentiram desafiados a superar as dificuldades encontradas e agiram com esse propósito. Os mapas de episódios (APÊNDICE C) ou, mais brevemente, os QUADROS 11, 14 e 15 permitem ilustrar o tipo de desconforto produtivo experimentado pelos estudantes do grupo A. Por exemplo, no QUADRO 11, entre os turnos 13 e 27, há uma situação de superação de desconforto produtivo. Esse desconforto surgiu quando os estudantes se viram diante da tarefa de decidir se incluíam ou não uma força de atrito no DCL do bloco em repouso. É contraintuitiva a ideia de que há uma força de atrito atuando sobre o bloco parado. Contudo, o grupo empenhou-se em encontrar uma solução para esse problema. E fizeram isso de maneira colaborativa. Situações como essa parecem ter mostrado ao grupo que os desafios propostos no tutorial poderiam ser mais facilmente superados se assumidos de forma colaborativa pelo grupo e não por um estudante isoladamente. Isso atuou como um estímulo ao trabalho colaborativo, favorecendo a elaboração de experiências de pensamento científico. O professor, por sua vez, reforçou

essa demanda de trabalho colaborativo. Uma amostra disso está na preleção da aula 07/2014, que ocorreu no terceiro episódio dessa aula:

Professor, episódio 3, aula 07/2014: do jeito que nós vamos trabalhar, vocês vão ser, mais ou menos como na atividade das estrelas, pequenos grupos trabalhando isoladamente. O esforço de trabalhar isolado é o esforço de conseguir uma intimidade, **uma espécie de coesão com seu colega**. Entender a dificuldade do outro é perceber se você consegue... Se você tem um poder com o conhecimento que ele não está conseguindo adquirir e que você adquiriu. Conseguir fazer o exercício de entrar no cérebro da outra pessoa para perceber porque ela não consegue ver com clareza o que você está vendo é aquela coisa que eu acabei de falar sobre o simples e o difícil. **As ideias simples podem estar na sua cabeça, mas elas são normalmente difíceis**. E a dificuldade de deixar ela simples é um exercício para quem já entendeu. Quem não entendeu tem que conseguir ver que ela é simples. Quem já entendeu tem que conseguir mostrar a simplicidade dela. E isso não é fácil. **Isso depende de diálogo, de negociação**. Como **isso demanda muito, isso é muito trabalhoso, vocês vão ter vontade de levantar e vão ter vontade de procurar ajuda fora**. Tentem manter como recurso apenas a mim e o próprio grupo. Normalmente eu **vou tentar diminuir a ansiedade, diminuir a tensão que está dentro do grupo ouvindo e propondo uma pergunta ou propondo algum desafio**.

Nesse trecho da preleção da aula 07/2014, o professor estabeleceu com os estudantes como seria a dinâmica de trabalho nas atividades inspiradas pelos tutoriais, tendo como referência a atividade introdutória do curso (atividade das estrelas). Quando o professor falou sobre “ideias simples, mas difíceis” ou que os estudantes teriam vontade de se levantar para pedirem ajuda a outros grupos nos momentos de dificuldade, ele já anunciava que esses estudantes seriam desafiados. Mas, ao mesmo tempo, deixou claro que eles não estariam sozinhos: haveria interação entre os membros do grupo e entre os membros do grupo e o professor. Essas interações tornariam os desafios mais palpáveis. O tipo de desafio sobre o qual se referiu o professor é aquele tratado anteriormente, que leva os estudantes ao desconforto produtivo.

O professor frisou também que sua interação com os membros dos grupos seria caracterizada não por um jogo de “perguntas dos estudantes e respostas do professor”. Uma pergunta seria respondida com uma nova pergunta ou desafio adicional, nos moldes do diálogo socrático, referência que orienta a organização das atividades didáticas com os tutoriais (McDERMOTT; SHAFFER, 2002; PER, 2012). Essa foi uma clara indicação para os estudantes de que teriam autonomia no processo de resolução das tarefas. Quando o professor se referiu à “coesão com seu colega”, ao “diálogo” e à “negociação”, ele marcou a importância de o grupo se organizar de maneira colaborativa para lidar com as tarefas. O grupo A manteve-se atento ao que o professor falava. E a fala do professor parece ter tido efeito sobre os estudantes visto que, ao logo das três aulas em que lidaram com o tutorial

sobre dinâmica, todos esses elementos destacados na fala do professor se fizeram presentes nas ações dos estudantes.

Em diferentes oportunidades, o professor reiterou essas “orientações” sobre como deveria ser o trabalho com os tutoriais. Em especial, a importância do trabalho colaborativo para desenvolvimento das tarefas:

Professor, episódio 19, aula 08/2014: o grupo C [não analisado] está reivindicando um pouco mais de tempo para fazer o cartaz. Então eu vou conceder esse tempo. Olhando todos os grupos, em que pé vocês estão. O importante é a discussão, mas a gente vai precisar do cartaz para fazer a discussão que é plenária. Então, tentem achar um meio termo.

Essa fala do professor foi motivada por sua percepção de que, com o avançar do tempo de aula, a maior parte dos estudantes da turma passou a lidar com a elaboração do diagrama de corpo livre (DCL) na folha A3 de um ponto de vista prático. Eles pensaram no DCL como um produto a ser entregue, colocando em segundo plano as discussões necessárias à sua elaboração. A intervenção do professor se deu no sentido de tranquilizar os estudantes a partir da concessão de mais prazo para a finalização do DCL; de valorizar a colaboração para elaboração do DCL; de chamar atenção para a necessidade de equilíbrio entre a elaboração de um produto e o tempo investido nas discussões necessárias a essa elaboração; e de lembrar que as discussões se estenderiam para toda a turma no momento da plenária no final da aula.

Também é preciso considerar que o modo como as tarefas foram escritas no tutorial colocou os estudantes na posição de protagonistas do processo de resolução. As tarefas não faziam referência a respostas “certas”, mas a soluções discutidas e bem fundamentadas pelo grupo, havendo aí uma sinergia entre o tutorial como material instrucional e as ações do professor no estabelecimento de atividades didáticas inspiradas por esse material.

Uma ação do professor que parece ter tido efeito importante para a constituição do contexto de desenvolvimento das tarefas e, por consequência, sobre as experiências de pensamento científico dos estudantes foi o estímulo e a valorização dos registros escritos por cada estudante no seu próprio caderno. Quando o professor fez referência a esses registros com os estudantes, ele não enfatizou apenas o registro das “respostas certas”. Também estimulou os estudantes a registrar as dificuldades, as decisões tomadas, os erros, as propostas de superação desses erros e os avanços obtidos.

Professor, episódio 25, aula 08/2014: ao longo dos anos, vocês foram premiados todas as vezes que vocês acertaram. E, normalmente, tinha uma cruz, uma coisa que parecia assim uma cruz [gesticula], quando estava errado. Com isso, vocês não aprenderam a valorizar o erro. O erro é onde a gente aprende a maior parte das coisas. Talvez eu esteja exagerando na “maior parte”, mas a gente aprende muito com o erro. Então, o fato do grupo ter pensado e registrado é um fato. Já está feito. Tentar apagar isso é esconder o erro e tentar se mostrar uma pessoa que não erra. Não existe! Agora, entender esse erro é diferente de esquecer o erro. Nós vamos continuar, na próxima aula, a parte C e a parte D. Vocês vão encontrar outros erros no cartaz. Talvez vocês não tenham prestado atenção em coisas que a parte C vai chamar atenção [...] O que vocês vão fazer agora, que faltam mais ou menos cinco minutos para terminar a aula, não é arrumar as coisas e irem embora. É arrumar as ideias. Escreva no caderno alguma coisa do debate de hoje ou do tutorial de hoje que foi tipo uma pedra, que foi um nó, que foi difícil. Uma discussão que demorou muito... Isto pode ser importante!

A fala do professor enfatizou a importância do erro para o processo de aprendizagem. Também buscou chamar a atenção para o fato de que a própria estrutura do tutorial visava à problematização, à tomada de consciência dos erros e à reelaboração de ideias a partir dessa tomada de consciência. Além disso, a solicitação do professor nos minutos finais da aula mostrou a importância do registro do que se apresentou difícil ou desafiador, para que isso não se perdesse de uma aula para outra e para que esse registro enriquecesse a reelaboração de ideias.

Os estudantes do grupo A incorporaram o hábito de tomar notas no caderno de Física, seja durante as aulas, seja ao final das aulas. Nos mapas de episódios das três aulas em que foram desenvolvidas as tarefas do tutorial de dinâmica (APÊNDICE C), há registros que indicam que eles tomaram nota no caderno de Física. Ainda na aula 08/2014, vimos que os estudantes fizeram os registros nos próprios cadernos com os cuidados e com os critérios sugeridos pelo professor:

Última nota no caderno de Ada na aula 08/2014: tivemos dificuldade em saber que força o livro de baixo devolverá para o livro de cima. E se elas se anulam.

Última nota no caderno de Isaac na aula 08/2014: foi difícil decidir se a força peso do livro de cima atuaria no livro de baixo e se a força normal do livro de baixo atuaria no livro de cima.

Última nota no caderno de Maria na aula 08/2014: uma complicação que tivemos hoje foi a discussão de como representaríamos o livro de baixo no diagrama tendo essa confusão por conta se haveria ou não uma força do segundo livro agindo sobre ele.

Última nota no caderno de Rosalinda na aula 08/2014: hoje, a decisão para escolha de como seriam representados do diagrama de corpo livre do livro de baixo foi muito acalorada e confusa. O grupo entrou numa grande discussão e não conseguiu sair do lugar.

A partir dessas anotações, os quatro membros do grupo A relataram dificuldades encontradas no processo de elaboração do DCL de um livro pequeno colocado sob um

livro grande (tutorial 01, parte II, item B). Ada, Isaac e Maria tentaram especificar a dificuldade ao registrarem que aspecto da elaboração do DCL se mostrou mais confuso, difícil ou desafiador. O registro escrito de Rosalinda não apresentou esse tipo de especificação, mas chamou a atenção para a característica das discussões empreendidas pelo grupo para elaboração do DCL. As palavras de Rosalinda sugerem discussões difíceis e desgastantes.

É interessante notar que Ada tinha clareza sobre essa dificuldade vivenciada pelo grupo, relatada nas anotações no caderno. Ela sabia o que estava errado e sabia como reparar o erro (veja as discussões do QUADRO 8 e do QUADRO 14). Contudo, na anotação que fez no caderno, usou o termo “tivemos” possivelmente para se referir àquela dificuldade como sendo do grupo. Possivelmente, apesar de compreender a dificuldade enfrentada, ela se reconhecia nela, já que não conseguia convencer os colegas sobre o seu ponto de vista.

O indício que temos de que o estímulo do professor à tomada de notas escritas no caderno de Física favoreceu a mobilização de estratégias de domínio geral pelos estudantes está no fato de que eles recorreram a essas notas e se beneficiaram delas. No início de cada aula foi possível constatar que os estudantes abriam o caderno assim que chegavam. Olhavam-no rapidamente e, dependendo da ocasião, faziam novas notas. Em relação às anotações dos estudantes transcritas anteriormente, identificamos que na aula seguinte, após a preleção do professor, eles retomaram as discussões exatamente do ponto onde pararam. Também deram mostras de que o entendimento das dificuldades enfrentadas nas aulas anteriores era compartilhado por todos. Assim, conseguiram iniciar a aula do ponto em que pararam anteriormente, tendo mais tempo para aprofundamento das discussões.

Na análise precedente, buscamos mostrar como a inter-relação entre as ações do professor, as características das tarefas propostas aos estudantes e as relações que esses estudantes estabeleceram com essas tarefas contribuíram para as experiências de pensamento científico identificadas. Cabe, agora, uma análise mais específica do tipo de compromisso que os estudantes demonstraram em relação ao estudo da Física e da aceitação pelos estudantes dos desafios trazidos pelas tarefas.

O grupo A pareceu comprometido não apenas com a conclusão das tarefas propostas nas atividades com o tutorial, mas também com as possibilidades de desenvolvimento pessoal decorrentes da participação no processo de resolução das mesmas. O compromisso do grupo A com a resolução e com a conclusão das tarefas propostas já foi evidenciado quando falamos, em especial, da dimensão comportamental do

engajamento dos estudantes com tais tarefas: trabalharam com seriedade e afinco na busca de soluções para os desafios propostos. No entanto, ao trabalharem para esse fim, os estudantes mostraram que aproveitaram os desafios estabelecidos seja pelo tutorial, seja pelo professor, como forma de promoverem o próprio desenvolvimento e o desenvolvimento dos colegas. Os indícios sobre isso são de mais de um tipo, como mostraremos a seguir.

Os estudantes não passaram às tarefas seguintes enquanto não liquidaram as discussões em curso, com o estabelecimento de uma compreensão compartilhada sobre os fenômenos objeto de estudo ou sobre encaminhamentos para resolução das tarefas propostas. Isso foi verificado mesmo nas situações emocionalmente desgastantes, em que o grupo não conseguia convergir para um entendimento comum. Veja, por exemplo, que nas aulas 08 e 09/2014 os estudantes se detiveram na tentativa de estabelecer um entendimento comum para a representação das forças que agiam sobre um livro pequeno colocado sob um livro maior (tutorial 01, parte II, item B). Aos estudantes não interessou passar adiante sem que as tarefas fossem consumadas.

Os estudantes foram cuidadosos e agiram com rigor no tratamento dos conceitos e das definições operacionais envolvidas nas tarefas. Para tal, eles não fugiram à responsabilidade de se corrigirem e não se sentiram constrangidos com isso. Procuramos embasar isso com os episódios 08 e 10 da aula 07/2014. Nesses episódios os estudantes buscaram nomear as forças, identificar o agente e o paciente de cada força e descrevê-las em palavras. Um exemplo disso são as transcrições seguintes, apresentadas nos QUADROS 16 e 17.

QUADRO 16: Exemplo do compromisso dos estudantes com o próprio desenvolvimento e com o desenvolvimento dos colegas

Aula 07/2014 – grupo A – episódio 08: estudantes trabalharam na tarefa proposta no tutorial 01, parte I, item A. Eles deveriam elaborar o DCL de um bloco empurrado para a direita por uma pessoa e puxado no mesmo sentido por outra pessoa (por meio de uma corda). No trecho transcrito, o grupo identificou, nomeou e descreveu em palavras as forças que atuavam sobre o bloco.

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Ada	Então está certo o diagrama. É só a gente identificar quais são as forças.	Antes de falar, leu a tarefa escrita no tutorial.
2	Maria	E onde é que eu vou especificar?	
3	Isaac	Coloca assim: “p” com uma seta pra lá. Em cima dele uma seta pra lá.	Sugeriu essa representação: \vec{p}
4	Maria	Eu vou colocar “g” de gravidade.	
5	Ada	Não. É “p” peso. “g” não é força, “g” é...	

Há que se considerar que as questões conceituais que subjazem a discussão apresentada podem não ser comuns, da forma espontânea como surgiram, entre estudantes do Ensino Médio ou mesmo do Ensino Superior. Isso, pois consideramos que a capacidade de diferenciar os termos peso e gravidade expressa de certo modo maturidade e destreza conceitual (ARONS, 1996).

Inicialmente, Isaac sugeriu incluir uma setinha sobre a letra “p” para destacar o caráter vetorial de uma força. A proposta de Maria de trocar a letra “p” por “g” foi contraposta por Ada. Apesar de Ada não ter concluído sua fala, inferimos que ela compreendia que a palavra “gravidade” remete a uma aceleração e não a uma força ou, pelo menos, que compreendia que essa palavra remete a algo que não uma força. Por isso, mostrou-se contrária à substituição proposta por Maria. Ada poderia não ter dito nada, mas seu compromisso com o próprio desenvolvimento, com o desenvolvimento dos colegas e até mesmo com o rigor conceitual da Física provavelmente motivou sua intervenção.

Outra evidência a respeito do tipo de compromisso dos estudantes do grupo A com as tarefas pode ser destacada de outro exemplo que consta no QUADRO 17.

QUADRO 17: Exemplo do compromisso dos estudantes com o próprio desenvolvimento e com o desenvolvimento dos colegas

Aula 07/2014 – grupo A – episódio 10: estudantes trabalharam na tarefa proposta no tutorial 01, parte I, item A. Eles deveriam elaborar o DCL de um bloco empurrado para a direita por uma pessoa e puxado no mesmo sentido por outra pessoa (por meio de uma corda). No trecho transcrito, o grupo descreveu em palavras a força gravitacional que atua sobre o bloco.		
Nº ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1 Isaac	Força gravitacional exercida sobre o bloco pela Terra.	Apresentou descrição completa da força: tipo de força, paciente e agente.
2 Ada	Não é mais fácil falar força peso?	
3 Isaac	Não. Por que aqui tá falando, ô: “Na Física Newtoniana, todas as forças surgem de uma interação entre dois objetos. Forças são descritas de maneira precisa quando indicam o objeto sobre o qual a força é exercida e o objeto que exercer a força. Por exemplo, na situação acima, uma força gravitacional é exercida sobre o bloco pela Terra”! Você leu isso aqui, ó?	Fez a leitura e apontou para o trecho do tutorial que indicava como deveria ser feita a descrição das forças.

Nesses três turnos de fala vimos Isaac justificar para Ada a forma como descreveu uma das forças incluída no diagrama de corpo livre (DCL) do bloco. Pareceu-nos que Isaac não concordou com a proposta de simplificação da descrição feita por Ada, uma vez que o enunciado da tarefa havia normatizado o modo como as forças deveriam ser descritas. A observação dessa normatização estava associada ao compromisso de fazer a tarefa proposta

da melhor maneira possível. Por mais simples que essa descrição proposta pelo tutorial pareça, ela se mostrou difícil para esses estudantes. Assim, a tentativa de descrever a força dessa maneira se configurou como um desafio cognitivo e como uma oportunidade de desenvolvimento.

Por fim, outro aspecto muito importante para o estabelecimento das experiências de pensamento científico, relacionado às condições internas dos estudantes, foi o valor atribuído por eles ao trabalho colaborativo.

Predominantemente, os estudantes se organizaram colaborativamente no processo de resolução das tarefas propostas: eles planejaram como abordariam as tarefas, ouviram uns aos outros com respeito e atenção, argumentaram e contra-argumentaram e buscaram tornar suas ideias mais claras para os outros e para si mesmos. A abordagem colaborativa das tarefas pôde ser percebida em situações simples, nas quais os estudantes buscaram definir uma dinâmica de trabalho (QUADRO 18) ou em situações mais complexas, que envolviam demandas conceituais, busca pelo consenso e tomada de decisão (exemplos nos episódios destacados nos mapas de evento do APÊNDICE C ou mesmo na análise dos QUADROS 16 e 17).

QUADRO 18: Exemplo da organização dos estudantes do grupo A como um grupo colaborativo

Aula 07/2014 – grupo A – episódio 07: estudantes começam a se organizar para abordar as tarefas propostas no tutorial 01. O trecho transcrito ocorreu enquanto os estudantes faziam a 1ª leitura do tutorial.			
Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Maria	Vamos começar ou vamos ler tudo primeiro?	Referiu-se à leitura completa do tutorial.
2	Isaac	Vamos começar do A aí.	Referiu-se ao item A da parte I do tutorial.
3	Ada	Se a gente ler tudo primeiro, na metade a gente vai ter que ler de novo.	
4	Maria	A gente decide.	
5	Isaac	Vamos fazer a A aí.	

Nessa sequência de turnos de fala há uma situação em que o grupo tomou uma decisão conjunta sobre como conduziram a abordagem das tarefas propostas no tutorial. Essa decisão foi importante para a organização do grupo como colaborativo, mas não foi uma decisão complexa, difícil de ser tomada. Sua importância está no fato de que o grupo se organizou nas três aulas em que lidaram com as tarefas desse tutorial tendo como referência o que foi discutido por eles: encaminhar a leitura do tutorial por partes, resolvendo um problema por vez e na ordem estabelecida.

A organização colaborativa do grupo mostrou-se um processo em construção que se deu enquanto os estudantes trabalharam para solucionar as tarefas propostas. Veja, por

exemplo, no episódio 9 da aula 07/2014 (APÊNDICE C) que o grupo passou por uma situação de tensão que envolveu a discussão sobre as “relações de poder” no grupo. Essa discussão poderia ter levado o grupo a se desagregar. Contudo, o efeito foi contrário. Os estudantes parecem ter tomado consciência dos papéis desempenhados por cada um, levando-os a um ajuste da dinâmica de trabalho colaborativo.

5.2.2 Caracterização das experiências de pensamento científico do grupo B

5.2.2.1 Segundo o princípio da continuidade

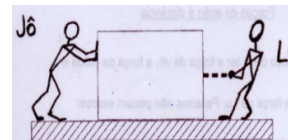
As experiências de pensamento científico do grupo B envolveram reelaborações de experiências passadas, seja com conhecimentos de domínio específico ligados à dinâmica, seja com estratégias de domínio geral. As linhas destacadas com cor nos mapas de episódios disponibilizados no APÊNDICE C referem-se aos episódios das aulas nos quais houve experiências de pensamento científico, ou seja, nesses episódios os estudantes utilizaram estratégias de domínio geral para solucionarem tarefas propostas.

Apresentaremos dois exemplos de reelaboração de experiências pelos estudantes do grupo B em situações que envolveram o uso de estratégias de domínio geral. No primeiro exemplo, trataremos de uma situação em que houve reelaboração de conhecimentos de domínio específico no processo de resolução das tarefas. No segundo exemplo, discutiremos uma situação em que houve reelaboração tanto de conhecimentos de domínio específico quanto de estratégia de domínio geral.

No QUADRO 19 encontra-se o primeiro exemplo. No episódio de onde essa sequência de turnos de fala foi retirada, os estudantes raciocinaram com base em evidência (RBE). Para isso, eles reelaboraram o entendimento que tinham da 1ª Lei de Newton.

QUADRO 19: Exemplo de reelaboração de experiências envolvendo a 1ª Lei de Newton

Aula 07/2014 – grupo B – episódio 15: estudantes fizeram conferência do DCL que elaboraram em função das tarefas do tutorial 01, parte I. Esse diagrama se referia ao bloco em repouso na condição representada na figura. O trecho transcrito se deu logo após um episódio no qual o professor fez uma pequena intervenção com toda a classe.



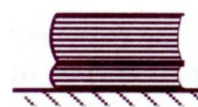
Nº	ESTUDANTE	TORNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Lise	Pode passar caneta assim? O tamanho está certo?	Lise apontou para o DCL na folha A3. Ricardo fez sinal positivo com a cabeça.
2	Ricardo	Tá. Não está, César!?! O que você acha? A normal e a gravidade se anulam quando está em repouso ou quando está em movimento constante, né?	RBE Apoiou-se no dado do repouso do bloco.
3	César	Só que o bloco não se mexe.	Reapresentou a evidência destacada por Ricardo.
4	Ricardo	Então! Então está em repouso. É igual.	RBE Apoiou-se no dado do repouso do bloco. Usou a palavra “igual” para se referir à igualdade nos módulos da força peso e da força normal.
5	Lise	Igual, então. Está certo.	Apontou para o DCL na folha A3 (forças peso e normal).

Essa pequena sequência de turnos de fala apresenta uma experiência de pensamento científico na qual os estudantes empreenderam RBE. Entre os turnos 2 e 4, eles reelaboram suas experiências com a 1ª Lei de Newton e articularam-nas a essa estratégia de RBE, tendo em vista a elaboração do DCL do bloco. Inferimos que Ricardo, no turno 2, reelaborou sua compreensão sobre a 1ª Lei ao propor que a força peso e a força normal se anulavam ($F_R = 0$ na direção vertical), já que o bloco estava parado (evidência em questão). Por essa razão, como destacado no turno 4, os módulos dessas forças deveriam ser iguais.

No QUADRO 20 apresentamos o segundo exemplo. Ele foi escolhido por envolver a reelaboração das três Leis de Newton e de raciocínio com definições operacionais numa sequência de turnos de fala em que há o uso de duas estratégias de domínio geral: raciocínio baseado em evidência e raciocínio hipotético-dedutivo. Além do mais, considerando os grupos A e B, essa foi a única situação de reelaboração em que a 2ª Lei de Newton foi evocada explicitamente para resolver as tarefas do tutorial 01.

QUADRO 20: Exemplo de reelaboração de experiência envolvendo RDO, a 1ª e a 2ª Leis de Newton

Aula 08/2014 – grupo B – episódio 19: os estudantes trabalharam na tarefa do tutorial 01, parte II, item B (tutorial em anexo). Eles discutiram sobre a magnitude relativa das forças que atuavam sobre o livro pequeno colocado sob o livro maior. Os estudantes chamaram o livro de baixo de L_1 e o livro de cima de L_2 .



Livro de Cima

Livro de Baixo

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	César	Por que é igual? Só para...	Quis saber por que o módulo da força de contato que o livro de cima fazia sobre o livro de baixo era igual ao módulo da força peso do livro de cima.
2	Max	Por quê? É... Não sei.	Dirigiu-se a Ricardo e à Lise.
3	César	Por que, pessoal?	
4	Lise	A soma das duas seria igual ao tamanho da outra?!	Sugeriu que a força normal que a superfície exercia sobre o livro de baixo era igual à soma da força peso do livro de baixo com a força de contato sobre o livro de baixo feita pelo livro de cima.
5	Ricardo	A soma das duas tinha que ser igual à normal. Para zerar, porque o livro está em repouso.	RBE Apoiou-se no dado dor repouso do livro.
6	Lise	Por isso que a P é igual à N. Porque ele zera. Então, a soma das duas de baixo daria o tamanho da N.	RBE
7	Ricardo	Tamanho da N.	
8	Lise	Para zerar o de cima.	
9	Ricardo	Ou uma é igual e outra é menor, em proporções.	Fez consideração sobre os módulos da força peso exercida pela Terra sobre o livro de baixo e da força de contato exercida pelo livro de cima sobre o livro de baixo.
10	César	Eu pensei na equação lá do texto, $F=m.a$; Não tem aceleração. Tudo é zero.	Referiu-se ao texto sobre as Leis de Newton cuja leitura foi solicitada pelo professor como tarefa para casa.
11	Lise	[Inaudível]	
12	César	Independente da massa ele é zero. Eu realmente não sei se a força de compressão é maior ou menor... Porque, se a força de compressão fosse maior, o livro não mexeria do mesmo jeito. O livro ia continuar em repouso. É tipo... Tô aplicando uma força, mas ele não se mexe. Entendeu?	RHD Pareceu não saber se a força de contato que o livro de cima fazia sobre o livro de baixo era maior que a força peso exercida pela Terra sobre o livro de baixo. Usou o termo força de compressão para se referir à força de contato. Pressionou um objeto para mostrar que a compressão sobre o livro de cima poderia aumentar e mesmo assim permanecerem em repouso os livros de baixo e de cima.
13	Max	É, velho! É isso, mano. A força de compressão é maior.	Disse que a força de contato que o livro de cima fazia sobre o livro de baixo era maior que o peso do livro de baixo. Usou o termo força de compressão para se referir à força de contato.
14	Lise	É tipo colocar meu estojo e o dele assim, ó. Ele é mais pesado...	Pôs uma bolsinha de lápis grande sobre um estojo pequeno. Tentou estabelecer uma comparação entre situações.
15	César	A força peso é a força...	
16	Max	Da Terra.	
17	César	Exercida sobre o livro pela Terra... E a força de compressão é a força exercida pelo livro de cima sobre o livro de baixo.	Reelaboração de RDO com vista à questão inicial. Recorreu a ideia de que toda força possui um agente e um paciente.

18	Max	E ela é do mesmo tamanho que a <i>Normal</i> do livro de cima. Que é a força do livro de baixo, que a superfície do livro de baixo exerce sobre o livro de cima.	Pareceu-nos que houve reelaboração da 3ª Lei de Newton.
----	-----	--	---

Essa sequência de turnos de fala iniciou-se com uma pergunta de César, que não sabia ao certo se eram iguais em módulo a força peso que a Terra exercia sobre o livro de cima e a força de contato que o livro de cima exercia sobre o livro de baixo. Para casos como esse em que não há inclinação da superfície de apoio, sabe-se que essas forças são iguais. No turno 4, Lise fez outra pergunta, diferente da que César elaborou. Sua questão se relacionava à magnitude relativa das forças que atuavam sobre o livro de baixo. A estudante parece ter pensado que, para o livro de baixo, a soma das forças verticais para baixo (força peso e força de contato do livro de cima sobre o livro de baixo) era igual à força vertical para cima (normal). Ricardo mostrou que Lise estava correta. Ele estruturou seu raciocínio tomando o repouso do livro de baixo como uma evidência. Nos turnos 4 e 5, Lise e Ricardo parecem ter reelaborado suas experiências com a 1ª Lei de Newton. Eles lançaram mão da ideia de que é nula a força resultante sobre um objeto em repouso.

A questão formulada por Lise no turno 4 não foi despropositada. Pensar no DCL do livro de baixo e formular essa questão foi uma forma de pensar na pergunta de César feita no 1º turno de fala. Essa inferência se deu a partir da constatação de que Lise, no turno 6, comparou os DCLs do livro de baixo e do livro de cima. A comparação habilitou-a a reafirmar a igualdade dos módulos da força peso e da força normal que atuavam sobre o livro de cima. Contudo, Lise não chegou a explicitar a relação disso com o fato de o módulo da força peso ser igual ao módulo da força de contato que o livro de cima fazia sobre o livro de baixo. Essa relação foi estabelecida por Max no último turno de fala dessa sequência.

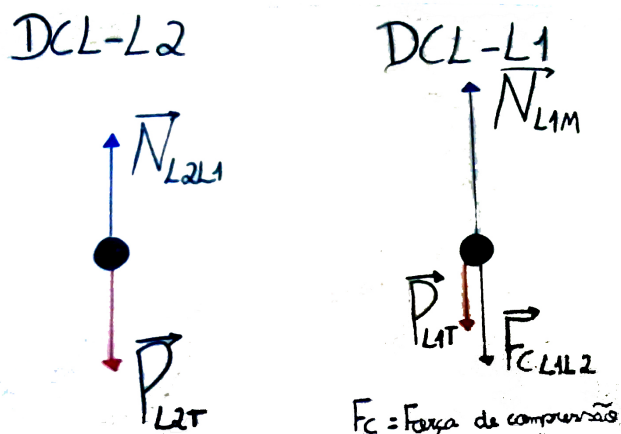
No turno 10, César reelaborou sua experiência com a 2ª Lei de Newton para reinterpretar as igualdades de forças destacadas por Ricardo e Lise entre os turnos 4 e 9. Ele remeteu à leitura que fez do texto para casa sobre as Leis de Newton sugerido pelo professor na aula anterior. A ideia de César foi que todos os objetos de interesse em questão estavam em repouso, logo, não possuíam aceleração resultante. Assim, a força resultante também era nula.

César apresentou no turno 12 uma nova questão, diferente daquela formulada no turno 1. Possivelmente, o estudante foi influenciado pela discussão entre os turnos 4 e 9, na qual Ricardo e Lise discutiram sobre a intensidade relativa das forças que agiam sobre o

livro de baixo. Também no turno 12, César empreendeu raciocínio hipotético-dedutivo, pois imaginou o que ocorreria ao livro de baixo caso a força de contato que o livro de cima fazia sobre ele fosse maior que a força peso do próprio livro de baixo. Para isso, ele imaginou o que ocorreria caso aumentasse a força de compressão que atuava sobre um objeto posto sobre a mesa.

A discussão que se seguiu entre os turnos 13 e 18 convergiu para uma resposta à questão inicial apresentada por César. Nessa sequência de turnos de fala, César reelaborou a definição operacional de força na busca por uma solução para a pergunta feita por ele mesmo. Ele identificou o tipo, o agente e o paciente de cada força em discussão. Possivelmente, Max considerou essa definição operacional de força e o princípio de ação e reação para afirmar que o módulo da força normal que a superfície do livro de baixo exercia sobre o livro de cima era igual ao módulo da força de contato que o livro de cima exercia sobre o livro de baixo. Isso, associado às discussões precedentes, permitiu ao grupo perceber que o módulo da força peso do livro de cima era igual ao módulo da força de contato que o livro de cima exercia sobre o livro de baixo. Fizemos essa inferência a partir do DCL elaborado pelo grupo, que incorporou todos esses elementos dessa discussão. Veja que há coerência na magnitude relativa das forças do DCL do livro de baixo e do DCL do livro de cima, bem como há coerência do somatório das forças em cada um desses DCLs com o estado de repouso dos livros.

FIGURA 6: DCL do livro de cima e DCL do livro de baixo elaborado pelo grupo B em folha A3



L1: Livro de baixo; L2: Livro de cima; T: Terra; N: Força normal; P: Força peso; Fc: Força de compressão¹¹.
Fonte: dados da pesquisa.

Assim como ocorreu com o grupo A, a análise das experiências de pensamento científico dos estudantes do grupo B indicou que tanto experiências passadas com as Leis de Newton quanto experiências passadas com estratégias de domínio geral foram reelaboradas pelos estudantes para resolução da tarefa de construção dos DCLs. Essas reelaborações de experiências foram marcadas pela ação e pela reflexão dos estudantes frente às tarefas propostas na aula. Por exemplo, os estudantes tiveram o expediente de representar as forças nos DCLs. Fizeram isso com base nas discussões e nas reflexões empreendidas no grupo. Essas características conferiram às experiências de pensamento científico o potencial de serem reelaboradas em novas situações, caracterizando uma expansão do campo das experiências. Tudo isso nos levou a considerar que a continuidade de experiências identificada por nós foi característica de experiências educativas.

5.2.2.2 Segundo o princípio da interação

Os estudantes do grupo B engajaram-se no processo de resolução das tarefas propostas nas três aulas em que trabalharam nas tarefas do tutorial sobre dinâmica

¹¹ Nome dado pelos estudantes. Força de compressão possui um significado específico na Física que não corresponde ao fenômeno representado. A força a que os estudantes se referem é uma força de contato que o livro de cima faz sobre o livro de baixo.

newtoniana. Reunimos indícios de que o engajamento nas tarefas foi marcado pelas dimensões comportamental, emocional e cognitiva. Contudo, em diversas situações, a dimensão comportamental do engajamento sobressaiu-se sobre as demais. Isso contribuiu para o desvio dos estudantes das tarefas, levando-os a interromperem o investimento cognitivo no processo de resolução das mesmas.

Consideramos que esses estudantes do grupo B envolveram-se com as tarefas do ponto de vista comportamental, pois se empenharam em fazer da melhor maneira possível o que foi solicitado pelo tutorial ou pelo professor; ajudaram no trabalho de resolução dessas tarefas através de contribuições individuais ou contribuições que emergiram da colaboração entre os membros do grupo; esforçaram-se para concluir as tarefas no tempo da aula. Para embasar a análise sobre a dimensão comportamental, selecionamos dois desses episódios, elaboramos uma descrição sintética dos mesmos e destacamos os indícios de engajamento comportamental (QUADRO 21). Outros indícios que corroboram essa nossa análise estão disponíveis nos mapas de episódios das aulas 07, 08 e 09/2014 que constam no APÊNDICE C, em especial nas linhas ressaltadas para indicar os episódios em que houve experiências de pensamento científico.

QUADRO 21: Exemplo do engajamento comportamental dos estudantes do grupo B nas tarefas

Aula	Nº Ep.	Descrição	Indícios de Engajamento
08/2014	19	Estudantes discutiram sobre a magnitude relativa das forças. César teve dificuldades em perceber que a força de contato do livro de cima sobre o livro de baixo possuía o mesmo módulo que a força peso do livro de cima. Colegas tentaram argumentar em defesa da igualdade dos módulos dessa forças. Max tentou mostrar que peso e normal são forças distintas. Estudantes identificaram os pares de ação e reação nos diagramas de corpo livre. Lise transcreveu para a folha A3 o DCL que elaboram coletivamente. Estudantes cuidaram da legenda e da descrição das forças conforme norma estabelecida na parte I do tutorial.	Todos os estudantes buscaram contribuir para a resolução das tarefas. Essas contribuições se deram, predominantemente, a partir do trabalho colaborativo: eles ouviram uns aos outros, argumentaram e contra-argumentaram sobre seus pontos de vista. A adequação da legenda do DCL e da descrição das forças tal qual pedido no tutorial e enfatizado pelo professor nas plenárias é um indício de atenção e zelo com a resolução das tarefas.
09/2014	10	Ricardo pediu régua aos colegas para verificar a magnitude relativa dos DCLs produzidos nas folhas A3. Ele percebeu que o módulo da força peso do livro de baixo (tut 01, parte II, item B) não estava coerente com o módulo do peso desse mesmo livro sozinho sobre a mesa (tut 01, parte II, item A). César e Max sugeriram deixar o DCL como estava e informar o erro na apresentação dos cartazes em plenária.	Esse episódio nos permite destacar, além do envolvimento de Ricardo com a elaboração dos DCLs, a preocupação do grupo em concluir as atividades no tempo da aula. Percebemos isso quando César e Max sugeriram não corrigir a inconsistência do DCL, mas informá-la na apresentação dos cartazes em plenária. Possivelmente, na visão desses estudantes, essa decisão permitiria ao grupo avançar para as tarefas seguintes.

No QUADRO 21 apresentamos alguns dos indícios que nos levaram a inferir que os estudantes do grupo B se engajaram comportamentalmente nas tarefas propostas. É possível perceber, a partir desse quadro, que esse engajamento comportamental se orientou fortemente pelo compromisso assumido pelos estudantes de concluírem as tarefas do tutorial sobre dinâmica no tempo delimitado pelo professor. Isso impactou a dimensão cognitiva do engajamento dos estudantes nas tarefas propostas. Os estudantes engajaram-se cognitivamente nas tarefas, mas, em diferentes momentos, foram deixadas de lado discussões ricas, com potencial de mantê-los cognitivamente engajados e até mesmo de ampliar esse engajamento. Muito provavelmente, isso ocorreu porque, para os estudantes, investir tempo nessas discussões os impediria de abordar todas as tarefas propostas e de apresentar o que pareceu ter sido tomado por eles como produto a ser entregue: os DCLs elaborados em folhas A3.

Por exemplo, nas experiências de pensamento científico, identificadas nos 12º e 15º episódios da aula 07/2014, esse esforço dos estudantes orientado para a conclusão da tarefa prejudicou a manutenção do investimento cognitivo na interpretação de um fenômeno e na representação desse fenômeno a partir do DCL. Por exemplo, entre o 1º e o 12º turno de fala do episódio 12 da aula 07/2014 (QUADRO 22), há indícios do investimento cognitivo dos estudantes: eles se organizaram colaborativamente para discutir sobre a força de atrito; ouviram-se uns aos outros com respeito; apresentaram seu raciocínio, buscando embasá-lo seja nas evidências disponíveis, seja na 1ª Lei de Newton. Contudo, no 13º turno de fala, Max interrompeu a discussão em curso motivado pelo compromisso com a conclusão da tarefa. Além de interromper a discussão, a intervenção de Max minou o investimento cognitivo do grupo na elaboração do DCL, o que empobreceu a experiência de pensamento científico do grupo B.

QUADRO 22: Exemplo do impacto do engajamento comportamental sobre o engajamento cognitivo

Aula 07/2014 – grupo B – episódio 12: os estudantes trabalharam na tarefa proposta no tutorial 01, parte I, item A. Nessa tarefa, eles deveriam elaborar o DCL de um bloco empurrado para a direita por uma pessoa e puxado no mesmo sentido por outra pessoa (por meio de uma corda). O trecho transcrito focaliza a discussão sobre a representação da força de atrito no bloco.

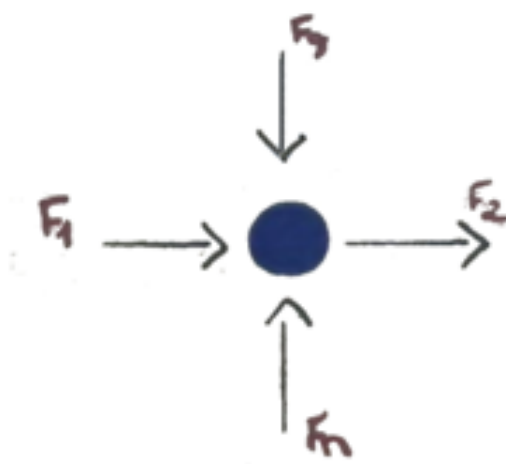
Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Ricardo	Vai por força de atrito também?	
2	César	Nossa! Você colocou ponto móvel aqui.	
3	Max	O atrito não entra não.	
4	César	Entra!	
5	Lise	Mas o bloco não se mexe, então não vai ter.	RBE Tomou a informação sobre o estado de repouso do bloco como evidência. Elaborou raciocínio com base nessa evidência, apesar do erro conceitual cometido.
6	César	Fala que não se mexe?	
7	Lise	“Entretanto, o bloco não se mexe”.	Leu instruções do tutorial para César.
8	César	É verdade, cara. O bloco não se mexe. Eles tentam mover o bloco [...] Se a gente fosse colocar a força de atrito... Ela teria que ter a mesma força resultante do que a soma do Jô e do Lu puxando.	Alunos se entreolharam e olharam para os próprios cadernos. RBE César estruturou seu raciocínio a partir da evidência destacada por Lise e da articulação com a 1ª Lei de Newton.
9	Lise	Por que ele não conseguiu...	
10	Max	O atrito... O atrito é a força que o bloco exerce sobre a Terra.	Simultaneamente à fala de Max, Lise disse algo a César. Provavelmente, Max queria dizer que o atrito é a força que Terra exerce sobre o bloco.
11	Ricardo	Então, nesse caso, a força de atrito é maior que o vetor resultante. Você sabe, né?	
12	César	É. Ele é maior. Não igual. Porque...	Não conseguiu concluir seu raciocínio, pois foi interrompido por Max.
13	Max	A gente só tem que desenhar os vetores. Não vamos nos preocupar com magnitude não.	Encerrou a discussão com essa fala. Estudantes passaram à tarefa seguinte.
14	Lise	Então tá.	

A discussão sobre a presença da força de atrito e as características dessa força era fundamental para o desenvolvimento da tarefa em curso, bem como das tarefas seguintes. Além disso, tratava-se de uma discussão com alto potencial de favorecer a reelaboração de experiências pelos estudantes. A intervenção de Max no turno 13 impediu a sustentação dessa experiência de pensamento científico por mais tempo, comprometendo não só a qualidade da mesma como a qualidade das experiências seguintes.

A FIG. 7 mostra o DCL produzido pelo grupo B. Nele há uma falha grave. As forças representadas nesse DCL não estão de acordo com o estado de repouso do bloco. A soma das forças é diferente de zero, com vetor resultante para a direita. Há indícios de que César tenha percebido essa inconsistência já no episódio 12. Veja que, no 8º turno de fala

desse episódio, ele considerou a inclusão da força de atrito no DCL e também a magnitude relativa das forças horizontais para que essa representação fosse coerente com a 1ª Lei de Newton. A fala de Ricardo no 11º turno influenciou César, pois, no turno seguinte, ele titubeou ao considerar a magnitude relativa das forças de atrito, de Jô e da corda sobre o bloco. Pareceu-nos que ele teria condições de perceber essa inconsistência ao pensar no “porquê” da afirmação de Ricardo. Contudo, o estudante foi interrompido por Max. A interrupção da experiência de pensamento científico em curso no episódio 12 não só impediu a exploração dessa inconsistência pelo grupo, como também impactou as experiências de pensamento científico no episódio 15.

FIGURA 7: DCL produzido em folha A3 pelo grupo B na aula 07/2014



F_g : Força gravitacional exercida pela Terra sobre o bloco; F_1 : Força exercida por Jô sobre o bloco; F_2 : Força exercida pela corda sobre o bloco; F_n : Força normal exercida pela superfície sobre o bloco.
Fonte: dados da pesquisa.

Esse impacto nas experiências de pensamento científico do episódio 15 pôde ser visto a partir da sequência de turnos transcritos no QUADRO 23. A parte inicial desse trecho de transcrição já foi analisada sob o ponto de vista do princípio da continuidade. No QUADRO 23, acrescentamos mais três turnos de fala e apresentamos alguns comentários novos. Agora, apresentaremos a análise deste trecho sob outro ponto de vista: o do princípio da interação.

QUADRO 23: Indícios sobre o engajamento cognitivo, comportamental e emocional dos estudantes nas tarefas propostas no tutorial de dinâmica

Aula 07/2014 – grupo B – episódio 15: os estudantes trabalharam na tarefa proposta no tutorial 01, parte I, item A. Nessa tarefa, eles deveriam elaborar o DCL de um bloco empurrado para a direita por uma pessoa e puxado no mesmo sentido por outra pessoa (por meio de uma corda). Os estudantes fizeram a conferência do diagrama de corpo livre produzido pelo grupo.			
Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Lise	Pode passar caneta assim? O tamanho está certo?	Lise apontou para DCL na folha A3. Ricardo fez sinal positivo com a cabeça.
2	Ricardo	Tá. Não está, César!? O que você acha? A normal e a gravidade se anulam quando está em repouso ou quando está em movimento constante, né?	César ouviu o que Ricardo disse com as mãos postas e olhar voltado para a folha A3.
3	César	Só que o bloco não se mexe.	Reapresentou a evidência destacada por Ricardo.
4	Ricardo	Então! Então está em repouso. É igual.	Disse que o módulo da força peso é igual ao módulo da força normal. (RBE)
5	Lise	Igual, então. Está certo.	Apontou para DCL na folha A3 (forças peso e normal).
6	César	É.	
7	Lise	Tá certo.	
8	César	Eu tô em dúvida é nessa força de atrito.	Olhou para outro grupo e disse algo. Ele xingou e fez expressão corporal que sugeriu inquietação.

No episódio 15 da aula 07/2014, os estudantes reelaboraram suas experiências com as Leis de Newton. Eles conferiram a magnitude relativa das forças verticais representadas no diagrama tendo como base a articulação da evidência do repouso do bloco com a compreensão que possuíam sobre a 1ª Lei de Newton.

No turno 2 desse episódio, César se manteve atento ao que Ricardo disse, mas com olhar fixo no DCL elaborado na folha A3. Ao colocar o rosto sob as mãos postas e olhar fixamente para o DCL, demonstrou atenção, mas também certo grau de ansiedade. Pareceu-nos que César ouvia o que Ricardo dizia, mas pensava nas forças horizontais representadas pelo grupo no DCL, porque ele se referiu à força de atrito não representada no DCL assim que teve oportunidade (8º turno desse mesmo episódio). A representação dessas forças horizontais não estava consistente com o estado de repouso do bloco. Na FIG. 7, a resultante das forças na direção vertical era nula, mas na direção horizontal a força resultante era diferente de zero e apontava para a direita.

No 8º turno de fala, César deu a entender que não concordava com a representação das forças no DCL. Parecia que o estudante tinha a expectativa de que a força de atrito fosse representada no DCL de modo que a força resultante na horizontal também fosse nula. Assim, a representação das forças estaria coerente com a 1ª Lei de Newton. Após

proferir sua fala, César interagiu com um dos grupos que não participou da pesquisa, expressando inquietação frente à incoerência percebida no DCL.

No episódio 15, os estudantes tiveram uma experiência de pensamento científico, pois raciocinaram com base em evidência ao buscarem uma solução para a tarefa. Porém, essa experiência de pensamento científico foi afetada pela experiência de pensamento científico do episódio 12. O tipo de raciocínio usado para conferir o módulo da força normal e da força peso no episódio 15 é o mesmo que deveria ter sido aplicado para conferir o módulo das forças horizontais representadas nesse DCL. Contudo, não se fez isso nem no episódio 12, nem no episódio 15. Inferimos que pelo menos um dos estudantes do grupo (César) tinha consciência dessa inconsistência, mas não agiu de modo a colocá-la em discussão. Essa espécie de omissão foi coerente com a decisão do grupo de interromper a discussão empreendida no episódio 12. A interrupção do trabalho naquela tarefa do episódio 12 não se deu para que os estudantes pudessem ficar desocupados, mas para que pudessem avançar às tarefas seguintes.

Identificamos decisões desse tipo em mais episódios das três aulas em que foram propostas tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana. Por exemplo, no QUADRO 24 transcrevemos uma sequência de turnos de fala de um episódio da aula 08/2014.

QUADRO 24: Exemplo de compromisso com a conclusão das tarefas

Aula 08/2014 – grupo B – episódio 16: os estudantes se organizaram para abordar o item B, parte II, tutorial 01. Eles decidiram como proceder a elaboração do diagrama de corpo livre e como lidar com as questões propostas no tutorial.

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Ricardo	Vamos fazer no caderno. Depois a gente passa para aí.	Sugeri elaborar o DCL no caderno para depois transferi-lo para a folha A3.
2	César	Não. Termina aqui, sô.	Propôs a elaboração na folha A3.
3	Ricardo	Não, velho. Se precisar de utilizar espaço depois?	Referiu-se ao DCL do item A, parte II, tutorial 01.
4	César	Então, tá. O diagrama 1 já está feito, né?	
5	Lise	Já está feito.	
6	César	“Um segundo livro maior é colocado em cima do primeiro. Esboce no seu caderno um diagrama de corpo livre para cada um dos livros”.	Leu enunciado do item B, parte II, tutorial 01.
7	Ricardo	Isso aqui é para responder, 1 e 2?	Apontou para os itens A1 e A2, parte II, tutorial 01. Esses itens foram contemplados nas discussões dos estudantes, mas não haviam sido respondidos no caderno.
8	César	Isso é... Você responde, mas... Responde em casa.	

Dos 1º ao 5º turno de fala, os estudantes definiram como encaminhariam o trabalho com a tarefa proposta no item B, parte II, do tutorial. Eles buscaram contribuir com a apresentação e discussão de propostas de abordagens da tarefa. A discussão sugeriu o interesse em fazer bem o que foi proposto. Esses são indicativos da dimensão comportamental do engajamento dos estudantes nas tarefas. Do 6º ao 8º turnos de fala, especificamente no 8º turno, veio à tona o compromisso com a conclusão dessas tarefas “a qualquer preço”. A sugestão de César de que os itens A1 e A2 fossem respondidos em casa permitiria ao grupo avançar na elaboração dos DCLs. Os DCLs elaborados em folha A3 pareciam ser para o grupo os principais produtos a serem entregues. Esses produtos tinham mais visibilidade que as respostas registradas no caderno, pois seriam expostos e discutidos coletivamente. A rediscussão pelos estudantes dos itens A1 e A2 da parte II do tutorial com vistas à elaboração de registro no caderno de Física seria uma oportunidade para que os estudantes investissem cognitivamente na formalização das ideias que os levaram a representar as forças no DCL do item A. Em vez disso, vimos o grupo deixar em segundo plano a elaboração desses registros para que conseguissem passar às próximas tarefas.

Do ponto de vista emocional, o grupo mostrou serenidade ao abordar as tarefas propostas. Os estudantes trabalharam para a resolução dessas tarefas sem grandes sobressaltos. Por consequência, não houve conflitos ou momentos de tensão na relação entre os membros do grupo. Ficou mais claro que os estudantes se envolveram emocionalmente com as tarefas quando tomamos para análise os momentos em que eles vivenciaram situações de desconforto produtivo. Essa clareza se deu de maneira especial, sobretudo naqueles momentos em que tiveram que solucionar discrepâncias entre suas próprias ideias e as ideias associadas aos conceitos e leis da Física. Retomaremos o trecho do episódio 15, transcrito no QUADRO 23, para apresentar exemplo do que nos levou a inferir sobre o envolvimento emocional dos estudantes com as tarefas. Na apresentação dessa análise, concentraremos a atenção em César.

As reações de César tanto no turno 2 quanto no turno 8 mostraram que a tarefa conseguiu envolvê-lo emocionalmente (ambos os turnos no episódio 15 – QUADRO 23). O estudante demonstrou ansiedade quando, durante o 2º turno de fala, pareceu perceber inconsistências no DCL ao ouvir o que Ricardo dizia. Também demonstrou inquietação e inconformismo quando, no 8º turno de fala, reafirmou sua dúvida em relação à inclusão da força de atrito no DCL e reagiu energeticamente na interação com um dos grupos.

A análise precedente nos levou a considerar que as experiências de pensamento científico dos estudantes do grupo B foram marcadas pela convergência entre as condições

objetivas para o desenvolvimento das tarefas e as condições internas de cada estudante. Essa inferência baseia-se no engajamento que os estudantes demonstraram nas tarefas do tutorial sobre dinâmica. Esse engajamento foi marcado por particularidades, em especial por momentos em que a dimensão comportamental parece ter se sobressaído às dimensões emocional e cognitiva. Apesar disso, houve momentos nos quais os estudantes se esforçaram para solucionar as tarefas e buscaram investir na compreensão das ideias e dos conceitos por trás dessas tarefas.

5.2.2.3 Influência do contexto nas experiências de pensamento científico

Identificamos três elementos do contexto que, tomados em relação uns aos outros, parecem ter influenciado as experiências de pensamento científico dos estudantes do grupo B na resolução das tarefas do tutorial sobre mecânica newtoniana:

- a) As ações do professor que favoreceram o uso de estratégias de domínio geral pelos estudantes; que estimularam o protagonismo e a colaboração; que impuseram ritmo ao desenvolvimento das atividades, com atribuição de tempos definidos para cada conjunto de tarefas; que levaram o grupo a competir pela excelência.
- b) As tarefas propostas no tutorial favoreceram o uso de estratégias de domínio geral e a colaboração entre os estudantes; proporcionaram situações de desconforto produtivo; e geraram tensão no grupo entre responder itens formalmente no caderno ou discuti-los ao longo do processo de elaboração dos diagramas de corpo livre.
- c) A liderança exercida por César que aglutinou em alguns momentos os colegas em torno das tarefas propostas, levando-os a colaborar e a se engajarem no processo de resolução das mesmas; mas que agiu de forma oposta desviando-os das tarefas em outros momentos.

As tarefas de elaboração de DCL apresentadas no tutorial 01 e as ações do professor que visaram à realização dessas tarefas pelos estudantes favoreceram o estabelecimento das experiências de pensamento científico, pois estimularam explicitamente o uso de estratégias de domínio geral. Além disso, as tarefas e as ações do professor criaram condições para que essas experiências de pensamento científico emergissem da colaboração entre os estudantes.

Como mostramos na análise do grupo A, as questões e os enunciados que constituíram as tarefas de elaboração de DCL foram diretas ao solicitar que os estudantes raciocinassem com base em evidência (RBE), que raciocinassem com base em definições operacionais (RDO) e que avaliassem as linhas de raciocínio adotadas (ALR). Na referida análise, foram exibidos trechos do tutorial que demandaram o uso dessas estratégias de domínio geral. Para evitar repetições desnecessárias, não tornaremos a apresentar esses trechos aqui. A análise desses trechos está disponível na seção 5.2.1.

O professor também foi explícito ao demandar o uso de estratégias de domínio geral, em especial o RBE. Ele agiu assim nas intervenções junto aos pequenos grupos e também nas sínteses das aulas. Apresentaremos uma situação extraída de uma das intervenções feitas pelo professor junto ao grupo B para ilustrar essa afirmativa.

QUADRO 25: Exemplo de ação do professor que estimulou o raciocínio com base em evidência

Aula 08/2014 – grupo B – episódio 18: os estudantes trabalharam na elaboração dos DCL do item B, parte II, do tutorial 01. César chamou o professor no grupo para tirar uma dúvida pessoal. A questão apresentada por César estava em discussão entre os membros do grupo.			
Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	César	É uma dúvida mais pessoal. A força de compressão deste livro sobre esse é maior que a força peso?	Ao usar o termo força de compressão referiu-se à força de contato que o livro de cima faz sobre o livro de baixo.
2	Professor	Bom, são decisões que vocês vão ter que tomar. Porque vocês vão representar isso. Então, vocês têm que ter algum critério pra decidir. Não pode ser um coisa sem critério.	
3	César	Vamos por votação.	
4	Professor	Não é bem assim que funciona. Igual na atividade das estrelas. Tem hora que o argumento não vai e vai ter que fazer alguma coisa. Aí você faz [a votação]. Mas antes de chegar na votação tem que ter argumentação.	Atividade das estrelas variáveis foi a atividade de introdução ao curso. Referências em (JULIO; VAZ; FAGUNDES, 2011; JULIO; VAZ, 2007).
5	César	Então, tá.	
6	Professor	O que significa? Você tem que usar algo que você vê, alguma coisa que você usa como experiência pessoal... É a coisa do empírico, da evidência. Ou alguma lei que todo mundo aceita. Algum conceito de física, alguma teoria de física que todo mundo aceita. Tá bom?	

As falas transcritas no QUADRO 25 se deram quando o professor interagiu com o grupo B, após ser chamado por César. No 1º turno de fala, César apresentou ao professor uma questão à qual se referiu como uma dúvida pessoal. Possivelmente, ele se referiu dessa forma por não ter se convencido dos argumentos apresentados por Max e Ricardo no episódio anterior. Max e Ricardo defendiam que a força peso do livro de cima e a força de contato que o livro de cima fazia sobre o livro de baixo possuíam o mesmo módulo. De

certo modo, César se precipitou ao chamar o professor, uma vez que a questão apresentada estava em discussão no grupo.

As respostas dadas pelo professor nos turnos 2, 4 e 6 caracterizaram bem suas ações na condução das atividades com a turma. Ele não deu uma resposta pronta, mas orientações para que o grupo pudesse reorganizar o próprio trabalho em busca de uma solução para a tarefa de elaborar os DCLs dos livros. Nessa orientação, entre outras coisas, o professor sugeriu que a resposta deveria ser buscada a partir da argumentação apoiada nas evidências disponíveis, indo ao encontro das solicitações feitas nas próprias tarefas do tutorial. Nesse caso, o professor estimulou o raciocínio baseado em evidência.

As ações do professor e as tarefas propostas no tutorial também convergiram no que diz respeito ao estímulo ao trabalho colaborativo. O estímulo à colaboração foi importante para o estabelecimento das experiências de pensamento científico, pois foram nos momentos em que o grupo se organizou colaborativamente que surgiram os confrontos de ideias e de opiniões. O recurso pelos estudantes aos conhecimentos de domínio específico e às estratégias de domínio geral foi o modo como o grupo buscou qualificar as discussões e apresentar propostas de solução para as tarefas.

As tarefas do tutorial eram simples e bastante diretas, mas, em geral, estavam estruturadas em torno de dificuldades recorrentes enfrentadas no mesmo tópico de ensino por estudantes de diferentes partes do mundo. Essa característica das tarefas gerou desconforto entre os estudantes, pois elas os levavam à perplexidade e ao conflito cognitivo. A maioria dos estudantes ou ficava paralisada ou era malsucedida ao buscar uma solução sozinha. Dessa forma, as tarefas propostas pelo tutorial impeliam os grupos a colaborarem na busca de uma solução, fazendo com que o desconforto vivido se tornasse produtivo.

O modo como as tarefas foram propostas no tutorial também incentivou as discussões nos pequenos grupos. Por exemplo, a solicitação do tutorial de que os diagramas de corpo livre fossem feitos em folha A3 favoreceu a organização colaborativa dos estudantes do grupo B, pois a folha A3 funcionou como uma plataforma comum a todos os estudantes do grupo. Tratava-se de um “espaço” comum em torno do qual giraram as discussões. Isso contribuiu para que o grupo deixasse de solucionar as tarefas a partir de contribuições individuais e nem sempre articuladas.

O professor se valeu dos DCLs elaborados em folha A3 para estabelecer uma dinâmica de exposição e discussão em plenárias. Nos episódios 08 e 22 da aula 08/2014, por exemplo, ele enfatizou a importância desses diagramas produzidos pelos estudantes

como base para a discussão entre os grupos. Essas ações do professor parecem ter reforçado o estímulo à colaboração e levado o grupo B a uma espécie de competição pela excelência: esmeraram-se na elaboração dos DCLs tanto do ponto de vista estético, quanto do ponto de vista técnico, em especial nas aulas 08/2014 e 09/2014. Na aula 07/2014, o DCL elaborado pelo grupo B havia sido mencionado pelos colegas em plenária como o de pior qualidade da turma. Isso, de alguma forma, mexeu com os estudantes: eles passaram a se preocupar em conferir os cartazes quando o final de cada aula se aproximava; compararam os próprios cartazes com os de outros grupos.

Apesar dos apelos à colaboração inerentes às próprias tarefas, houve alguns momentos em que os estudantes do grupo B tenderam a encaminhar a resolução dessas tarefas de forma individual. Isso ocorreu, por exemplo, no episódio 10 da aula 07/2014. Informações sobre esse episódio podem ser consultadas no mapa de episódios da aula. Também houve momentos em que a colaboração entre os membros foi prejudicada, pois se esperou pelo auxílio do professor para solução de impasses e dificuldades. Em especial, por parte de César, havia uma expectativa de que o professor pudesse ajudá-los nas situações em que vivenciaram desconfortos gerados pelo conflito cognitivo. Com esse intuito, a presença do professor foi solicitada pelo grupo por mais de uma vez no conjunto das três aulas, por exemplo, nos episódios 11 da aula 07/2014, 7 da aula 08/2014 e 18 da aula 08/2014.

Esses momentos em que o grupo deixou de colaborar, seja por encaminhar soluções individuais, seja por esperar pela ajuda do professor, foram oportunos para que o professor pudesse intervir com estímulos à autonomia, ao protagonismo e à colaboração dos estudantes para a resolução das tarefas. Essas situações mostraram-se muito importantes para o desenvolvimento do grupo. Em mais de uma oportunidade houve indícios de que os estudantes incorporaram esses valores relacionados à autonomia, ao protagonismo e à colaboração: veja, por exemplo, o posicionamento de Lise no episódio 15 da aula 07/2014. Outro exemplo pode ser visto no QUADRO 26, numa das aulas em que os estudantes trabalharam em tarefas do tutorial sobre pressão:

QUADRO 26: Exemplo de incorporação do valor da colaboração

Aula 13/2014 – grupo B: estudantes trabalharam na resolução da tarefa apresentada no tutorial 02, parte I, item A, na qual deveriam elaborar DCL de três porções iguais de um líquido em repouso em um recipiente. Os estudantes discutiam sobre as forças quais forças atuavam em cada uma das porções e sobre as características dessas forças. Os estudantes estavam em silêncio antes do primeiro turno de fala transcrito a seguir. Max e Ricardo escreviam no caderno, Lise lia as instruções do tutorial e César tentava chamar o professor.

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Lise	O que você está fazendo, Max?	
2	Max	O que está sendo pedido, velho.	
3	Lise	Como?	
4	César	Dialoga com o grupo, Max.	
5	Lise	Compartilha!	

Esse exemplo nos dá indícios de que os estudantes passaram a valorizar a ideia de que a colaboração e o diálogo eram fundamentais para o sucesso do grupo. Após o trecho transcrito, os estudantes começaram a discutir a construção de uma solução para a tarefa.

As intervenções do professor a favor da autonomia, do protagonismo e da colaboração entre os estudantes se deram nas plenárias e na interação com os estudantes de cada grupo. Sustentaremos nossa análise em um exemplo baseado no diálogo do professor com o grupo B, no episódio 11 da aula 07/2014:

QUADRO 27: Exemplo de estímulo à autonomia dado pelo professor em intervenção no grupo B

Aula 07/2014 – grupo B – episódio 11: os estudantes iniciaram a resolução da tarefa proposta no tutorial 01, parte I, item A. Nessa tarefa, eles deveriam elaborar o DCL de um bloco empurrado para a direita por uma pessoa e puxado no mesmo sentido por outra pessoa (por meio de uma corda). O trecho transcrito mostra o pedido de ajuda feito por César ao professor relacionado à elaboração do DCL do bloco. César abordou o professor quando este passava perto do grupo.

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	César	Ô, professor. Eu acho que o nosso pontinho ficou muito...	
2	Professor	Isso não tem cara de ponto para mim.	O professor respondeu de forma teatral e se dirigiu à porta da sala, mas parece ter se mantido atento ao grupo.
3	César	Ah, ele tem que estar todo desenhadinho. Você quer inverter a folha? E fazer um ponto menor?	Fala dirigida à Lise. Nesse momento, o professor tornou a dirigir-se ao grupo sem que fosse chamado.
4	Professor	E eu não sou padre nem gênio! Então, se isso é o ponto para você, sustenta. Tá bom? Foi feito de qualquer jeito?	Inicia a fala olhando para César.
5	César	Não	
6	Professor	Toda decisão que vocês tomarem vocês têm que tomar pensando o seguinte: qual é a base para fazer essa decisão? O que é que a gente olhou que acha que é relevante? Quais foram as razões que a gente tinha pra tomar o que a gente achou que era relevante para essa decisão? Porque, depois, vocês vão se arrepender. Faz parte do processo. Porque você faz um plano e depois vai executar o plano.	

		No meio da viagem, você percebe: “Caramba! Essa selva é muito mais densa”. A gente fez um plano que se a gente seguisse o rio, olhasse a bússola, a gente ia chegar no final. Tá bom? Então, fez isso daqui? Foi à toa?	
7	César	Não	
8	Professor	Tudo bem! Volta e faz de novo. Foi pensado? Não joga fora só porque o professor falou “eu não acho”. Tá bom?	
9	César	Entendi.	

O modo como César dirigiu-se ao professor no 1º turno de fala é sugestivo de que o estudante queria uma avaliação sobre a qualidade do ponto que fizeram para representar o bloco na folha A3. O professor deu uma resposta rápida e curta, em tom provocador. A impressão é de que ele queria avaliar a reação do grupo, pois continuou a observá-los de longe e retornou ao grupo assim que César, no 3º turno, sugeriu reformular o desenho sem qualquer discussão. Tanto que ele iniciou sua fala no 4º turno olhando fixamente para César. Nos turnos 4, 6 e 8, o professor provocou os estudantes novamente, colocando-se como alguém que pode e deve ser questionado. Ele buscou romper com a visão de senso comum do papel do professor como aquele que possui as respostas corretas e que pode inculcá-las nos estudantes (BEREITER; SCARDAMALIA, 1996; OLSON; BRUNER, 1996). O professor contribuiu com estímulo à autonomia dos estudantes ao trabalhar para mostrar que não há “a resposta correta”, mas a melhor resposta como aquela que é amparada em ideias e fatos plausíveis.

Outros três elementos do contexto tomados em interação parecem ter contribuído para as experiências de pensamento científico na resolução das tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana e para a qualidade dessas experiências: as ações do professor com vistas ao estabelecimento de ritmo para o desenvolvimento das tarefas e com vistas ao estabelecimento de competição pela excelência, as características das próprias tarefas cuja estrutura fomentava discussões nos grupos e a liderança do grupo exercida por César.

O professor agiu de modo a estabelecer um ritmo de trabalho comum a todos os grupos da sala nas três aulas em que foram desenvolvidas as tarefas do tutorial sobre dinâmica. Esse ritmo foi estabelecido durante as aulas, a partir da verificação do andamento das tarefas em cada um dos grupos da turma. Buscou-se fazer com que todos os grupos avançassem juntos pelas tarefas. As ações do professor com essa orientação se deram nas diferentes dinâmicas de cada aula: preleções, plenárias, pequenos grupos e síntese. Por exemplo, nos episódios 14 da aula 07/2014, 22 da aula 08/2014 e 2 da aula 09/2014 (APÊNDICE C) há evidências que sustentam nossa análise.

Essas ações do professor foram importantes para as experiências de pensamento científico do grupo B, pois elas contribuíram para que os estudantes retomassem as tarefas nos momentos de dispersão e para que eles concluíssem todas as tarefas propostas. Isso potencializou as oportunidades de os estudantes passarem por experiências de pensamento científico. Dizemos isso pois, após algumas dessas intervenções do professor, os estudantes retomaram o trabalho nas tarefas e mobilizaram estratégias de domínio geral para a resolução das mesmas. Veja, por exemplo, os episódios 14 e 15 da aula 07/2014 ou os episódios 22 e 23 da aula 08/2014 (APÊNDICE C).

Outro elemento do contexto que pareceu influenciar as experiências de pensamento científico do grupo B foi a liderança exercida por César. César era o líder definido pelo professor. Sua liderança se constituiu em relação aos demais elementos do contexto. Ela parece ter sido marcada pelo conflito entre o reconhecimento da importância das discussões para abordagem das tarefas e o próprio interesse e dos colegas de solucionarem no tempo da aula todas essas tarefas propostas. Também parece ter sido marcada pela compreensão de que o processo de resolução das tarefas demandava investimento de tempo nas discussões.

As ações de César em meio a esse conflito ora favoreceram o estabelecimento de experiências de pensamento científico pelo grupo, ora dificultaram ou empobreceram essas experiências. No 8º episódio da aula 08/2014, por exemplo, o estudante chamou os colegas que estavam em silêncio, tomando notas no caderno, para iniciarem a próxima tarefa: “Tá, pessoal. Vamos pensar na 2ª folha: ‘esboçam um diagrama de corpo livre para um livro em repouso sobre uma mesa nivelada’” (tut 01, parte II, item A).

Iniciativas como essa de César se deram quando o grupo estava disperso ou quando trabalharam individualmente, em silêncio. Elas foram responsáveis por colocar ou recolocar os estudantes do grupo nas tarefas. Isso os levou a discutirem possíveis soluções para as tarefas, o que criou oportunidades para a mobilização de estratégias de domínio geral.

A atuação de César como líder do grupo foi influenciada pelo ritmo marcado pelo professor para resolução das tarefas e pela estrutura das tarefas que foram apresentadas no tutorial por meio de enunciados gerais e de conjunto de pequenas questões para discussão. Ele, assim como os colegas, incorporou como uma necessidade a ideia de que tinham prazo bem-definido para concluir essas tarefas. E trabalharam com afinco para isso. As ações de César, como a do episódio 08 da aula 08/2014, transcrito anteriormente, pautaram-se por essa necessidade. No caso tomado como exemplo, César conseguiu recolocar os colegas no

processo de resolução das tarefas. Contudo, em outros casos, como mostraremos a seguir, as ações de César colocaram o grupo na resolução de novas tarefas, sem que as tarefas anteriores tivessem sido plenamente concluídas. Por essa razão, algumas experiências de pensamento científico que poderiam ter tido seu potencial educativo aumentado sofreram empobrecimento.

Já apresentamos no Quadro 24 a análise de uma situação na qual as ações de César na liderança do grupo desfavoreceram o enriquecimento das experiências de pensamento científico no processo de elaboração de um dos diagramas de corpo livre. Podemos apresentar outros exemplos a esse respeito, como o que se segue no QUADRO 28.

QUADRO 28: Exemplo de ação de César que desviou o grupo de ampliar o potencial educativo das experiências de pensamento científico

Aula 08/2014 – grupo B – episódio 10: os estudantes haviam acabado de finalizar o tutorial 01, parte I. Eles se organizaram para trabalhar na parte II. Este episódio ocorreu poucos segundos após o término do episódio 8 no qual César havia convidado os colegas a abordarem a parte II.

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Ricardo	Esse tutorial 01 era para estar todo no caderno?	Olhou para César enquanto falava.
2	César	Hum?	
3	Ricardo	Esse tutorial 01 era para estar todo respondido?	Referiu-se à parte I do tutorial 01.
4	César	Não era para estar todo respondido. Era bom que estivesse, na verdade, com o seu registro no caderno. Mas nada...	Ricardo coçou a cabeça.

Nesse episódio, vimos Ricardo questionar César sobre a necessidade de registrar no caderno as respostas às questões apresentadas no tutorial. Essas questões foram discutidas pelo grupo enquanto elaboraram o DCL, mas os estudantes não pararam para registrar a discussão no caderno. Essa demanda de registro foi apresentada pelo professor. César reconheceu que era bom que estivesse respondido, mas não o fez e desestimulou Ricardo a fazer. Esse registro escrito era uma pendência da aula anterior. Ele parecia não estar disposto a retomá-la. Possivelmente, pode ter considerado essa retomada menos importante do que a abordagem das novas tarefas da parte II. Ricardo demonstrou incômodo com esse encaminhamento, mas não se opôs ao colega.

As questões que compunham as tarefas visavam ao favorecimento de discussões entre os estudantes. Contudo, a necessidade dos estudantes de lidarem com as várias questões propostas e com a demanda de elaboração dos DCLs em folha A3 gerou tensão no grupo entre privilegiar o registro das discussões no caderno ou privilegiar as discussões em si com a elaboração do DCL em folha A3.

5.2.3 Análise contrastiva

Os estudantes do grupo A e os do grupo B tiveram experiências de pensamento científico nas atividades inspiradas pelos tutoriais, pois mobilizaram estratégias de domínio geral no processo de resolução das tarefas. Identificamos a mobilização das seguintes estratégias de domínio geral por esses estudantes no conjunto das três aulas em que trabalharam nas tarefas do tutorial: raciocínio baseado em evidência (RBE), avaliação de linha de raciocínio (ALR), raciocínio hipotético-dedutivo (RHD) e raciocínio com definições operacionais (RDO).

Pelo que observamos, as experiências de pensamento científico dos estudantes dos grupos A e B foram educativas. Afirmamos isso tendo como referência para análise os princípios da continuidade e da interação propostos por Dewey (1997). Essas experiências de pensamento científico envolveram a reelaboração de experiências prévias com conceitos e com estratégias de domínio geral. Esse processo de reelaboração conferiu potencial germinativo às experiências presentes, potencializando futuras reelaborações. Isso caracterizou uma continuidade experiencial. Essas experiências de pensamento científico também foram marcadas pelo engajamento dos estudantes nas tarefas do tutorial, o que nos levou a inferir a existência de inter-relações entre os valores, os desejos, as necessidades e as crenças dos estudantes e as condições materiais e imateriais disponíveis para o desenvolvimento das tarefas.

No entanto, notamos diferenças entre as experiências educativas de um e de outro grupo. Os dois grupos tiveram experiências educativas com qualidades distintas. Identificamos essa diferença na qualidade das experiências a partir da análise das interações que os estudantes de cada grupo estabeleceram com as condições objetivas das tarefas. Vimos que interações qualitativamente diferentes levaram a experiências qualitativamente diferentes.

O engajamento dos estudantes do grupo A nas tarefas se deu em suas múltiplas dimensões: comportamental, emocional e cognitiva. Os estudantes deram indícios de que estavam desejosos de concluir as tarefas propostas, tal qual apresentadas pelo tutorial e pelo professor. Contudo, não passaram às tarefas seguintes sem que as discussões presentes tivessem se esgotado. Eles não demonstraram preocupação com a extensão do tempo que dedicariam a discutir soluções para as tarefas. Tomamos isso como sinal de que souberam aproveitar as oportunidades de aprendizagem decorrentes do trabalho com as tarefas e de que valorizaram as oportunidades de desenvolvimento que emergiram desse trabalho.

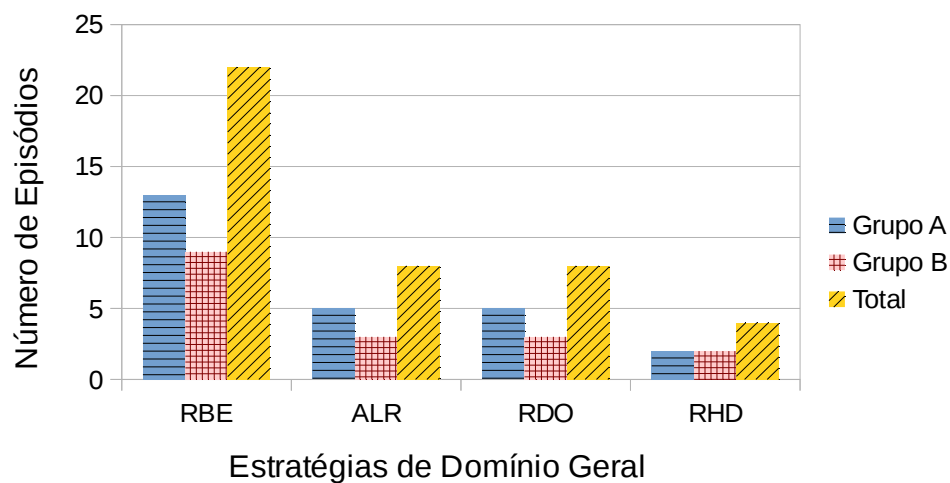
Essa maneira de se relacionar com as tarefas possibilitou aos estudantes do grupo A ampliar o potencial educativo de suas experiências de pensamento científico, visto que eles tiveram mais oportunidades de reelaborar conceitos e estratégias de domínio geral. Porém, essas experiências se mostraram emocionalmente desgastantes com o passar do tempo, pois os estudantes tiveram de lidar com dificuldades conceituais cuja solução não foi imediata, o que os levou a investir muito tempo em discussões em torno dessas dificuldades.

Os estudantes do grupo B também mobilizaram as dimensões comportamental, emocional e cognitiva do engajamento nas tarefas. Contudo, em diferentes episódios, a dimensão comportamental do engajamento se sobressaiu às demais. Isso porque os estudantes priorizaram a passagem por todas as tarefas propostas, ainda que tivessem que interromper ou abreviar discussões em curso para que dispusessem de tempo para isso. Eles manifestaram interesse em concluir as tarefas a qualquer custo, mesmo que à custa da qualidade das discussões empreendidas no processo de resolução.

A forma como os estudantes do grupo B interagiram com as tarefas permitiu que eles pudessem transitar por todas elas, mas desviou-os de excelentes oportunidades de se engajarem ou de se manterem cognitivamente engajados. Se, por um lado, eles tiveram o conforto emocional de perceberem que avançavam na resolução das tarefas propostas, por outro eles perderam a oportunidade de ampliar o potencial educativo das experiências de pensamento científico em curso e de terem novas experiências.

A contagem dos episódios em que os estudantes dos grupos A e B mobilizaram estratégias de domínio geral para solucionarem as tarefas do tutorial de dinâmica ajudou a pensar essa diferença na qualidade das experiências de pensamento científico desses estudantes.

GRÁFICO 2: Contagem dos episódios por tipo de estratégia de domínio geral que os estudantes empregaram para solucionarem as tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana

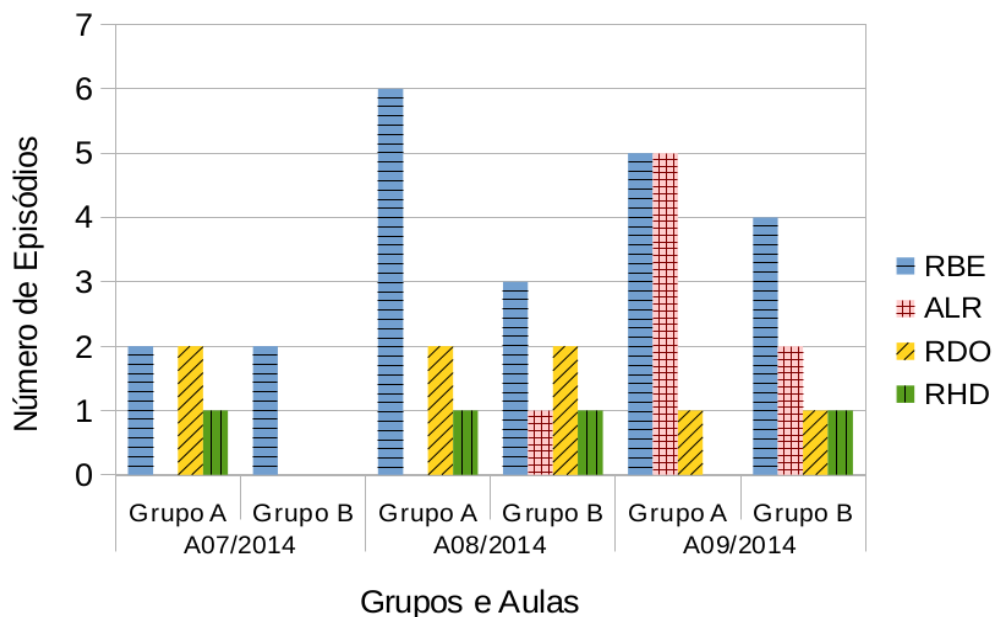


O GRÁF. 2 mostra que todas as estratégias de domínio geral que identificamos foram mobilizadas pelos estudantes dos dois grupos. O grupo A teve 47,1% a mais de episódios com mobilização de estratégias de domínio geral se comparado com o grupo B: foram 25 episódios no grupo A e 17 no grupo B. Também pode ser visto nesse gráfico que o grupo A teve mais episódios de mobilização das estratégias de RBE, ALR e RDO, se comparado com o grupo B.

Esse resultado quantitativo relaciona-se aos resultados qualitativos obtidos pela análise da qualidade das experiências dos estudantes. Como dissemos há pouco, o tipo de relação que o grupo A estabeleceu com as tarefas propiciou-lhes mais oportunidades de reelaborarem experiências, seja com o uso das ideias relacionadas às Leis de Newton, seja com o uso de estratégias de domínio geral. Isso em comparação ao grupo B que, em diferentes situações, priorizou a “agilidade” no processo de resolução das tarefas, em detrimento do investimento cognitivo na compreensão das situações estudadas. Interpretamos que isso pode ter contribuído para que o grupo B tivesse tido menos episódios com mobilização de estratégias de domínio geral em relação ao grupo A.

No GRÁF. 3, apresentamos os episódios em que houve mobilização de estratégias de domínio geral, aula por aula, nos grupos A e B. O padrão de distribuição dessas estratégias de domínio geral pelas aulas e pelos grupos manteve coerência com o tipo de tarefa que os estudantes buscaram solucionar.

GRÁFICO 3: Contagem dos episódios por grupo e por aula em que os estudantes empregaram estratégias de domínio geral para solucionar as tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana



Na maioria das tarefas do tutorial sobre dinâmica, houve demanda pela explicitação das bases que sustentavam as afirmações feitas pelos estudantes. Por isso, o RBE foi a única estratégia mobilizada em todas as aulas pelos estudantes dos dois grupos, além de ter sido a estratégia mais usadas nessas aulas. O número total de episódios em que houve uso pelos estudantes de RDO e de ALR foi o mesmo. Porém, os episódios de ALR se concentraram na aula 09/2014 para os dois grupos. Interpretamos esse fato como associado às características das tarefas que os estudantes solucionaram nessa aula 09/2014. Elas criaram condições para que os estudantes avaliassem e percebessem as incoerências nos raciocínios empreendidos na resolução das tarefas anteriores.

A estratégia de RHD foi identificada em menor número de episódios se comparada às outras estratégias, tanto no grupo A quanto no grupo B. Esse resultado relaciona-se ao fato de que nem os tutoriais, nem o professor estimularam implícita ou explicitamente o uso dessa estratégia no processo de resolução das tarefas, embora ela tenha sido suscitada por essas tarefas. Os estudantes lançaram mão dessa estratégia de maneira autônoma e criativa como forma de qualificar as discussões nos grupos.

5.3 Análise de indicadores de desenvolvimento do pensamento científico

Anteriormente, na seção 5.1, identificamos as estratégias de domínio geral que os estudantes dos grupos A e B usaram para solucionar as tarefas do tutorial sobre dinâmica. Na seção 5.2, apresentamos uma análise das experiências em que esses estudantes mobilizaram essas estratégias nas aulas 07 a 09/2014. Agora, apresentaremos a análise de casos ocorridos nas demais aulas do primeiro trimestre letivo de 2014 nos quais esses estudantes mobilizaram essas mesmas estratégias para solucionar novas tarefas no âmbito da hidrostática.

Tomamos essas situações em que houve reelaboração pelos estudantes das experiências de pensamento científico para resolução de novas tarefas de Física como indicadoras de desenvolvimento do pensamento científico. As novas tarefas a que nos referimos foram apresentadas nas aulas em que os estudantes lidaram com os tutoriais sobre pressão e sobre o princípio de Arquimedes.

Os casos cuja análise apresentaremos a seguir não são os únicos em que houve reelaboração de experiências de pensamento científico. Assim como na análise precedente, selecionamo-nos por serem bons exemplos desse tipo de reelaboração, ou seja, porque representam bem as outras situações em que houve reelaboração de experiências de pensamento científico.

5.3.1 Raciocínio baseado em evidência (RBE)

Iniciaremos pela apresentação da análise de um caso de reelaboração de experiências de pensamento científico na qual os estudantes do grupo A usaram RBE para solucionar uma tarefa que não consistia na construção de DCL, mas que foi chave para a verificação pelos estudantes dos DCLs produzidos pelo grupo.

QUADRO 29: Exemplo de reelaboração de RBE pelo grupo A na resolução de tarefa sobre pressão em fluidos

Aula 13/2014 – grupo A: estudantes trabalharam na resolução da tarefa apresentada no tutorial 02, parte I, item C (ANEXO A). Eles interpretaram os resultados de uma demonstração conduzida pelo professor, na qual deixou água fluir por três orifícios a diferentes alturas de uma garrafa inicialmente cheia do líquido. Essa demonstração estava vinculada à tarefa apresentada no item C.

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Isaac	“A existência de forças horizontais...”. Então existe, né?	Leu trecho do item C e dirigiu pergunta às colegas que tomavam nota no caderno.
2	Ada	Vai ser... O de cima tinha menos água saindo.	Falou para Maria que registrava algo no próprio caderno.
3	Isaac	Então existe, né? Porque, por exemplo, uma... Essas forças horizontais existem porque senão a água não ia sair. Certo?	Enquanto Isaac falava, suas colegas pareciam registrar no caderno a comparação entre a previsão e os resultados da demonstração. RBE O raciocínio de Isaac baseou-se no dado de que a água contida na garrafa saía pelos orifícios.
4	Ada	No de cima estava saindo menos água.	
5	Maria	[Inaudível]	
6	Isaac	E o de baixo? A de baixo tava. Então aqui, ó.	
7	Rosalinda	O de baixo tava vazando igual a um chafariz, puuumm!	
8	Ada	Estava tipo assim. Essa aqui tava quase perto, mas nem tanto. E o de cima, com o tempo, foi vazando menos.	Mostrou o desenho que fez no caderno para os colegas de grupo.
9	Isaac	Então, o que acontece? As forças horizontais existem. Em baixo é maior magnitude e em cima menor. Ô, discussão! Ô, discussão!	Demonstrou incômodo por não conseguir atenção das colegas, que continuavam a anotar no caderno. RBE Definiu a magnitude das forças horizontais que o líquido fazia sobre as paredes do recipiente com base nos dados da demonstração.
10	Maria	A gente está te ouvindo.	
11	Isaac	Ah, bom! É porque vocês têm que falar: “Ah, bom! Tá!”..	
12	Rosalinda	É porque nós somos muito profissionais, mas a gente copia e te escuta. A gente não consegue copiar, te escutar e discutir.	Usou a palavra “ <i>copia</i> ” para se referir ao ato de fazer anotações pessoais no caderno de física.

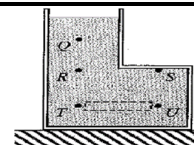
Nesse trecho de transcrição há dois turnos de fala em que o RBE é empregado pelo grupo. No 3º turno, Isaac baseou-se no dado destacado por Ada de que a água saía pelos orifícios da garrafa. Baseado nesse dado, ele afirmou que o fluido fazia força sobre as paredes do recipiente e, conseqüentemente, as paredes do recipiente faziam força sobre o fluido. No 9º turno, ele se baseou no dado sobre o alcance dos jatos e no dado sobre o fluxo de água pelos orifícios para caracterizar a intensidade da força que a água fazia sobre as paredes do recipiente em diferentes profundidades.

Esse caso é representativo de reelaboração da estratégia de domínio geral RBE, pois a discussão no grupo para interpretação da demonstração realizada pelo professor se deu com base nas evidências extraídas dessa demonstração. Esse esforço de raciocinar tendo evidências como referência foi identificado nas aulas 07, 08 e 09/2014, quando os estudantes trabalharam na elaboração de DCL. Nessas aulas, o professor havia enfatizado a importância de que todo processo argumentativo nos grupos deveria ser embasado em evidências ou em teorias ou leis. O que vemos agora, na transcrição do QUADRO 29, é uma reelaboração dessas experiências com um novo propósito: interpretar os resultados de uma demonstração experimental.

No QUADRO 30, apresentamos outra discussão entre os estudantes do grupo A, na qual reelaboraram suas experiências com RBE, mas dessa vez para comparar o módulo das forças horizontais representadas no DCL de uma porção de líquido em repouso.

QUADRO 30: Exemplo de reelaboração de RBE pelo grupo A para resolução de tarefa sobre pressão em fluidos

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Isaac	“Compare as intensidades das forças horizontais [inaudível]...”	Leu enunciado do item B, parte III, tutorial 02.
2	Ada	Sim, não?	Referiu-se à consistência da resposta com o “estado de movimento” da porção de líquido.
3	Isaac	Iguais, né?	
4	Rosalinda	Acho que não, né? As nossas retas estão iguais.	Referiu-se ao módulo dos vetores que representavam as forças nas extremidades da porção próximas dos pontos T e U.
5	Ada	Mas esse pequeno volume de água não está se movimentando.	Apresentou dado a ser considerado.
6	Isaac	Sim. Porque o corpo está parado e a resultante tem que ser zero. Não concorda não?	RBE Repouso da porção em articulação com a 1ª Lei de Newton como base para o raciocínio empreendido.
7	Maria	Sim, pois a aceleração é zero.	RBE Recurso à 2ª Lei de Newton.



Do ponto de vista conceitual, não é fácil essa comparação da intensidade das forças horizontais que agem sobre a porção de água destacada na figura, visto que sobre o ponto T há uma coluna de água maior do que sobre o ponto U. Normalmente, os estudantes consideram que a extremidade da porção voltada para o ponto T está sujeita a uma força maior que a extremidade da porção voltada para o ponto U. E os estudantes do grupo A viveram essa dificuldade. Contudo, estimulados pelo enunciado do próprio tutorial, os

estudantes conseguiram comparar corretamente o módulo das forças que agiam sobre essas extremidades da porção, pois se basearam na evidência de que ela estava em repouso e nas Leis de Newton.

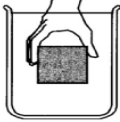
No 5º turno de fala, Ada apresentou o repouso da porção de água como um dado a ser considerado. Na sequência, Isaac concretizou o RBE ao se basear nessa informação sobre o repouso para afirmar que a força resultante sobre a porção era nula, portanto, o módulo das forças horizontais representadas no DCL deveriam ser iguais (dito no 3º turno). No 7º turno, Maria caracterizou o repouso da porção de líquido pela aceleração nula. Isso nos levou a inferir que a estudante baseou-se na 2ª Lei de Newton para interpretar o que Isaac disse no turno anterior a respeito da força resultante sobre a porção de água.

Temos, portanto, outro caso em que os estudantes reelaboraram suas experiências de pensamento científico com RBE, articulado à 1ª e à 2ª Lei de Newton. Nesse caso, eles compararam os módulos de forças representadas em um DCL construído no âmbito da mecânica dos fluidos. O tratamento dado à construção e à análise do DCL dessa porção de líquido guardou relações com o tratamento que os estudantes deram à construção e análise dos DCL do tutorial 01. Porém, aqui, fizeram isso para uma nova situação. O fato de o tutorial estimular o RBE contribuiu muito para essa reelaboração. Cabe destacar que a reelaboração dessas experiências de pensamento científico foi importante para que o grupo pudesse superar as dificuldades conceituais trazidas pela tarefa de comparar as forças e as pressões em regiões de fluidos com profundidades diferentes. Isso contribuiu não apenas para o desenvolvimento da estratégia de RBE, como também para a consolidação dos princípios da dinâmica e para a compreensão do comportamento da pressão no interior de fluidos.

Apresentaremos agora a análise de um último exemplo. Nele, os estudantes do grupo B reelaboraram suas experiências de pensamento científico com RBE ao produzirem o DCL de um objeto imerso em fluido. Trouxemos a análise desse caso, pois ele envolveu esse tipo de reelaboração para a resolução de tarefa em que o objeto de interesse executava movimento acelerado. Até então, os estudantes haviam lidado somente com objetos em equilíbrio (nas tarefas dos tutoriais). Além disso, houve novidade no fato de que o objeto de interesse estava sujeito a forças exercidas por fluidos.

QUADRO 31: Exemplo de reelaboração de RBE pelo grupo B para a resolução de tarefa de elaboração de DCL de objeto imerso em fluido

Aula 20/2014 – grupo B: estudantes trabalharam na resolução da tarefa apresentada no tutorial 03, parte I, item A (ANEXO A). Eles elaboraram o DCL de um bloco que foi abandonado próximo do centro de um béquer. Inicialmente, esse bloco foi visto flutuar na superfície da água. Os estudantes discutiam sobre as forças que agiam sobre o bloco na situação delimitada pela tarefa.



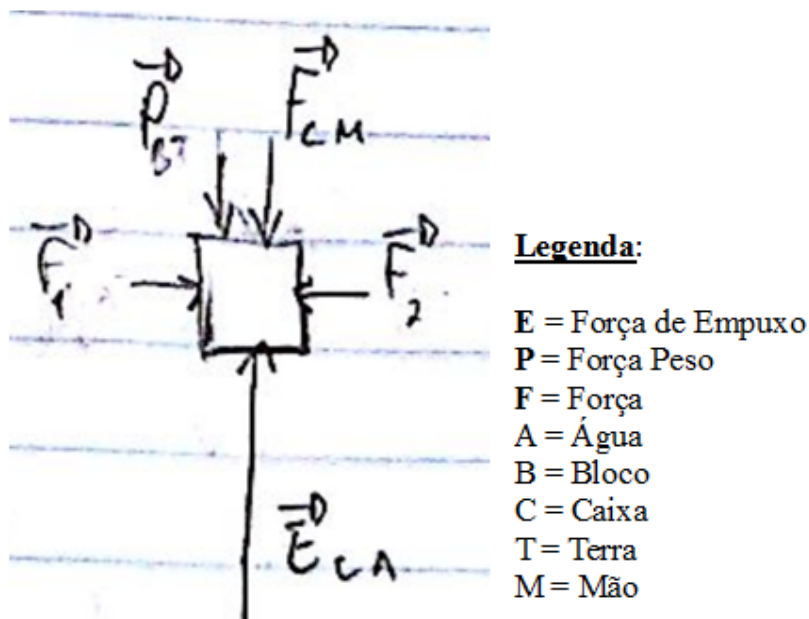
Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Lise	O empuxo é maior que o peso dele?	
2	César	O empuxo?	
3	Lise	Empuxo, peso e normal. Não. Normal não tem.	
4	César	É só empuxo e peso.	
5	Lise	Empuxo e peso! O empuxo é do mesmo tamanho que a <u>normal</u> ? Empuxo é maior, porque ele está subindo.	Consideramos que a estudante usou a palavra normal no lugar de peso por descuido, já que a sequência de turnos de fala foi muito rápida. Anteriormente, a estudante reconheceu que não havia força normal, apenas peso e empuxo. RBE Usou informação sobre o movimento do bloco para comparar as forças que agiam sobre ele.

A tarefa apresentada no tutorial 03, parte I, item A, pedia aos estudantes que representassem todas as forças que a água exercia em cada uma das paredes do bloco cúbico imerso em água. O empuxo corresponde à soma dessas forças exercidas pela água sobre o bloco. Contudo, no DCL elaborado pelos estudantes do grupo B, a força vertical de baixo para cima que a água exercia sobre a superfície inferior do bloco é que foi chamada de empuxo. Provavelmente, os estudantes tiveram contato com esse conceito em algum outro contexto, além do que a palavra empuxo foi usada pelo professor na preleção e aparecia no título do tutorial. Tinha-se a expectativa de que os estudantes cometessem esse erro, pois o próprio tutorial abordava essa dificuldade nas tarefas seguintes. Mas o que importa aqui é mostrar que, apesar dos erros conceituais, os estudantes buscaram embasar suas afirmações nas evidências disponíveis.

No 1º turno de fala, Lise propôs que o módulo da força de empuxo era maior que o módulo da força peso. No último turno de fala dessa sequência, Lise reafirmou essa relação entre os módulos das forças peso e empuxo, mas, dessa vez, apresentou a evidência que tomou como base para tal: o objeto estava subindo. Inferimos que Lise considerou que o movimento de subida do objeto era variado, já que o enunciado solicitou o DCL para o instante em que o bloco iniciaria seu movimento e que a estudante propôs um DCL com força resultante para cima.

A ideia de que havia uma força resultante para cima está presente no DCL elaborado no caderno de Ricardo. Nele, o módulo da força de empuxo exercida sobre a caixa pela água (E_{CA}) é maior que o módulo da força de peso exercida sobre o bloco pela Terra (P_{BT}).

FIGURA 8: DCL do bloco cúbico na situação descrita no tutorial 03, parte I, item A (por Ricardo)



E: Força de empuxo; P: Força peso; F: Força; A: Água; B: Bloco; C: Caixa; T: Terra; M: Mão.
Fonte: dados da pesquisa.

Nesse DCL, Ricardo intercambiou os termos caixa e bloco para designar o mesmo objeto de interesse. Ele também representou a força que a mão exercia sobre a caixa (F_{CM}). Porém, o DCL deveria enquadrar o momento imediatamente após o bloco ser solto pela pessoa no centro do béquer. Apesar disso, a resultante das forças representadas nesse DCL foi vertical e para cima, o que reforça nossa inferência de que o grupo considerou a evidência disponível a respeito do tipo de movimento realizado pelo bloco. As anotações disponíveis no caderno de Lise corroboram essa interpretação:

Nota no caderno de Lise na aula 20/2014: Para ordenar as forças, usei a informação sobre o movimento do bloco, pois, quando o bloco é abandonado, há uma força para cima exercida sobre o bloco pela água (E), maior que a força P, até chegar à posição em que estava.

Nesse caso, houve reelaboração de experiências de pensamento científico, pois existiu o cuidado de estabelecer uma relação entre as afirmações feitas e os dados disponíveis, ao estilo do que vinha sendo feito nas aulas anteriores. Além disso, foi feita articulação das Leis de Newton para solucionar uma tarefa nova o que já é um indicador de reelaboração de experiências.

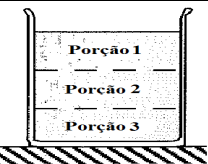
Com esses três exemplos pretendíamos mostrar o tipo de reelaboração pelos estudantes de suas experiências de pensamento científico com RBE. Eles estruturaram seus raciocínios apoiados em evidências: a) com novos propósitos, para solucionar tarefas inéditas que não envolviam diretamente a elaboração de DCL; b) com propósitos semelhantes aos anteriores, para solucionar tarefas inéditas que envolviam a elaboração de DCL. Esses processos de reelaboração de experiências podem ser tomados como indicadores de que houve desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes ao longo do 1º trimestre letivo.

5.3.2 Avaliação de linha de raciocínio (ALR)

Apresentaremos a análise de dois casos nos quais os estudantes dos grupos A e B avaliaram linhas de raciocínio propostas durante o processo de resolução de tarefas. No primeiro caso tomado para exemplo, apresentado no QUADRO 32, os estudantes empregaram ALR, como também RBE no trabalho em tarefas propostas nos tutorial 02. Contudo, a análise será centrada na ALR.

QUADRO 32: Exemplo de reelaboração de ALR pelo grupo B para elaboração de DCL que envolvia forças aplicadas por fluidos

Aula 13/2014 – grupo B: estudantes trabalharam na resolução da tarefa apresentada no tutorial 02, parte I, item A (ANEXO A), na qual deveriam elaborar DCL de três porções iguais de um líquido em repouso em um recipiente. Os estudantes discutiam sobre quais forças atuavam em cada uma das porções e sobre as características dessas forças.



Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Lise	Isso podia ser menor, não?	Propôs correção no DCL da porção 2.
2	Ricardo	Pois, é... Eis a questão.	
3	César	O que tinha que ser menor, Ricardo?	
4	Ricardo	Essa aqui. Na verdade, a força desse aqui teria que ser maior que o empuxo.	Disse que a força de compressão vertical para baixo, da porção 1 sobre a porção 2, deveria ser maior que a força de compressão vertical para cima da porção 3 sobre a porção 2 (chamou essa força de empuxo).
5	Max	Não, ué. Ele não está em movimento.	ALR e RBE.
6	Lise	É.	
7	Ricardo	Pois é...	
8	Lise	[Inaudível]	
9	Ricardo	Mas será que esse negócio de movimento se aplica aos líquidos?	
10	Max	Acho que sim.	

Nessa sequência de turnos de fala todos os estudantes do grupo estavam envolvidos. Inicialmente, Lise propôs adaptação no DCL que elaboraram para a porção 2 do líquido contido no recipiente mostrado na figura do tutorial (disponível no QUADRO 32). No 4º turno de fala, Ricardo apresentou a correção que considerou necessária ser feita nesse DCL. Em seguida, tendo como referência o estado de repouso da porção, Max fez sua avaliação da linha de raciocínio associada à proposta de correção do DCL elaborada por Ricardo. Nessa avaliação de Max, estava implícito que ele considerava que a modificação sugerida por Lise e Ricardo não deveria ser feita, pois a magnitude relativa das forças no DCL devia ser tal que a resultante das forças sobre a porção 2 fosse nula.

Consideramos que, nesse caso, houve reelaboração das experiências de pensamento científico com ALR, pois os estudantes tornaram a recorrer a 1ª Lei de Newton para avaliar as ideias por trás de uma proposta de resolução de uma tarefa. Nas experiências anteriores, os estudantes organizaram-se colaborativamente e se engajaram nas tarefas quando a estratégia de ALR foi mobilizada por um dos membros do grupo. No QUADRO 32 vemos isso acontecer mais uma vez agora que os estudantes lidavam com fluidos.

No QUADRO 33 apresentamos a análise do outro exemplo de reelaboração de ALR. Desta vez, pelos estudantes do grupo A. A sequência de turnos de fala do grupo A nessa situação de ALR foi bem mais extensa que aquela que apresentamos como primeiro

exemplo, no QUADRO 32. Essa diferença na característica das discussões entre os estudantes se repetiu em outras ocasiões e decorreu da maneira diferente de como os estudantes dos grupos A e B lidaram com as tarefas propostas, o que já discutimos nesse capítulo de análise na seção 5.2.3. O grupo A privilegiou as oportunidades de desenvolvimento propiciadas pelas tarefas do tutorial. O grupo B, em várias ocasiões, privilegiou a conclusão das tarefas ainda que para isso tivesse que abreviar ou interromper discussões importantes e potencialmente ricas para a promoção do desenvolvimento cognitivo dos membros do grupo.

QUADRO 33: Exemplo de reelaboração de ALR pelo grupo A para elaboração de DCL que envolvia força aplicada por fluidos

Aula 20/2014 – grupo A: estudantes trabalharam na resolução da tarefa apresentada no tutorial 03, parte I, item B (ANEXO A). Eles elaboraram o DCL de um bloco que foi abandonado no centro de um béquer. Esse bloco foi visto afundar na água. Os estudantes comparavam a soma das forças exercidas pela água sobre o bloco nesse DCL e naquele DCL referente à situação apresentada no item A (bloco que foi visto flutuar inicialmente).



Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Isaac	Então a 3. A seta vai ser igual, né? O vetor de soma.	Referiu-se ao item B3.
2	Ada	Oi? Na 3 vai ser a mesma magnitude, a mesma direção, porém sentido oposto.	
3	Isaac	Não. O vetor da soma...	
4	Maria	Não. Vai ter a mesma direção, porém sentido oposto.	
5	Rosalinda	Não. Vai ser tipo a...	
6	Maria	Porque em vez de subir vai descer.	
7	Isaac	O vetor da soma das forças da água vai ser o mesmo.	ALR
8	Rosalinda	Vai ser a mesma seta de antes descendo, gente.	
9	Ada	Só que descendo. Vai!	
10	Maria	Sim!	
11	Ada	Sim!	
12	Isaac	A resultante. Mas aqui está falando da soma das forças exercidas sobre o bloco pela água.	ALR
13	Ada	E não vai ser aquilo não.	
14	Maria	Vai ser o mesmo de antes.	
15	Isaac	Quais são as forças exercidas sobre o bloco pela água?	
16	Ada	As laterais vão se anular.	
17	Isaac	As laterais você não escreve.	
18	Ada	Aqui, a de cima e a de baixo. A resultante entre elas vai ser de cima para baixo.	

19	Isaac	Força para cima!	
20	Ada	Uma força para baixo!	
21	Isaac	Faz aí, ó.	
22	Ada	O bloco afunda...	
23	Rosalinda	Elas estão descendo. O bloco está afundando, Isaac.	
24	Ada	O bloco afunda.	
25	Isaac	Presta atenção. Presta atenção.	Nesse momento, o professor passou rapidamente pelo grupo e perguntou em que item estavam.
26	Isaac	Aqui, só nas forças exercidas pela água. Desconsidera o peso. Entendeu? Entendeu?	ALR
27	Ada	Eu acho assim...	
28	Rosalinda	Que é o que eu falei... Agora eu acho que entendi o que ele está falando. As forças da água são as mesmas que vão atuar no bloco 1.	
29	Isaac	Entendeu?	Dirigiu-se à Maria.
30	Maria	Eu não estou entendendo mais nada praticamente.	
31	Isaac	Você entendeu?	
32	Maria	Eu entendi que você falou que as forças da água são as mesmas.	
33	Isaac	Lembra que você desenhou aquele vetor soma? Ele vai ser o mesmo para os dois.	Referiu-se aos dois DCL desenhados no item A e no item B.
34	Maria	Ah, é porque o peso não conta, velha!	Falou para Ada.
35	Isaac	É.	
36	Maria	É para cima! O peso não conta!	
37	Isaac	Ai quando você colocar o peso vai ficar um vetor para baixo.	

Nessa sequência de turnos, a reelaboração das experiências de pensamento científico com ALR se deu a partir da comparação da soma das forças que o líquido exercia sobre as paredes de dois blocos cúbicos idênticos: um que foi visto flutuar e outro que foi visto afundar na água. Posteriormente, no próprio tutorial, essa soma de forças foi apresentada como sendo correspondente à força de empuxo exercida pelo líquido sobre o bloco.

No 1º turno dessa sequência, Isaac propôs que eram iguais as somas das forças que o líquido exercia sobre o bloco que afundava e sobre o bloco que flutuava. Em seguida, Ada propôs que a soma das forças era diferente de zero e estava orientada na vertical e para baixo. Maria e Rosalinda compartilharam o raciocínio de Ada. No diálogo contido entre os turnos 3 e 12, Isaac demonstrou ter avaliado o raciocínio empreendido pelas colegas, pois chamou a atenção para a diferença entre a ideia de “força resultante sobre o

bloco” e a ideia de “soma das forças exercidas sobre o bloco pela água”. Apesar de Isaac ter explicitado o erro de interpretação cometido por Ada, Maria e Rosalinda, essas suas colegas de grupo insistiram que a soma das forças que a água exercia sobre o bloco seria para baixo, já que o bloco iniciava um movimento de descida. Isaac não desistiu de esclarecer para as colegas em que elas estavam equivocadas. Entre os turnos 15 e 37 ele continuou a argumentar com elas até que Rosalinda e Maria compreenderam o que ele queria dizer. A partir do turno 29, Ada, que continuou sem entender, ficou pensativa, com olhar fixo ora na folha do tutorial, ora em seus colegas de grupo.

Nesse exemplo, consideramos que houve reelaboração das experiências de pensamento científico desses estudantes do grupo A envolvendo ALR, pois eles se organizaram de maneira semelhante ao que vinham fazendo nas aulas passadas: identificaram os equívocos e relataram-nos ao colegas; argumentaram intensamente buscando esclarecer o que estava errado e propor uma solução para o erro; recorreram aos dados fornecidos no texto do tutorial para embasar os argumentos. Além disso, usaram essa estratégia de domínio geral em uma nova tarefa que envolvia forças realizadas por fluidos.

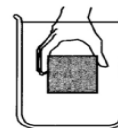
As análises desses dois exemplos mostraram que os estudantes dos grupos A e B avaliaram as linhas de raciocínio uns dos outros, apesar das tarefas não terem solicitado isso explicitamente. Eles empreenderam ALR, pois estavam engajados nas tarefas e foram estimulados a fazer isso anteriormente. Havia a preocupação em fazer as tarefas da melhor maneira possível, independentemente do tipo de compromisso que orientava cada grupo de estudante nas aulas de Física.

5.3.3 Raciocínio com definições operacionais (RDO)

Apresentaremos a análise de dois casos que exemplificam a reelaboração de experiências de pensamento científico que envolveram RDO. Nesses casos, os alunos lidaram com a definição operacional de força. Iniciaremos com o exemplo do QUADRO 34, em que os estudantes lidaram com um dos aspectos dessa definição operacional: toda força possui um agente e um paciente.

QUADRO 34: Exemplo de reelaboração de RDO

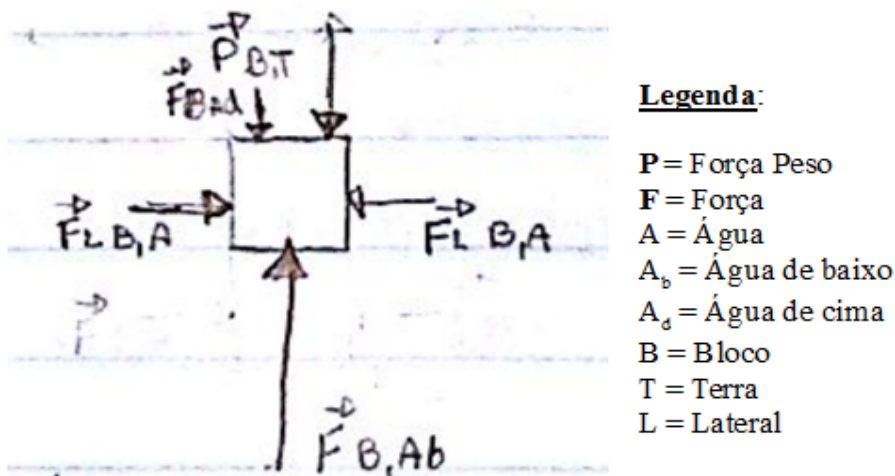
Aula 20/2014 – grupo A: estudantes trabalharam na resolução da tarefa apresentada no tutorial 03, parte I, item A (ANEXO A). Eles trabalharam na elaboração do DCL de um bloco que foi abandonado próximo do centro de um béquer. Inicialmente, esse bloco foi visto flutuar na superfície da água. Os estudantes discutiam sobre os agentes e pacientes de cada força.



Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Rosalinda	É pela água sobre o cubo ou do cubo <u>pela</u> água?	Pareceu-nos que a estudante queria saber se o cubo e a água eram agentes ou pacientes. Provavelmente, a palavra sublinhada foi dita no lugar de “sobre”.
2	Ada	É pela água sobre o cubo, BA.	B = bloco; A = Água.
3	Maria	BA.	
4	Ada	BA. Pela água sobre o cubo. Porque quem está sofrendo é o cubo, não é? Quem está realizando é a água.	

Nessa discussão, as estudantes faziam a identificação das forças que agiam sobre o bloco cúbico. Mais especificamente, daquelas exercidas pelo líquido. Ada identificou o bloco cúbico como paciente e a água como agente, além de usar os índices BA (nessa ordem) para se referir a eles. Na FIG. 9, apresentamos o DCL elaborado por Maria. Veja como esses índices BA foram usados na identificação das forças exercidas pela água sobre o bloco cilíndrico.

FIGURA 9: DCL do bloco cúbico visto flutuar na superfície da água (por Maria)



P: Força peso; F: Força; A: Água; A_b: Água de baixo; A_c: Água de cima; B: Bloco; T: Terra; L: Lateral.
Fonte: dados da pesquisa.

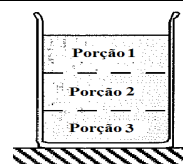
Houve reelaboração de RDO, pois essa forma de identificar as forças representadas em DCL foi apresentada no tutorial 01. Naquele tutorial, pediu-se que os estudantes usassem uma letra para representar o tipo de força e letras que seriam índices para o

paciente e o agente de cada força, nessa ordem. Vimos na sequência de turnos de fala do QUADRO 34 que o grupo recorreu a esses elementos que constituem a definição operacional de forças para pensarem nos novos objetos de interesse com os quais tiveram de lidar. Esse exemplo é representativo das situações que envolveram reelaboração de RDO, pois situações muito semelhantes foram percebidas em outras aulas e também no outro grupo analisado.

No segundo exemplo, apresentado no QUADRO 35, temos outra reelaboração de raciocínio com a definição operacional de força. Contudo, nesse exemplo, outros elementos da definição foram mobilizados pelos estudantes: há forças de contato e forças de ação à distância.

QUADRO 35: Exemplo de reelaboração de RDO

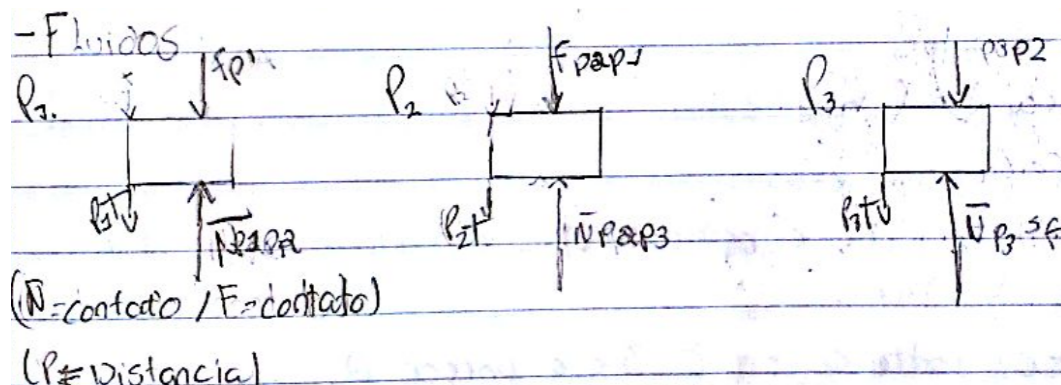
Aula 13/2014 – grupo B: estudantes trabalharam na resolução da tarefa apresentada no tutorial 02, parte I, item A (ANEXO A), na qual deveriam elaborar DCL de três porções iguais de um líquido em repouso em um recipiente. Eles discutiam sobre quais forças atuavam em cada uma das porções e sobre as características dessas forças.



Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Lise	P_1 vai ser pela Terra?	Usou P_1 para se referir à força peso sobre a porção 1.
2	César	O quê?	
3	Lise	Ou seria pelo ar?	
4	César	Qual? A primeira, a p_1 tem a força do ar mais a força da Terra. A p_2 tem a força... Acho que da porção 1 mais da Terra. E a porção 3 tem a porção 2 mais a Terra. Porque o peso da Terra é uma força de ação à distância. Agora, a compressão do ar aqui sobre o objeto é de contato. Entendeu?	Diferentemente de Lise, usou p_1 e p_2 para se referir às porções 1 e 2, respectivamente.

Motivado pelas questões de Lise, César reelaborou esses elementos da definição operacional para dizer que a força peso exercida pela Terra era de ação à distância e que a força que o ar exercia sobre a porção 1 era de contato. Isso permitiu ao grupo identificar corretamente o agente das forças. É importante destacar que, anteriormente, havia sido discutido se o ar exercia força sobre as porções 2 e 3. Com a ideia de que o ar exerce uma força de contato sobre a porção 1, pareceu ter ficado claro para o grupo que o ar interagia diretamente apenas com essa porção.

FIGURA 10: DCL das porções de líquido 1, 2 e 3, respectivamente (por César)



Fonte: dados da pesquisa.

Os DCLs elaborados por César evidenciam o que acabamos de afirmar. O grupo conseguiu identificar corretamente todos os agentes e pacientes das forças. Além disso, nos DCLs das porções 2 e 3 não se atribuiu ao ar o papel de agente da força de compressão exercida de cima para baixo. Por exemplo, na porção 2, César identificou essa força por F_{p2p1} , ou seja, essa é uma força F de compressão exercida sobre a porção 2 pela porção 1.

5.3.4 Raciocínio hipotético-dedutivo (RHD)

Entre as aulas do primeiro trimestre 10/2014 e 22/2014, identificamos somente um caso em que os estudantes dos dois grupos empregaram RHD para solucionar uma tarefa apresentada no tutorial 03. Consideramos que esse caso não devia ser tomado como um indício de reelaboração dessa estratégia de domínio geral, já que se trata de um caso isolado. Encontrar um único caso em que os estudantes empregaram RHD para solucionar as tarefas de hidrostática pareceu razoável, uma vez que identificamos somente quatro episódios nas aulas com o tutorial sobre dinâmica nos quais essa estratégia de domínio geral foi mobilizada. Além disso, o uso de RHD no contexto da dinâmica se deu por iniciativa dos estudantes, como forma de qualificar argumentos usados nas discussões. Não identificamos estímulos ao uso dessa estratégia de domínio geral, seja no texto dos tutoriais, seja nas ações e nas estratégias do professor na condução das atividades com os tutoriais.

Apesar disso, apresentaremos a análise desse caso pois percebemos que os estudantes reelaboraram suas experiências de pensamento científico relacionadas ao RBE e à ALR quando mobilizaram RHD nessa tarefa sobre o princípio de Arquimedes.

QUADRO 36: Exemplo de reelaboração de RHD

Aula 22/2014 – grupo A: estudantes trabalharam na resolução da tarefa apresentada no tutorial 03, parte IV, item A (ANEXO A). Eles compararam a intensidade das forças peso e empuxo que atuavam sobre um bloco que flutuava na superfície da água. Essa sequência de turnos de fala se deu logo após a leitura do item A2.



Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Isaac	Igual.	Sugeriu que $E = P$.
2	Ada	Continua sendo maior. Porque se fosse igual aí afundaria.	Propôs que $E > P$, como no caso em que esse bloco completamente submerso subia acelerado. RHD
3	Maria	Ele ia afundar de novo. Ele ia entrar por completo dentro da água, entendeu? Se fosse igual ele ficaria paradinho assim, no meio, no centro. Entendeu?	RHD
4	Ada	Se o empuxo fosse igual ao peso ele iria ficar no centro da água, o objeto todo.	RHD
5	Maria	Tem que ser maior ainda. Porque ele ainda mantém o objeto para fora.	
6	Ada	Ainda seria maior.	
7	Isaac	Não, gente. Mas...	
8	Maria	Aí o que exerce sobre o objeto agora mantendo ele no líquido é a pressão atmosfera.	
9	Ada	É porque se ele ainda está para cima é porque ainda tem alguma coisa empurrando ele para cima. Senão ele afundava.	
10	Isaac	Como tem um pedacinho, o empuxo dele diminui. Não é?	
11	Maria	Aham!	
12	Isaac	Fica igual ao peso.	
13	Ada	Não. Mas não fica igual ao peso porque ainda tem alguma coisa puxando o bloco para cima.	
14	Rosalinda	Não. Mas está sustentando. Essa parte para fora diminui um pouco do empuxo. Então o empuxo [inaudível]... Se o empuxo [inaudível]...	Maria começou a falar ao mesmo tempo que Rosalinda.
15	Maria	Não. O empuxo sustenta para cima e o peso sustenta para baixo. Só que o empuxo ainda é maior que o peso.	
16	Rosalinda	Não, gente! Elas têm que estar em equilíbrio para estar em repouso porque se fosse maior ele não se equilibraria.	RHD
17	Maria	Mas é porque aí entra a força atmosférica. A pressão atmosférica.	
18	Rosalinda	Que é menor que a densidade da água.	
19	Maria	Mas o que aconteceu? Ela vai empurrar o bloco para baixo. Somando com o peso ela vai...	
20	Rosalinda	O empuxo aqui não é igual ao empuxo de quando ele foi abandonado lá dentro, gente.	
21	Ada	O empuxo não é igual, mas, ainda, é maior que o peso. Porque senão fosse maior que o peso ele estaria afundando ou então no meio da água.	
22	Isaac	Olha só. O peso e o empuxo iguais. O objeto está com metade. Metade não, com um pedaço para fora. O que impede ele de descer? Se ele descer, o empuxo dele aumenta. Aí ele sobe de novo. Entendeu?	RHD

No QUADRO 36 temos uma sequência de turnos de fala na qual os estudantes se valeram do RHD em mais de uma oportunidade, com variações na estrutura do raciocínio

empregado, considerando-se o padrão completo de RHD sugerido por Lawson (2000; 2003; 2010).

No 2º turno de fala, Ada considerou erroneamente que o empuxo era maior que o peso ($E > P$) para o caso em que o bloco flutua na superfície do líquido. Apesar do erro conceitual, o raciocínio empregado pela estudante possuía elementos da estrutura de RHD. No esquema a seguir, colocamos entre parênteses as ideias contidas nas falas dos estudantes ou pequenas correções na linguagem originalmente empregada por eles.

Se: (peso e empuxo) fosse(m) igua(is),

Então: (o bloco) afundaria.

Portanto: (o empuxo) continua sendo maior.

A estrutura do RHD utilizado nesse caso foi “Se... Então... Portanto...”. Ada considerou que se o peso e o empuxo fossem iguais, o bloco afundaria, retornando ao centro do recipiente. Como a figura e o enunciado da tarefa retratavam um bloco que flutuava, Ada parece ter reconsiderado sua hipótese ao concluir que o empuxo seria maior que o peso. A previsão incorreta levou a uma conclusão conceitualmente incorreta. Ao longo de toda a sequência, Ada parece não ter considerado o erro em sua previsão, mesmo com indicações explícitas de Isaac e Rosalinda.

De certo modo, Maria, no turno de fala seguinte, pareceu ter concordado com a hipótese de Ada de que o bloco afundaria. Mas Maria foi explícita ao caracterizar o que julgou ser a situação final do bloco:

Se: (peso e empuxo) fosse(m) igua(is),

Então: ele (o bloco) ficaria paradinho assim, no meio, no centro.

A estrutura do RHD de Maria foi mais simples, do tipo “Se... Então...”. Tanto Maria quanto Ada não fizeram proposições adicionais nem propuseram testes. Isso parece ter contribuído para que elas não percebessem a inconsistência conceitual no raciocínio que empregaram.

Isaac e Rosalinda discordaram desse ponto de vista defendido por Ada e Maria. Por isso, eles avaliaram a linha de raciocínio tomada pelas colegas e tentaram contra-argumentar. Nesse processo de contra-argumentação, Isaac e Rosalinda também empreenderam RHD. De acordo com Rosalinda:

Se: (o empuxo) fosse maior (que o peso),

Então: ele (o bloco) não se equilibraria.

Portanto: elas têm que estar em equilíbrio para estar em repouso.

Vimos que Rosalinda elaborou uma hipótese e, com base nela, imaginou como seria o comportamento do objeto de interesse. A partir disso e da consideração sobre o dado do repouso do bloco, ela elaborou sua conclusão de que empuxo e peso possuíam o mesmo módulo. A mobilização de RHD por Rosalinda envolveu reelaboração de experiências de pensamento científico que envolveram RBE e ALR. Isso, pois a estudante explorou o equívoco cometido por Ada e Maria, buscou uma solução para ele e baseou-se no dado do repouso do bloco para propor essa solução.

O contra-argumento de Isaac complementou o de Rosalinda. Nele também identificamos a estrutura “Se... Então... Portanto...”:

Se: ele (o bloco) descer.

Então: o empuxo dele aumenta.

Portanto: ele sobe de novo.

A hipótese levantada por Isaac a respeito da descida do bloco permitiu-lhe mostrar a consequência disso para a força de empuxo, que passaria a exibir um comportamento “dinâmico”. Esse comportamento conferiria esse caráter “dinâmico” também ao estado de movimento do próprio bloco, que sempre tenderia ao equilíbrio.

Como Rosalinda, Isaac também reelaborou suas experiências de pensamento científico com ALR e RBE, pois ele usou a avaliação que fez do raciocínio de Ada e Maria para estruturar sua fala. Além disso, pareceu ter se baseado no dado do repouso do bloco ao afirmar no turno 22 que peso e empuxo eram iguais e ao imaginar o comportamento “dinâmico” da força de empuxo caso o bloco fosse retirado de sua posição de equilíbrio.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos o relato de uma pesquisa acerca do pensamento científico de estudantes do Ensino Médio em aulas de Física de uma escola pública federal localizada em Belo Horizonte. Entendemos que o pensamento científico é constituído pela inter-relação de conhecimentos de domínio específico (conceitos, leis e teorias, p. ex.) e de estratégias de domínio geral (raciocínio baseado em evidência e raciocínio hipotético-dedutivo, p. ex.) (BAO *et al.*, 2009; BORGES, 2006; DUNBAR; KLAHR, 2012; JULIO; VAZ, 2007; MORRIS *et al.*, 2012; ZIMMERMAN, 2000). Na investigação que conduzimos, privilegamos a análise das estratégias de domínio geral sem desconsiderar sua relação com os conhecimentos de domínio específico subjacentes às tarefas propostas aos estudantes.

Desde as fases iniciais deste trabalho, sentimo-nos instigados pelas críticas de Sharon Bailin (2002) às pesquisas em Ensino de Ciências que lidam com estratégias de domínio geral semelhantes às que investigamos. Para Bailin, as pesquisas em Ensino de Ciências caracterizam essas estratégias de domínio geral a partir da descrição de comportamentos ou formas de agir em situações de resolução de tarefas. O problema suscitado pela autora é que a condução por um indivíduo de certos procedimentos ou de conjunto de ações não é garantia de que ele esteja pensando cientificamente, uma vez que essa condução pode se dar de maneira desleixada, superficial ou irrefletida. Essa pesquisadora propõe que é preciso normatizar o que de fato configura o pensamento científico.

A análise da qualidade da condução pelos estudantes desses procedimentos e ações foi a chave para inferir se o indivíduo empreendeu pensamento científico no lugar de mobilizar estratégias de domínio geral de maneira acrítica e irrefletida. A maneira como lidamos com isso foi buscar na Teoria da Experiência de John Dewey (1997) as bases para analisar essa qualidade. Inspirados por esse referencial, tomamos como objeto de pesquisa as experiências em que os estudantes mobilizaram estratégias de domínio geral para a resolução de tarefas, a que chamamos de experiências de pensamento científico. Analisamos o potencial educativo das experiências de pensamento científico com base em dois princípios: o da continuidade e o da interação.

Essas escolhas e ações empreendidas na condução da pesquisa foram decisivas para que pudéssemos responder a quatro questões:

- a) QUESTÃO 1: quais estratégias de domínio geral são empregadas pelos estudantes para a resolução das tarefas de um tutorial sobre dinâmica newtoniana?
- b) QUESTÃO 2: quais são as características das experiências em que estudantes utilizaram essas estratégias de domínio geral?
- c) QUESTÃO 3: como o contexto no qual se dá a resolução dessas tarefas do tutorial favorece ou dificulta a constituição dessas experiências?
- d) QUESTÃO 4: que indícios de desenvolvimento do pensamento científico podem ser destacados dessas experiências?

Para responder a essas questões acompanhamos dois grupos de estudantes da 2ª série do Ensino Médio em aulas de Física ao longo do primeiro trimestre letivo de 2014 (fevereiro-abril). Gravamos esses grupos em áudio e vídeo. Fizemos notas de campo em caderno próprio no período em que acompanhamos a turma. Registramos imagens dos materiais produzidos pelos estudantes (cadernos, cartazes e provas). O tratamento e a análise desses dados foram predominantemente qualitativos, com enfoque no processo de mobilização e de desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes.

No período em campo, os estudantes foram desafiados a solucionar tarefas dos Tutoriais de Física Introdutória elaborados por Lillian McDermott, Peter Shaffer e parceiros do Grupo de Ensino de Física da Universidade de Washington/Seattle (McDERMOTT; SHAFFER, 2002). Os tutoriais constituíram o cenário de nossa investigação. As atividades didáticas que o professor estabelecia inspirado pelos tutoriais faziam parte do curso de Física da 2ª série há pelo menos cinco anos. As tarefas propostas nesses tutoriais foram idealizadas tanto para favorecer o desenvolvimento conceitual, quanto para favorecer o desenvolvimento de estratégias de domínio geral pelos estudantes (McDERMOTT; SHAFFER; CONSTANTINOU, 2000; McDERMOTT; SHAFFER, 2002; PER, 2012). Essas tarefas são tidas como desafiadoras, que estimulam discussões e que favorecem a colaboração entre os estudantes. Tais características foram ao encontro do nosso interesse de pesquisa e do delineamento metodológico que estabelecemos para abordar as questões de pesquisa. Nesse sentido, o acompanhamento dessas aulas de Física se deu por uma questão de oportunidade.

Nossa pesquisa não foi sobre os tutoriais, mas sobre o pensamento científico de estudantes em aulas de Física, em que lhes foram propostas tarefas dos tutoriais. Isso significa que os tutoriais compõem o contexto de investigação. Feita essa ressalva, salientamos que identificamos na literatura diversos trabalhos que destacam os ganhos

conceituais dos estudantes que trabalham na resolução dessas tarefas (BENEGAS; FLORES, 2014; BENEGAS, 2007; CRUZ *et al.*, 2010; FLORES; BENEGAS, 2008; PEG/UW, 2013; SLEZAK *et al.*, 2011). No entanto, apesar dos próprios idealizadores dos tutoriais explicitarem que o desenvolvimento de estratégias de domínio geral é também um dos focos dessa estratégia de ensino, não identificamos pesquisas a esse respeito. Dessa forma, uma das contribuições colaterais de nossa pesquisa é a geração de conhecimento novo sobre uma estratégia instrucional muito difundida e muito pesquisada pela comunidade internacional de Ensino de Física.

A análise dos dados nos levou a resultados que nos permitiram responder às quatro questões aqui propostas. Com a 1ª questão, comprometemo-nos a investigar quais estratégias de domínio geral os estudantes mobilizaram para a resolução das tarefas do tutorial sobre a dinâmica newtoniana. Essa foi uma questão exploratória, visto que havia poucas informações sobre as potenciais estratégias de domínio geral que poderiam ser empregadas pelos estudantes para esse fim.

Identificamos o uso de quatro estratégias de domínio geral pelos estudantes, relacionadas a seguir na ordem decrescente do número de episódios em que foram utilizadas: o raciocínio baseado em evidência (RBE), a avaliação de linha de raciocínio (ALR), o raciocínio com definição operacional (RDO) e o raciocínio hipotético-dedutivo (RHD). Esse achado é coerente com a percepção dos idealizadores do tutorial sobre os elementos do pensamento científico que devem ser trabalhados em sala de aula e como devem ser trabalhados. Inferimos sobre essa percepção com base em um trabalho em que trazem reflexões sobre o currículo dos cursos de formação inicial de professores. McDermott, Shaffer e Constantiou destacam o tipo de experiências que julgam importante que licenciandos em Física tenham para que possam reelaborá-las no futuro, quando na condição de professores: “deve ser dada a oportunidade de examinar a natureza do conteúdo para compreender não apenas o que sabemos, mas com base em que evidência e em que linhas de raciocínio chegamos a esse conhecimento” (McDERMOTT; SHAFFER; CONSTANTINO, 2000, p. 412).

As estratégias de RBE, ALR e RDO foram estimuladas pelas próprias tarefas e pelo professor. O estímulo ao RBE se deu a partir tanto dos enunciados das tarefas do tutorial, quanto das solicitações do professor aos estudantes para que baseassem suas afirmações em evidências. O estímulo à ALR veio com a própria estratégia de proposição de tarefas pelo tutorial, que foi reforçada pelo professor. Nessa estratégia, os estudantes foram solicitados a apresentarem suas concepções sobre tópicos da Física, levados a

confrontarem essas concepções com as ideias científicas relacionadas a esses tópicos e a buscarem soluções para as discrepâncias que emergiam desse confronto. O estímulo ao RDO foi devido ao fato de que todas as tarefas estavam estruturadas em torno da definição operacional de força. Além disso, o professor explicitou ou solicitou aos estudantes que explicitassem essa definição, seja nas plenárias, seja nas intervenções feitas grupo a grupo. Essa definição operacional foi usada pelos estudantes como um artefato para elaboração e conferência dos diagramas de corpo livre dos objetos enfocados pelas tarefas.

Entre as quatro estratégias de domínio geral que identificamos, o RHD foi a única que não contou com o estímulo direto das tarefas e do professor. Isso ajudou a explicar por que essa foi a estratégia com o menor número de mobilização pelos estudantes no conjunto das três aulas com o tutorial sobre dinâmica. O RHD foi usado pelos estudantes nas situações em que buscaram mostrar que a representação a partir do DCL das forças aplicadas a um objeto deveria ser de um jeito e não de outro. Ela foi empregada como forma de qualificar os argumentos e os contra-argumentos envolvidos na decisão sobre a inclusão de forças nos DCLs.

Esses resultados relacionados à primeira questão de pesquisa confirmam a expectativa de que os tutoriais têm o potencial de promover o desenvolvimento do pensamento científico. Além do desenvolvimento conceitual que já é de amplo conhecimento entre a comunidade de pesquisa em Ensino de Física, as atividades didáticas com o tutorial sobre dinâmica newtoniana, nesse contexto escolar específico, levaram os estudantes a oportunidades de mobilização de estratégias de domínio geral para resolverem tarefas. Usamos o termo atividade didática para nos referir ao conjunto das escolhas, das decisões, das ações e das estratégias do professor usadas na condução das aulas com os tutoriais. O estabelecimento dessas atividades didáticas se constituiu em um processo complexo, que foi muito além do simples ato de entregar o tutorial aos estudantes e pedir a eles que resolvessem as tarefas propostas como se, nesse caso, o material instrucional produzisse resultados miraculosos. Nesse processo complexo, está obviamente envolvida a inter-relação de todos os elementos materiais ou imateriais que constituem o contexto no qual os estudantes trabalham para a resolução das tarefas. Notamos que as ações do professor na condução dessas atividades não só estimularam os estudantes a passarem por experiências de pensamento científico, mas também forneceram o suporte necessário para que essas experiências fossem também educativas de modo semelhante ao que sugerem Hawkins e Pea (1987).

Com a segunda questão de pesquisa, tínhamos a intenção de analisar e caracterizar as experiências de pensamento científico dos estudantes. Afinal de contas, as experiências de pensamento científico foram ou não foram educativas? Como essas experiências se constituíram? Como se deram essas experiências nos diferentes grupos? O adjetivo “educativas” que qualifica a palavra experiência é uma referência ao conceito de experiência educativa (DEWEY, 1966, 1997). A definição dessa segunda questão de pesquisa foi fortemente influenciada pela crítica de Bailin (2002), que apresentamos no início deste capítulo. Os resultados relacionados à primeira questão de pesquisa indicaram que os estudantes mobilizaram certas estratégias de domínio geral para solucionarem um conjunto de tarefas nas aulas de Física. Contudo, não sabíamos muito sobre a qualidade dessa mobilização. De tudo isso veio o entendimento de que seria necessário analisar a fundo os momentos do processo de resolução das tarefas em que os estudantes empregaram estratégias de domínio geral. Por isso, passamos a investigar as experiências de pensamento científico dos estudantes.

Os resultados que obtivemos revelaram que os estudantes do grupo A e do grupo B passaram por experiências educativas, mas as experiências educativas desses estudantes foram qualitativamente distintas. Afirmamos que as experiências foram educativas, pois atenderam ao princípio da continuidade e da interação. Dizemos que as experiências dos dois grupos foram qualitativamente distintas, pois foram diferentes as maneiras como os estudantes do grupo A e do grupo B interagiram com as condições materiais e imateriais que constituíram o contexto de desenvolvimento das tarefas.

Em relação ao princípio da continuidade, vimos que as experiências de pensamento científico tanto dos estudantes do grupo A quanto dos estudantes do grupo B envolveram a reelaboração de suas experiências prévias com conceitos e com estratégias de domínio geral. Essa reelaboração caracterizou-se pelo esforço dos estudantes em utilizar conceitos e estratégias de domínio geral com as quais tiveram contato em outras ocasiões para resolverem as tarefas que lhes foram propostas. Esse esforço dos estudantes conferiu às experiências de pensamento científico o potencial de serem novamente reelaboradas em situações futuras. Nos termos deweyanos, configurou-se uma continuidade de experiências, com o estabelecimento de um fluxo experiencial: as experiências do presente tomaram algo das experiências passadas e adquiriram o potencial de influenciar as experiências futuras (DEWEY, 1966, 1997).

O princípio da interação também foi atendido pelas experiências dos dois grupos. Essa afirmação é uma inferência que fizemos com base na análise da maneira como os

estudantes se engajaram nas tarefas do tutorial. Nos grupos A e B os estudantes deram indícios de que se envolveram não só comportamentalmente, mas também emocional e cognitivamente na resolução dessas tarefas. Percebemos também que esses dois grupos possuíam as características de “grupos bem-sucedidos” na resolução de problemas de caráter investigativo encontradas por Barron (2003): os estudantes acolheram as propostas de resolução uns dos outros, discutiram-nas e tomaram decisões conjuntas.

Para nós isso é uma evidência da ocorrência de interação entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas das tarefas. As condições internas referem-se àquilo que é próprio dos estudantes, como os interesses, os desejos, os valores e as necessidades. As condições objetivas dizem respeito às condições materiais e imateriais disponíveis para o desenvolvimento das tarefas.

Apesar do envolvimento nas tarefas demonstrado pelos dois grupos, vimos que, por um lado, os estudantes do grupo A priorizaram a própria aprendizagem e a aprendizagem dos colegas de grupo nas três aulas com o tutorial sobre dinâmica. Eles cuidaram de levar a cabo todas as discussões antes de irem para as próximas tarefas. Conseguiram lidar com o desgaste emocional de se perceberem “estacionados” em discussões relacionadas a tarefas específicas, mantendo-se comportamental e cognitivamente engajados. Por outro lado, vimos que os estudantes do grupo B, em diferentes oportunidades, priorizaram a busca pela conclusão das tarefas no tempo disponibilizado pelo professor em detrimento das oportunidades de aprendizagem constituídas no grupo. O engajamento dos estudantes ora se pautou pelo compromisso com a própria aprendizagem, ora se pautou pelo compromisso em concluir a qualquer custo as tarefas propostas no tempo designado pelo professor. Isso porque o grupo de estudantes abandonou discussões sobre tarefas em curso para que pudessem avançar às próximas tarefas. Ora o abandono do trabalho em certas tarefas foi total, ora esse abandono do trabalho levou algum membro do grupo a buscar individualmente solução para as tarefas ou levou o grupo a esperar que o professor viesse auxiliá-los com respostas prontas aos desafios estabelecidos.

Com base nisso inferimos o predomínio da dimensão comportamental sobre a dimensão cognitiva do engajamento. A implicação disso para as experiências de pensamento científico do grupo B foi que esses estudantes perderam a oportunidade de ampliar o potencial educativo de experiências em curso ou deixaram de fazer novas reelaborações de experiências. Isso empobreceu o conjunto das experiências de pensamento científico desse grupo, pois, como destacam Lai (2011) e Bailin (2002), para a

mobilização e o desenvolvimento do pensamento científico não basta emoção e comportamento, é preciso também um investimento cognitivo.

Podemos contrastar este resultado com os resultados nos quais Julio, Vaz e Fagundes (2011) mostram que estudantes muito engajados no nível da atividade podem não estar engajados no nível das “tarefas de aprendizagem”, que correspondem às tarefas propostas pelo professor. Em outras palavras, o alto engajamento na atividade não garante que o grupo de estudantes se oriente pelas tarefas propostas. No caso do grupo B, os estudantes estavam muito engajados no nível da atividade e no nível das tarefas propostas. Mas houve momentos em que o engajamento no nível da atividade, marcado pelo interesse em solucionar as tarefas da melhor maneira possível e no tempo da aula, levou os estudantes a descontinuidades no engajamento no nível das tarefas. Essa descontinuidade caracterizou-se quando os estudantes deixaram de se engajar em uma tarefa e passaram à tarefa seguinte.

Essa diferença entre os dois grupos se relaciona à ideia de que as experiências possuem caráter aberto, uma vez que todas as experiências se constituem na interação entre pessoas e entre pessoas e objetos de natureza material ou imaterial (DEWEY, 1966, 1997; ROTH; JORNET, 2014). Os estudantes não formam um grupo homogêneo. Por isso, suas experiências são as mais variadas possíveis, pois também são diversas as maneiras como interagem com as condições dadas para o desenvolvimento das tarefas. Em outras palavras, as experiências escolares são diversas, pois os estudantes também são diversos (BANNER; RYDER, 2014).

Os dois grupos estavam numa mesma turma, tinham o mesmo professor, foram imbuídos da mesma tarefa e tiveram as mesmas condições materiais para solucioná-las. No entanto, cada grupo era constituído por pessoas diferentes, com experiências prévias, interesses, valores, propósitos e compromissos também diferentes. A interação das condições que são comuns aos grupos com as condições que não são comuns é o que confere às experiências esse caráter de indeterminação que, no caso estudado, levou os estudantes a experiências com qualidades distintas.

O reconhecimento de que contextos são constituídos na interação interpessoal e na interação de pessoas com objetos, e de que desses contextos emergem experiências com caráter aberto e dinâmico, nos levou a propor a terceira questão de pesquisa. A partir dessa questão, buscamos identificar como os elementos dos contextos que se constituíram no processo de resolução das tarefas do tutorial sobre dinâmica, tomados em interação, favoreceram ou dificultaram o estabelecimento das experiências de pensamento científico.

Os resultados que obtivemos com essa terceira questão de pesquisa revelaram que a sinergia entre as características das tarefas, as ações do professor na condução da atividade didática com o tutorial sobre dinâmica newtoniana e o compromisso dos estudantes com a própria aprendizagem foi fundamental para levá-los às experiências de pensamento científico.

Tanto as tarefas apresentadas por escrito pelo tutorial quanto as ações do professor na condução das atividades com os tutoriais foram explícitas no estímulo ao uso de raciocínio com base em evidência (RBE), raciocínio com definições operacionais (RDO) e avaliação de linha de raciocínio (ALR). As ações do professor e as tarefas apresentadas pelo tutorial também favoreceram a colaboração entre os estudantes e a autonomia dos grupos no processo de resolução das tarefas. As tarefas: a) por suas características que levaram os estudantes a vivenciarem e a buscarem no grupo a superação de desconfortos e dificuldades; b) que se mostravam difíceis para os que se arriscavam a abordá-las sozinhos; c) que estimularam o uso de “plataformas” coletivas, como foi o caso da elaboração de diagramas de corpo livre em folhas A3; d) que sugeriam a construção da melhor solução possível e não a apresentação da “resposta correta”. O professor: a) a partir de intervenções e solicitações diretas que destacaram a importância da colaboração para o processo de resolução das tarefas; b) que colocou o trabalho colaborativo como uma meta do grupo; c) que chamou a atenção dos estudantes que deixavam de colaborar; d) que enfatizava a importância de o grupo encontrar soluções autônomas para as tarefas; e) e que corroborava a mensagem do tutorial de que não havia respostas corretas prontas, mas sim a melhor resposta possível elaborada com base nos elementos à disposição dos grupos.

Essa constatação está de acordo com os achados de Iordanou e Constantinou (2015), que mostram que o pensamento científico se desenvolve mediante instrução específica em contextos que favorecem a reflexão e o diálogo, com tarefas centradas nos estudantes. Além disso, notamos que as ações e estratégias do professor estão de acordo com a defesa de Osborne (2010) de que os estudantes precisam ser introduzidos nas normas de interação social e precisam aprender que a função da discussão é persuadir os outros a partir de argumentos adequadamente embasados.

Além dessas ações, o professor recorrentemente solicitou aos estudantes que elaborassem registros escritos no caderno de Física sobre: a) as tarefas desenvolvidas; b) as dificuldades encontradas e as tentativas de superação; c) os erros cometidos e a correção desses erros; d) e até sobre as emoções vividas em cada aula. Essa solicitação dos registros escritos impactou diretamente as experiências de pensamento científico dos estudantes do

grupo A, que incorporaram o hábito de tomar notas e de acessar essas notas no início das aulas como ajuda à memória. Isso possibilitou seja o avanço, seja o aprofundamento de discussões em curso, já que os estudantes recorriam a essas notas no início de cada aula e retomavam o processo de resolução de tarefas tendo como referência esses registros. No grupo B, embora os estudantes tenham incorporado o hábito de tomar notas no caderno, não observamos o mesmo efeito sobre as experiências de pensamento científico que identificamos para o grupo A.

As características das tarefas propostas e das ações do professor nas aulas com o tutorial sobre dinâmica newtoniana impactaram positivamente as experiências de pensamento científico dos estudantes, mas não podemos deixar de considerar que esse impacto positivo também se deu porque os estudantes interagiram satisfatoriamente com esses elementos do contexto. Nos grupos A e B, os estudantes sentiram-se desafiados ao serem demandados a empregarem estratégias de domínio geral para resolução das tarefas propostas; aceitaram e valorizaram o desafio de trabalhar colaborativamente e de exercer a autonomia estimulada pelo professor; demonstraram compromisso com a própria aprendizagem e com a aprendizagem dos colegas de grupo.

Já destacamos que, apesar do envolvimento com as tarefas demonstrado pelos estudantes dos grupos A e B, as experiências de pensamento científico dos dois grupos foram educativas, mas distintas do ponto de vista qualitativo. Isso porque foram diferentes as maneiras como os estudantes desses grupos interagiram com as condições objetivas das tarefas. Apresentamos evidências de que algumas das experiências de pensamento científico do grupo B foram interrompidas, pois o trabalho na resolução de tarefas foi abandonado para que se pudesse avançar às tarefas seguintes. Atribuímos essa oscilação na qualidade das experiências dos estudantes do grupo B à maneira como eles se relacionaram com as estratégias usadas pelo professor de: a) marcar o tempo para resolução de cada tarefa ou de cada conjunto de tarefa; b) lembrar esses prazos aos estudantes; c) expor os diagramas de corpo livre elaborados pelos estudantes para discussão em plenária. Como dissemos, os estudantes do grupo B aceitaram os desafios propostos nas tarefas e pelo professor na condução das atividades com essas tarefas. Porém, eles parecem ter considerado de maneira especial esses prazos e a responsabilidade de se expor diante da turma nas plenárias, o que fez com que o grupo tomasse a conclusão das tarefas no tempo da aula como uma meta a ser cumprida a qualquer custo.

Por fim, faremos considerações a respeito da quarta questão de pesquisa. Por meio dessa questão propusemos investigar se os estudantes aprenderam as estratégias de

domínio geral que empregaram na resolução das tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana. Orientamo-nos pela concepção deweyana na qual aprendizagem é um processo de desenvolvimento caracterizado pela reelaboração de experiências. Uma experiência é reelaborada quando ela toma algo das experiências prévias e adquire o potencial de ser novamente reelaborada em situações futuras (DEWEY, 1966; 1997). Desse modo, se houve reelaboração de experiências consideramos que houve também processo de desenvolvimento e aprendizagem.

Nas aulas com os tutoriais sobre hidrostática, identificamos a reelaboração de três das quatro estratégias de domínio geral que os estudantes empregaram na resolução das tarefas do tutorial sobre dinâmica: raciocínio baseado em evidência (RBE), raciocínio com definições operacionais (RDO) e avaliação de linha de raciocínio (ALR). A reelaboração dessas estratégias se deu para a resolução de tarefas inéditas. Essas tarefas envolveram a interpretação de resultados de demonstrações experimentais, a construção e a conferência de diagramas de corpo livre de objetos imersos em fluidos e reflexões sobre as forças representadas nesses diagramas.

Os casos de reelaboração de estratégias de domínio geral não se deram por acaso. O uso dessas estratégias foi estimulado anteriormente, na atividade com o tutorial sobre dinâmica, e tornou a ser estimulado nas aulas seguintes com os tutoriais sobre hidrostática. O favorecimento do uso das estratégias de domínio geral continuou a ser dado pelas características das tarefas e pelas ações e estratégias do professor na condução das atividades. Este resultado vai ao encontro das discussões de Voss e Wiley (1995) e dos resultados de Adey (1999) e de Iordanou e Constantinou (2015), que mostram que o desenvolvimento do pensamento científico ocorre quando os estudantes são explicitamente demandados a usá-lo. Houve também situações em que os próprios estudantes criaram esses estímulos ao, por exemplo, pedirem aos colegas de grupo que argumentassem sobre os pontos de vista defendidos. Trata-se de uma situação peculiar que também revelou a incorporação de valores ou atitudes pelos estudantes. Embora esse não tenha sido o foco da pesquisa cujo resultado apresentamos, temos pretensões de abordar essas questões em pesquisas futuras.

O favorecimento de reelaborações de experiências, seja pelo professor, seja pelos materiais instrucionais utilizados, só adquire o potencial de promover o desenvolvimento do pensamento científico quando instiga os estudantes a aceitarem os desafios que lhes são propostos. As experiências de pensamento científico tornam-se experiências educativas quando as condições objetivas de uma atividade vão ao encontro das condições que são

próprias de cada estudante. Não basta criar as melhores condições para que os estudantes venham a usar estratégias de domínio geral para a resolução de tarefas. É também preciso que os estudantes sintam-se desafiados e convencidos da importância de fazerem isso e, como salientam Hawkins e Pea (1987), recebam suporte para tal.

Com base nas reelaborações de experiências de pensamento científico pelos estudantes dos grupos A e B que identificamos ao longo do primeiro trimestre letivo, inferimos a existência de um processo de desenvolvimento no pensamento científico desses estudantes. Em outras palavras, houve aprendizagem das estratégias de domínio geral avaliadas.

Para finalizar, faremos considerações sobre os resultados; trataremos das possíveis implicações de nossa investigação para o campo das pesquisas em Ensino de Física, Ensino de Ciências e Educação, bem como para o campo educacional; e sinalizaremos perspectivas de continuidade do trabalho.

A consideração que julgamos importante fazer é que as experiências de pensamento científico podem não ser educativas. Fomos afortunados em identificar dois grupos que tiveram experiências de pensamento científico com valor educativo. O professor desses grupos teve destreza em mobilizar recursos e estratégias para levar os estudantes a experiências educativas. Ele também foi afortunado. A percepção dessa fortuna nossa e do professor está no entendimento de que, por exemplo, o uso dos Tutoriais de Física Introdutória ou de qualquer outra estratégia instrucional baseada em pesquisa não garante experiências educativas aos estudantes. Como mostram Henderson e Dancy (2009), diferentes professores que usam uma mesma estratégia instrucional baseada em pesquisa, provavelmente, terão resultados diferentes. Interpretamos essa diferença como decorrente dos diferentes contextos, constituídos pelas interações entre as condições internas dos estudantes de uma turma e as condições objetivas para o desenvolvimento das atividades que lhes são propostas.

Nesse sentido, os nossos resultados não trazem uma receita de como conseguir que experiências de pensamento científico sejam experiências educativas. O que nossos resultados têm o potencial de fazer é informar e permitir aos interessados a reelaboração daqueles para o próprio contexto destes, de modo a potencializar a ocorrência de outros casos bem-sucedidos (Cf. SCHWAB, 1959).

Entre as possíveis implicações dos nossos resultados para o campo da pesquisa, está a apropriação que fizemos da Teoria da Experiência de John Dewey para o estudo da aprendizagem como um processo de desenvolvimento. No nosso caso, o recurso ao

conceito de experiência educativa ajudou a abordar o processo de desenvolvimento do pensamento científico de estudantes da Educação Básica. Esse conceito de experiência educativa tem o potencial de contribuir para a superação de uma das fragilidades das pesquisas sobre o pensamento científico destacadas por Bailin (2002): caracterizar a ocorrência de pensamento científico em termos de processos ou habilidades, desconsiderando-se a qualidade com que esses processos ou habilidades são mobilizados. A avaliação do potencial educativo das experiências de pensamento científico é uma das maneiras de lidar com essa questão da qualidade das experiências de pensamento científico.

A apropriação que fizemos do conceito de experiência foi orientada para a investigação de aprendizagem de estratégias de domínio geral. No entanto, ela pode ser estendida também para a abordagem de aprendizagem de conceitos científicos, de outras estratégias e de habilidades. Há na literatura outras apropriações do conceito deweyano de experiência além da que fizemos, o que reforça a percepção sobre o potencial desse conceito ainda pouco explorado por nossa área de pesquisa: Na e Song (2013), para interpretar os discursos científicos de estudantes da educação primária; Howes (2008), para analisar as experiências de estudantes e professores da educação infantil com a observação de pequenos animais como formigas, borboletas e caramujos; Pugh (2004) e Pugh *et al.* (2009) estudam a influência de experiências escolares sobre experiências cotidianas de estudantes da educação básica.

Considera-se também como uma possível implicação para o campo das pesquisas a vinculação que fizemos do princípio da interação com a definição operacional do conceito de engajamento (FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004). Essa vinculação é uma construção teórico-metodológica sobre a qual não se tem notícia em outros trabalhos. Ela se mostrou muito útil aos propósitos da nossa pesquisa e pode contribuir com outros pesquisadores interessados em investigar experiências de uma maneira geral. Ela é uma forma de operacionalizar a análise da interação entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas para o desenvolvimento de tarefas.

Cabe reiterar que nossos resultados de pesquisa podem ser relevantes para professores e para pesquisadores que se interessam pelas atividades com os Tutoriais de Física Introdutória. Isso porque desconhecemos sejam pesquisas sobre os tutoriais, sejam pesquisas em que os tutoriais constituem o contexto de investigação, que privilegiam o estudo da mobilização e do desenvolvimento de estratégias de domínio geral pelos

estudantes. E esse é um dos objetivos que McDermott e Shaffer (2002) tiveram ao elaborar esse material instrucional.

Do ponto de vista do ensino, temos a dizer que nossos resultados transparecem a complexidade de uma sala de aula real, que se configura como um contexto no qual múltiplos elementos se inter-relacionam e se constituem mutuamente. Nesse tipo de contexto, pouco controle se tem sobre as experiências dos estudantes. As experiências são indeterminadas por natureza (DEWEY, 1997; ROTH; JORNET, 2014). O professor pode manipular os elementos do contexto de forma isolada. Contudo, nunca se sabe de antemão para onde caminhará uma experiência. A despeito da indeterminação das experiências, não se pode fugir à responsabilidade de criar contextos ricos que potencializem o estabelecimento de experiências educativas e de oferecer o suporte necessário a essas experiências. Nesse sentido, o professor tem papel fundamental a desempenhar no estabelecimento de experiências educativas, levando os estudantes a se desenvolverem plenamente.

Uma mesma ação ou uma mesma estratégia adotada pelo professor na condução das atividades com os tutoriais muitas vezes surtiu efeitos diferentes nos dois grupos analisados. Isso ficou claro quando constatamos a diferença na qualidade das experiências dos estudantes dos grupos A e B. Consideramos que o estabelecimento pelo professor das dinâmicas dos pequenos grupos e das plenárias contribuiu para que ele captasse a diversidade e a complexidade inerente às atividades que estabeleceu e oferecesse suporte adequado aos pequenos grupos de modo a ajudá-los a vencer os desafios estabelecidos e a conferir potencial educativo às suas experiências. Assim, sugerimos que a diversificação das ações e das estratégias adotadas na condução de atividades didáticas tem o potencial de aumentar as possibilidades de os estudantes terem experiências educativas, embora reconheçamos que isso não significa eliminar a indeterminação inerente ao processo.

Por fim, temos a perspectiva de dar continuidade a esta pesquisa. Com os dados disponíveis, poderemos estudar a reelaboração dessas experiências de pensamento científico identificadas nas atividades com os tutoriais também nas aulas de laboratório. Em função do limite de recursos e de tempo, deixamos de explorar aspectos importantes dos dados, que gostaríamos de abordar no futuro. Buscamos indícios de desenvolvimento do pensamento científico entre as aulas 10/2014 e 22/2014 orientados pelas notas de campo e pelo conhecimento sobre as atividades desenvolvidas. Desse modo, não elaboramos mapas de episódios dessas aulas. O preço que pagamos foi não conseguir quantificar as estratégias de domínio geral mobilizadas pelos estudantes nessas outras

aulas. Isso nos permitiria, por exemplo, comparar o padrão das estratégias de domínio geral mobilizadas nas aulas com o tutorial sobre dinâmica (GRÁF. 2 e 3) com o padrão das estratégias de domínio geral empregadas nessas outras aulas. Essa comparação poderia incrementar esta discussão sobre as evidências de desenvolvimento do pensamento científico analisadas na seção 5.3. Fica isso para os próximos trabalhos.

REFERÊNCIAS

- AAAS. **Science for all Americans: Project 2061**. New York: Oxford University Press, 1990.
- ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; LEDERMAN, N. G. The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. **Science Education**, v. 82, p. 417–436, 1998.
- ADEY, P. **The Science of Thinking, and Science for Thinking: A Description of Cognitive Acceleration through Science Education (CASE)**GenebraUNESCO (IBE), , 1999. Disponível em: <<http://eric.ed.gov/ERICWebPortal/recordDetail?accno=ED442622>>
- AL-AHMADI, F. M. A.; REID, N. Scientific thinking. What is it and can it be measured? **Revista de Educación en Ciencias**, v. 12, n. 5, p. 53–59, 2011.
- ALMUDI, J. M.; CEBERIO, M. Analysis of arguments constructed by first-year engineering students addressing electromagnetic induction problems. **International Journal of Science and Mathematics Education**, n. March, 2014.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- ARONS, A. B. **Teaching Introductory Physics**. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- BAILIN, S. Critical Thinking and Science Education. **Science & Education**, v. 11, p. 361–375, 2002.
- BANNER, I.; RYDER, J. The impact of a context-led curriculum on different students' experiences of school science. In: BRUGUIÈRE, C.; TIBERGHIE, A.; CLÉMENT, P. (Eds.). **Topics and Trends in Current Science Education - 9th ESERA Conference Selected Contributions**. London: Springer, 2014. p. 369–384.
- BAO, L. et al. Learning and Scientific Reasoning. **Science**, v. 323, n. 1, p. 586–587, 2009.
- BARRON, B. When Smart Groups Fail. **Journal of the Learning Sciences**, v. 12, n. 3, p. 307–359, 2003.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. DE. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 30–59, 2014.
- BENEGAS, J. Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física. **Lat. Am. J. Phys. Educ.**, v. 1, n. 1, p. 32–38, 2007.
- BENEGAS, J.; FLORES, J. S. Effectiveness of *Tutorials for Introductory Physics* in Argentinean high schools. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2014.
- BENNETT, J. et al. Talking Science: The research evidence on the use of small group discussions in science teaching. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 1, p. 69–95, 2010.
- BEREITER, C.; SCARDAMALIA, M. Rethinking Learning. In: OLSON, D. R.; TORRANCE, N. (Eds.). **The handbook of education and human development: New models of learning, teaching, and schooling**. Cambridge: Blackwell, 1996. p. 485–513.

- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002.
- BORGES, A. T.; GILBERT, J. K. Mental Models of Electricity. **International Journal of Science Education**1, v. 21, n. 1, p. 95–117, 1999.
- BORGES, A. T.; GOMES, A. D. T. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 72–95, 2005.
- BORGES, O. Formação inicial de professores de Física: Formar mais! Formar melhor! **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 135–142, 2006.
- BORGES, O. N.; BORGES, A. T.; VAZ, A. M. Os planos dos estudantes para resolver problemas práticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 435–446, 2005.
- BORK, A. Tutorial Learning for the New Century. **Journal of Science Education and Technology**, v. 10, n. 1, p. 57–71, 2001.
- BRANCO, M. L. O sentido da educação democrática: revisitando o conceito de experiência educativa em John Dewey. **Educação e Pesquisa**, v. 36, n. 2, p. 599–610, 2010.
- BRASIL. **Diretrizes e bases da educação nacional**. Brasil, 1996.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasil, 2000.
- BRASIL. **Resolução do CNE nº 2, de 30 de Janeiro de 2012 - Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasil, 2012.
- BRIDGMAN, P. W. **The Logic of Modern Physics**. New York: Macmillan, 1927.
- BULGREN, J. A.; ELLIS, J. D.; MARQUIS, J. G. The Use and Effectiveness of an Argumentation and Evaluation Intervention in Science Classes. **Journal of Science Education and Technology**, v. 23, n. 1, p. 82–97, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. A formação do conceito de quantidade de movimento e sua conservação em crianças e adolescentes. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 163, p. 541–562, 1988.
- CASTANHEIRA, M. L. et al. Interactional Ethnography: An Approach to Studying the Social Construction of Literate Practices. **Linguistics and Education**, v. 11, n. 4, p. 353–400, 2000.
- CHAUI, M. **Convite à Filosofia**. São Paulo: Ática, 1995.
- CHEN, C.; SHE, H. The effectiveness of scientific inquiry with/without integration of scientific reasoning. **International Journal of Science and Mathematics Education**, n. Jan, 2014.
- CHOI, A.; HAND, B.; GREENBOWE, T. Students' Written Arguments in General Chemistry Laboratory Investigations. **Research in Science Education**, v. 43, n. 5, p. 1763–1783, 2012.
- COELHO, G. R. **A evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade: Um estudo longitudinal**. 2011. 173f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
- COHEN, E. Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. **Review of educational research**, v. 64, n. 1, p. 1–35, 1994.
- COLE, M. **Cultural Psychology - A once and future discipline**. Cambridge: Harvard

University Press, 1996.

COLETTA, V. P.; PHILLIPS, J. A. Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability. **American Journal of Physics**, v. 73, n. 1172, 2005.

CRUZ, E. et al. Tutorials in Introductory Physics: The Pain and the Gain. **The Physics Teacher**, v. 48, n. 7, p. 453–457, 2010.

DAMIANI, M. F. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. **Educar em Revista**, n. 31, p. 213–230, 2008.

DEWEY, J. **How We Think**. Boston: D. C. Heath & Co., 1910.

DEWEY, J. **La Experiencia y la Naturaleza**. Distrito Federal: Fondo de Cultura Economica, 1948.

DEWEY, J. **Democracy and Education**. 30. ed. New York: Free Press, 1966.

DEWEY, J. **Experience and Education**. New York: Touchstone, 1997.

DEWEY, J. **Arte como Experiência**. 1^a. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

DING, L. Verification of causal influences of reasoning skills and epistemology on physics conceptual learning. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 10, n. 2, p. 1–5, 2014.

DING, L.; WEI, X.; MOLLOHAN, K. Does Higher Education Improve Student Scientific Reasoning Skills? **International Journal of Science and Mathematics Education**, n. Dec, 2014.

DUNBAR, K.; FUGELSANG, J. Scientific Thinking and Reasoning. In: HOLYOAK, K. J.; MORRISON, R. G. (Eds.). . **The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. p. 705–725.

DUNBAR, K. N.; KLAHR, D. Scientific Thinking and Reasoning. In: HOLYOAK, K. J.; MORRISON, R. G. (Eds.). . **The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 701–718.

DUSCHL, R. A.; GITOMER, D. H. Strategies and Challenges to Changing the Focus of Assessment and Instruction in Science Classrooms. **Educational Assessment**, v. 4, n. 1, p. 37–73, 1997.

EISENHARDT, K. M. Building Theories From Case Study Research. In: HUBERMAN, A. M.; MILES, M. B. (Eds.). . **The Qualitative Researcher's Companion**. Thousand Oaks: Sage, 2002. p. 5–33.

ENNIS, R. Critical Thinking: A Streamlined Conception. **Teaching Philosophy**, v. 14, n. 1, p. 5–24, 1991.

ENNIS, R. H. Critical Thinking Assessment. **Theory Into Practice**, v. 32, n. 3, p. 179–186, 1993.

ENNIS, R. H. **The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Dispositions**. Disponível em: <http://faculty.education.illinois.edu/rhennis/documents/TheNatureofCriticalThinking_51711_000.pdf>. Acesso em: 10 de dez. 2013.

EVAGOROU, M.; OSBORNE, J. Exploring young students' collaborative argumentation within a socioscientific issue. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 50, n. 2, p.

209–237, 2013.

FARIA, A. F. **Engajamento de Estudantes em Atividade de Investigação**. 2008. 128f. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

FENSHAM, P. J. **The challenge of generic competences to science education**. (C. Bruguière, A. Tiberghien, P. Clément, Eds.) Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship. **Anais...**Lyon: ESERA, 2012. Disponível em: <http://www.esera.org/media/ebook/strand9/ebook-esera2011_FENSHAM-09.pdf>

FINKELSTEIN, N.; POLLOCK, S. Replicating and understanding successful innovations: Implementing tutorials in introductory physics. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2005.

FLORES, J. S.; BENEGAS, J. Aprendizaje de circuitos eléctricos en el nivel polimodal: Resultados de distintas aproximaciones didácticas. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 26, n. 2, p. 245–256, 2008.

FREDRICKS, J. A.; BLUMENFELD, P. C.; PARIS, A. H. School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. **Review of Educational Research**, v. 74, n. 1, p. 59–109, 2004.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática docente**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FRYDENBERG, E.; AINLEY, M.; RUSSELL, V. J. **Student Motivation and Engagement**. 2005. Disponível em <http://www.dest.gov.au/sectors/school_education/publications_resources/schooling_issues_digest/schooling_issues_digest_motivation_engagement.htm>. Acesso em: 18 de jun. 2006.

GILBERT, S.; GARCIA-MILA, M.; FELTON, M. K. The Effect of Task Instructions on Students' Use of Repetition in Argumentative Discourse. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 17, p. 2857–2878, 2013.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, n. 2, p. 125–153, 2001.

GIRELLI, M. et al. Habilidades de pensamiento crítico y superior desarrolladas por un grupo de alumnos de carreras de Física universitaria . Resultados de entrevistas realizadas a sus docentes. **Lat. Am. J. Phys. Educ.**, v. 4, n. 1, p. 194–199, 2010.

GIROD, M.; WONG, D. An aesthetic (Deweyan) perspective on science learning : Case studies of three fourth graders. **The Elementary School Journal**, v. 102, n. 3, p. 199–224, 2002.

GLASSMAN, M. Dewey and Vygotsky: Society, Experience, and Inquiry in Educational Practice. **Educational Researcher**, v. 30, n. 4, p. 3–14, 2001.

GREEN, J. L.; DIXON, C. N.; ZAHARLICK, A. A etnografia como uma lógica de investigação. **Educação em Revista**, v. 42, p. 13–79, 2005.

GREEN, J.; MEYER, L. The embeddedness or reading in classroom life: reading as a situated process. In: BAKER, C.; LUKE, A. (Eds.). . **Toward a critical sociology of reading pedagogy**. Philadelphia: John Benjamins, 1991. p. 141–160.

GUBA, E.; LINCOLN, Y. Competing Paradigms in Qualitative Research. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Eds.). . **Handbook of Qualitative Research**. Thousand Oaks: Sage,

1994. p. 105–117.

GUIDUGLI, S.; GAUNA, C. F.; BENEGAS, J. Aprendizaje activo de la cinemática lineal y su representación gráfica en la escuela secundaria. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 22, n. 3, p. 463–472, 2004.

GUNSTONE, R.; WATTS, M. Force and Motion. In: DRIVER, R.; TIBERGHEN, G.; TIBERGHEN, A. (Eds.). . **Children's Ideas in Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1985. p. 85–104.

HAGLUND, J.; JEPPSSON, F.; ANDERSSON, J. Young children's analogical reasoning in science domains. **Science Education**, v. 96, n. 4, p. 725–756, 2012.

HAMMERSLEY, M.; ATKINSON, P. **Ethnography: Principles in Practice**. New York: Routledge, 2007. v. 15

HAVDALA, R.; ASHKENAZI, G. Coordination of Theory and Evidence: Effect of epistemological theories on students' laboratory practice. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 44, n. 8, p. 1134–1159, 2007.

HAWKINS, J.; PEA, R. D. Tools for bridging the cultures of everyday and scientific thinking. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 24, n. 4, p. 291–307, 1987.

HENDERSON, C.; DANCY, M. Impact of physics education research on the teaching of introductory quantitative physics in the United States. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 5, n. 2, p. 1–8, dez. 2009.

HERON, P. R. L. et al. Helping students develop an understanding of Archimedes' principle. II. Development of research-based instructional materials. **American Journal of Physics**, v. 71, n. 11, p. 1188, 2003.

HODSON, D. Philosophy of Science, Science and Science Education. **Studies in Science Education**, n. 12, p. 25–57, 1985.

HODSON, D. Philosophy of science and science education. **Journal of Philosophy of Education**, v. 20, n. 2, p. 215–225, 1986.

HODSON, D.; WONG, S. L. From the Horse's Mouth: Why scientists' views are crucial to nature of science understanding. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 16, p. 1–27, 2014.

HOLYOAK, K. J.; MORRISON, R. G. (EDS.). **The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning**. New York: Oxford University Press, 2012.

HOWES, E. V. Educative experiences and early childhood science education: A Deweyan perspective on learning to observe. **Teaching and Teacher Education**, v. 24, n. 3, p. 536–549, 2008.

IORDANOU, K.; CONSTANTINO, C. P. Supporting Use of Evidence in Argumentation Through Practice in Argumentation and Reflection in the Context of SOCRATES Learning Environment. **Science Education**, v. 99, n. 2, p. 282–311, 2015.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUSTAMANTE, J. D. DE. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias : Cuestiones teóricas y metodológicas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 3, p. 359–370, 2003.

JULIO, J. M. **Física e Masculinidades: microanálise de atividades de investigação na escola**. 2009. 191f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

- JULIO, J. M.; VAZ, A. M. Grupos de alunos como grupos de trabalho: um estudo sobre atividades de investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, 2007.
- JULIO, J. M.; VAZ, A. M.; FAGUNDES, A. Atenção: Alunos engajados - Análise de um grupo de aprendizagem em atividade de investigação. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, n. 1, p. 63–81, 2011.
- JULIO, J. M.; VAZ, A. M.; FARIA, A. F. **Ensino de Física e o desenvolvimento do pensar e pensamento científico: um estudo sobre atividades baseadas em pesquisa**, 2011.
- JUNIOR, P. D. C. et al. Ensino de Física nos anos iniciais: Análise da argumentação na resolução de uma “atividade de conhecimento físico”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 2, p. 489–507, 2012.
- JUSTI, R.; CARVALHO, N. B. Papel da analogia do mar de elétrons na compreensão do modelo de ligação metálica. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 23, n. extra, 2005.
- KANARI, Z.; MILLAR, R. Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 7, p. 748–769, 2004.
- KASSEBOEHMER, A. C.; FERREIRA, L. H. Método investigativo em aulas teóricas de Química: estudo das condições da formação do espírito científico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, p. 144–168, 2013.
- KATCHEVICH, D.; HOFSTEIN, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. Argumentation in the Chemistry Laboratory: Inquiry and Confirmatory Experiments. **Research in Science Education**, v. 43, n. 1, p. 317–345, 2013.
- KELLER, C. J. et al. **Assessing the effectiveness of a computer simulation in conjunction with Tutorials in Introductory Physics in undergraduate physics recitations**. (P. Heron, L. McCullough, J. Marx, Eds.) Physics Education Research Conference Proceedings. **Anais...Salt Lake: AIP**, 2005
- KLAHR, D.; DUNBAR, K. Dual Space Search During Scientific Reasoning. **Cognitive Science**, v. 12, n. 1, p. 1–48, jan. 1988.
- KLAHR, D.; ZIMMERMAN, C.; JIROUT, J. Educational Interventions to Advance Children’s Scientific Thinking. **Science**, v. 333, p. 971–975, 2011.
- KOLB, D. A. The process of experiential learning. In: **Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development**. New Jersey: Prentice Hall, 1984. p. 20–38.
- KRUCKEBERG, R. A Deweyan Perspective on Science Education: Constructivism, Experience, and Why We Learn Science. **Science & Education**, v. 15, n. 1, p. 1–30, 2006.
- KUHN, D. Children and adults as intuitive scientists. **Psychological review**, v. 96, n. 4, p. 674–689, 1989.
- KUHN, D.; AMSEL, E.; O’LOUGHLIN, M. **The Development of Scientific Thinking Skills**. San Diego: Academic Press, 1988.
- KUHN, D.; PEARSALL, S. Developmental Origins of Scientific Thinking. **Journal of Cognition and Development**, v. 1, n. 1, p. 113–129, 2000.
- KULATUNGA, U.; MOOG, R. S.; LEWIS, J. E. Argumentation and participation patterns

- in general chemistry peer-led sessions. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 50, n. 10, p. 1207–1231, 2013.
- LAI, E. R. Critical Thinking : A Literature Review. **Pearson's Research Reports**, v. 6, 2011.
- LARKIN, S. Collaborative Group Work and Individual Development of Metacognition in the Early Years. **Research in Science Education**, v. 36, p. 7–27, 2006.
- LAWSON, A. E. The development and validation of a classroom test of formal reasoning. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 15, n. 1, p. 11–24, 1978.
- LAWSON, A. E. The nature of advanced reasoning and science instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 19, n. 9, p. 743–760, 1982.
- LAWSON, A. E. The Generality of Hypothetico-Deductive Reasoning: Making Scientific Thinking Explicit. **The American Biology Teacher**, v. 62, n. 7, p. 482, 2000.
- LAWSON, A. E. Allchin's Shoehorn, or Why Science is Hypothetico-Deductive. **Science & Education**, v. 12, n. 3, p. 331–337, 2003.
- LAWSON, A. E. Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. **Science Education**, v. 94, n. 2, p. 336–364, 2010.
- LEE, G.-H.; LIN, C.-S.; LIN, Y.-H. How experienced tutors facilitate tutorial dynamics in PBL groups. **Medical Teacher**, v. 35, p. 935–942, 2012.
- LEE, H. S.; PARK, J. Deductive reasoning to teach newton ' s law of motion. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 11, p. 1391–1414, 2013.
- LIN, S. Science and non-science undergraduate students ' critical thinking and argumentation performance in reading a science news report. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 12, p. 1023–1046, 2014.
- LIPMAN, M. **Thinking in Education**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- LOCATELLI, R. J.; CARVALHO, A. M. P. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, p. 1–18, 2007.
- LORENZO, M.; CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Reducing the gender gap in the physics classroom. **American Journal of Physics**, v. 74, n. 2, p. 118–122, 2006.
- LOYENS, S. M. M. et al. Students' approaches to learning in problem-based learning: Taking into account professional behavior in the tutorial groups, self-study time, and different assessment aspects. **Studies in Educational Evaluation**, v. 39, n. 1, p. 23–32, 2013.
- LUBBEN, F. et al. Gauging Students' Untutored Ability in Argumentation about Experimental Data: A South African case study. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 16, p. 2143–2166, 2010.
- MAEYER, J.; TALANQUER, V. The role of intuitive heuristics in students' thinking: Ranking chemical substances. **Science Education**, v. 94, n. 6, p. 963–984, 2010.
- MAIA, P. F.; JUSTI, R. Desenvolvimento de habilidades no Ensino de Ciências e o processo de avaliação: Análise da coerência. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 431–450, 2008.

- MANSILLA, V. B.; JACKSON, A. **Educating for Global Competence: Preparing Our Youth to Engage the World**. New York: Asia Society, 2011.
- MARTON, F.; BOOTH, S. The Learner's Experience of Learning. In: OLSON, D. R.; TORRANCE, N. (Eds.). . **The handbook of education and human development: New models of learning, teaching, and schooling**. Malden: Blackwell, 1998. p. 534–564.
- MARUŠIĆ, M.; SLIŠKO, J. Influence of Three Different Methods of Teaching Physics on the Gain in Students' Development of Reasoning. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 2, p. 301–326, 2012.
- MASHOOD, K. K.; SINGH, V. A. Large-scale studies on the transferability of general problem-solving skills and the pedagogic potential of physics. **Physics Education**, v. 48, n. 5, p. 629–635, 2013.
- MAURINES, L. Geometrical Reasoning in Wave Situations: The case of light diffraction and coherent illumination optical imaging. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 14, p. 1895–1926, 2010.
- MCCOMAS, W. F. (ED.). **The Nature of Science in Science Education - Rationales and Strategies**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- MCDERMOTT, L. C.; SHAFFER, P. S. **Tutorials in Introductory Physics**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002.
- MCDERMOTT, L. C.; SHAFFER, P. S.; CONSTANTINOU, C. P. Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. **Physics Education**, v. 35, n. 6, p. 411–416, 2000.
- MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Analogias sobre ligações químicas elaboradas por alunos do ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2006.
- MERCER, N. **The guided construction of Knowledge: Talk amongst teachers and learners**. Clevedon: Multilingual Matters, 1995.
- MESTRE, L. S. Student preference for tutorial design: a usability study. **Reference Services Review**, v. 40, n. 2, p. 258–276, 2012.
- MILLAR, R.; LUBBEN, F. Knowledge and Action: Students' Understanding of the Procedures of Scientific Enquiry. In: WELDFORD, G.; OSBORNE, J.; SCOTT, P. (Eds.). . **Research in Science and Education in Europe**. London: Falmer Press, 1996. p. 166–173.
- MILNE, C.; OTIENO, T. Understanding engagement: Science demonstrations and emotional energy. **Science Education**, v. 91, n. 4, p. 523–553, 2007.
- MOORE, J. C. Transitional to Formal Operational: Using Authentic Research Experiences to Get Non-Science Students to Think More Like Scientists. **European J Of Physics Education**, v. 3, n. 4, 2012.
- MOORE, J. C.; RUBBO, L. J. Scientific reasoning abilities of nonscience majors in physics-based courses. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 8, n. 1, p. 1–8, 2012.
- MORRIS, B. J. et al. The Emergence of Scientific Reasoning. In: KLOOS, H.; MORRIS, B. J.; AMARAL, J. L. (Eds.). . **Current Topics in Children's Learning and Cognition**. Rijeka: In Tech, 2012. p. 61–82.

- MORTIMER, E. F. et al. Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de Ciências. In: NARDI, R. (Ed.). . **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: Alguns Recortes**. 1. ed. São Paulo: Escrituras, 2007. p. 53–94.
- MULDER, Y. G.; LAZONDER, A. W.; DE JONG, T. Finding Out How They Find It Out: An empirical analysis of inquiry learners' need for support. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 15, p. 2033–2053, 2010.
- NA, J.; SONG, J. Why Everyday Experience? Interpreting Primary Students' Science Discourse from the Perspective of John Dewey. **Science & Education**, v. 23, n. 5, p. 1031–1049, 2013.
- NIEMINEN, P.; SAVINAINEN, A.; VIIRI, J. Relations between representational consistency, conceptual understanding of the force concept, and scientific reasoning. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 8, n. 1, p. 1–10, 2012.
- NRC. **A Framework for K-12 Science Education - Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Washington (DC): The National Academies Press, 2012.
- NRC. **Next Generation Science Standards (2013)**. Disponível em: <<http://www.nextgenscience.org/>>. Acesso em: 12 fev. 2015.
- OLSON, D. R.; BRUNER, J. S. Folk Psychology and Folk Pedagogy. In: OLSON, D. R.; TORRANCE, N. (Eds.). . **The handbook of education and human development: New models of learning, teaching, and schooling**. Cambridge: Blackwell, 1996. p. 9–27.
- OSBORNE, J. Arguing to learn in science: the role of collaborative, critical discourse. **Science**, v. 328, n. 5977, p. 463–6, 23 abr. 2010.
- OSBORNE, J. et al. Learning to argue: A study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 50, n. 3, p. 315–347, 2013.
- OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the quality of argumentation in school science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 10, p. 994–1020, 2004.
- PAULA, H. DE F. E; BORGES, A. T. Avaliação e testes de explicações na Educação em Ciências. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 175–192, 2007.
- PEG/UW. **Preface to Tutorials in Introductory Physics**. Disponível em: <<http://depts.washington.edu/uwpeg/tutorial/preface>>. Acesso em: 25 maio. 2013.
- PER. **PER User's Guide: Tutorials in Introductory Physics**. Disponível em: <http://perusersguide.org/guides/guide.cfm?G=Tutorials_in_Introductory_Physics>. Acesso em: 10 de jun. de 2012.
- PIEKNY, J.; GRUBE, D.; MAEHLER, C. The Development of Experimentation and Evidence Evaluation Skills at Preschool Age. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 2, p. 334–354, 2014.
- POLLOCK, S. J. **No Single Cause: Learning Gains, Student Attitudes, and the Impacts of Multiple Effective Reforms**. AIP Conference Proceedings. **Anais...Aip**, 2005. Disponível em: <<http://link.aip.org/link/?APC/790/137/1&Agg=doi>>
- POLLOCK, S. J.; FINKELSTEIN, N. D.; KOST, L. E. Reducing the gender gap in the physics classroom: How sufficient is interactive engagement? **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 3, n. 1, p. 1–4, 2007.

- POSTHOLM, M. B. Cultural historical activity theory and Dewey ' s idea-based social constructivism : Consequences for Educational Research. **Critical Social Studies**, n. 1, p. 37–48, 2008.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. A aquisição de procedimentos - Aprendendo a aprender e a fazer ciência. In: **A aprendizagem e o Ensino de Ciências - Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 46–76.
- PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C.; GIL-PÉREZ, D. Problema, Teoria e Observação em Ciência: Para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. **Ciência e Educação**, v. 8, n. 1, p. 127–145, 2002.
- PUGH, K. J. Newton's laws beyond the classroom walls. **Science Education**, v. 88, n. 2, p. 182–196, 2004.
- PUGH, K. J. et al. Motivation, learning, and transformative experience: A study of deep engagement in science. **Science Education**, v. 94, n. 1, p. 1–28, 2009.
- PUGH, K. J.; BERGIN, D. A. The Effect of Schooling on Students' Out-of-School Experience. **Educational Researcher**, v. 34, n. 9, p. 15–23, 2005.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social - Métodos e Técnicas**. São Paulo: Atlas, 2011.
- RITCHHART, R.; PERKINS, D. N. Learning to Think : The Challenges of Teaching Thinking. In: HOLYOAK, K. J.; MORRISON, R. G. (Eds.). . **The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning**. 1. ed. New York: Cambridge University Press, 2005. p. 775–802.
- ROTH, W.-M.; JORNET, A. Toward a Theory of Experience. **Science Education**, v. 98, n. 1, p. 106–126, 2014.
- SAMPSON, V.; CLARK, D. The Impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. **Science Education**, v. 93, n. 3, p. 448–484, 2009.
- SAMPSON, V.; CLARK, D. B. Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 447–472, 2008.
- SCHMIDT, I. A. John Dewey e a educação para uma sociedade democrática. **Contexto & Educação**, n. 82, p. 135–154, 2009.
- SCHUNN, C. D.; ANDERSON, J. R. The Generality / Specificity of Expertise in Scientific Reasoning. **Cognitive Science**, v. 23, n. 3, p. 337–370, 1999.
- SCHWAB, J. J. The “Impossible” Role of the Teacher in Progressive Education. **The School Review**, v. 67, n. 2, p. 139–159, 1959.
- SHAFFER, P. S.; MCDERMOTT, L. C. A research-based approach to improving student understanding of the vector nature of kinematical concepts. **American Journal of Physics**, v. 73, n. 10, p. 921–931, 2005.
- SINATRA, G. M.; HEDDY, B. C.; LOMBARDI, D. The Challenges of Defining and Measuring Student Engagement in Science. **Educational Psychologist**, v. 50, n. 1, p. 1–13, 2015.
- SLEZAK, C. et al. Investigating the effectiveness of the tutorials in introductory physics in multiple instructional settings. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 7, n. 2, p. 1–8, 2011.
- SOBRINHO, M. M. S.; BORGES, A. T. Aprendizagem de Epidemias Com Simulações

- Computacionais. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 3, p. 41–61, 2010.
- STAKE, R. E. Case Studies. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Eds.). . **Handbook of Qualitative Research**. Thousand Oaks: Sage, 1994. p. 236–247.
- STEPHENS, A. L.; CLEMENT, J. J. Documenting the use of expert scientific reasoning processes by high school physics students. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 6, n. 2, p. 1–15, 2010.
- STERNBERG, R. J. **Critical Thinking: Its Nature, Measurement, and Improvement**. Washington (DC): National Institute of Education, 1986.
- TANG, X. et al. The scientific method and scientific inquiry: Tensions in teaching and learning. **Science Education**, v. 94, n. 1, p. 29–47, 2010.
- TEIXEIRA, A. A pedagogia de Dewey. In: **John Dewey - Coleção Educadores**. Recife: Massangana, 2010. p. 33–66.
- TOULMIN, S. E. The Layout of Arguments. In: **The Uses of Argument - Updated edition**. Cambridge: Cambridge University Press, 1958. p. 87–131.
- TUYAROT, D. E.; EIRAS, W. DA C. S. **Investigando os “Tutoriais em Física Introdutória” no Ensino Médio**. XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. **Anais...Manaus: SBF**, 2011.
- TYTLER, R.; PETERSON, S. Tracing Young Children’s Scientific Reasoning. **Research in Science Education**, v. 33, n. 4, p. 433–465, 2003.
- VALANIDES, N.; PAPAGEORGIOU, M.; ANGELI, C. Scientific Investigations of Elementary School Children. **Journal of Science Education and Technology**, v. 23, n. 1, p. 26–36, 2013.
- VAZ, A. M.; BORGES, O.; BORGES, A. T. **Professores, Pesquisadores e os Problemas da Escola**. Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. **Anais...Águas de Lindoia: SBF**, 2002
- VAZ, A. M.; JULIO, J. M.; FARIA, A. F. **Princípios para investigação da experiência em atividades baseadas em pesquisas em Ensino de Física**. Atas do XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. **Anais...Mareias: SBF**, 2012. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xiv/sys/resumos/T0069-2.pdf>>
- VAZ, A. M.; JULIO, J. M.; FARIA, A. F. **A Busca pelo Princípio Zero da Pesquisa em Ensino : O papel de John Dewey na definição de nossos pró- prios interesses**. Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...Águas de Lindoia: ABRAPEC**, 2013.
- VIEIRA, R. M.; TENREIRO-VIEIRA, C.; MARTINS, I. P. Critical thinking : Conceptual clarification and its importance in science education. **Science Education International**, v. 22, n. 1, p. 43–54, 2011.
- VILLANI, A.; PACCA, J. L. A. Students’ Spontaneous Ideas about the Speed of Light. **International Journal of Science Education**, v. 9, n. 1, p. 55–66, 1987.
- VOSS, J. F.; WILEY, J. Acquiring Intellectual Skills. **Annual Review of Psychology**, v. 46, p. 155–181, 1995.
- WALDRIP, S.; WALDRIP, B. Impact of a representational approach on students ’ reasoning and conceptual understanding in learning mechanics. **International Journal of**

Science and Mathematics Education, v. 12, p. 741–765, 2014.

WONG, D.; PUGH, K. Learning science: A Deweyan perspective. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 3, p. 317–336, 2001.

YEO, J.; GILBERT, J. K. Constructing a Scientific Explanation—A Narrative Account. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 11, p. 1902–1935, 2014.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. 3^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YUN, S. M.; KIM, H.-B. Changes in Students' Participation and Small Group Norms in Scientific Argumentation. **Research in Science Education**, p. 465–484, 2014.

ZAVALA, G.; ALARCÓN, H.; BENEGAS, J. Innovative Training of In-service Teachers for Active Learning: A Short Teacher Development Course Based on Physics Education Research. **Journal of Science Teacher Education**, v. 18, n. 4, p. 559–572, 2007.

ZEINEDDIN, A.; ABD-EL-KHALICK, F. On Coordinating Theory with Evidence : The Role of Epistemic Commitments in Scientific Reasoning among College Students. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 4, n. 2, p. 153–168, 2008.

ZIMMERMAN, C. The Development of Scientific Reasoning Skills. **Developmental Review**, v. 20, n. 1, p. 99–149, 2000.

ZIMMERMAN, C. The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. **Developmental Review**, v. 27, n. 2, p. 172–223, 2007.

APÊNDICES E ANEXO

Apêndice A - Termo de assentimento livre e esclarecido (alunos)

Convidamos você a participar, como voluntário(a) em uma pesquisa educacional. Pedimos permissão para observar e filmar você em suas aulas normais de Física. Precisamos observar atividades em que os alunos resolvem problemas. Daremos atenção à maneira como os grupos organizam a solução de cada problema colocado. Também buscamos conhecer como os alunos percebem e respondem à ação pedagógica dos professores. Portanto, não há outra maneira para conseguirmos realizar nosso estudo que não seja a gravação de aulas. Após as filmagens, vamos convidar alguns(algumas) alunos(as) e professores(as) para entrevistas. Se você se sentir esclarecido(a) sobre as informações a seguir e disposto(a) a participar desta pesquisa, por favor, assine ao final deste documento. Ele está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

O objetivo deste estudo é investigar o processo de desenvolvimento de habilidades e estratégias de raciocínio que decorre da participação em atividades escolares que já fazem parte de suas aulas de Física. A sua participação na pesquisa consiste em ser gravado(a) em áudio e em vídeo durante aulas normais de Física. Na primeira parte da pesquisa analisaremos as gravações. Com base nos resultados dessa análise poderemos convidar alguns(algumas) alunos(as) e professores(as) para participarem de entrevistas estimuladas na segunda parte da pesquisa. Uma entrevista estimulada é uma situação em que uma cena é mostrada para uma pessoa ou um grupo de pessoas e um pesquisador faz perguntas. Se você permitir, vamos escolher cenas das gravações de seu grupo e apresentá-las durante entrevistas estimuladas. Com as entrevistas estimuladas poderemos melhorar nosso entendimento do que interfere positiva e negativamente no trabalho de quem realiza a atividade. As cenas serão escolhidas com muito cuidado para que não haja qualquer prejuízo ou constrangimento para você. Além de gravações, as notas dos alunos e seu histórico escolar poderão ser usados durante a pesquisa.

O título do projeto é “Investigação de Experiências de Estudantes Promovidas por Atividades em Grupo com os Tutoriais de Física Introdutória”. Sou Alexandre Fagundes Faria, aluno de doutorado, pesquisador participante corresponsável por esta pesquisa. Você pode entrar em contato comigo pelos telefones (31) xxxxxx/(31) xxxxxx. O pesquisador orientador, principal responsável pela pesquisa, é Arnaldo de Moura Vaz. Você pode entrar em contato com ele pelos telefones (31) xxxxxx/(31) xxxxxx. Caso queira conversar conosco pessoalmente, pode nos encontrar de segunda à sexta-feira de 08:00h às 17:00h no endereço: Avenida Antônio Carlos, 6.627, Colégio Técnico – Salas 259/255 – Setor de Física – *Campus* Pampulha - Belo Horizonte-MG – Cep: 31270-901. Estamos à sua disposição para qualquer tipo de esclarecimento a qualquer momento, antes e durante a pesquisa.

Você é livre para escolher participar ou não. Se preferir não participar, você não será prejudicado(a), nem punido(a) de maneira alguma. Você tem o direito de retirar esse assentimento a qualquer momento sem ser prejudicado(a) ou punido(a). Mais informações sobre a participação voluntária em pesquisas da Universidade Federal de Minas Gerais podem ser obtidas com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais - COEP UFMG. Você pode entrar em contato com o COEP pelo telefone (31) 3409-4592 ou pelo endereço: Avenida Antônio Carlos, 6.627 – Unidade Administrativa II - 2º andar - *Campus* Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31270 901.

Em todas as gravações e informações sobre você uma sequência de números e de

letras substituirá seu nome. Todas elas serão mantidas guardadas em lugar seguro, em segredo. Nenhuma outra pessoa além dos pesquisadores poderá conhecer qualquer informação que temos sobre você sem a sua autorização. As gravações e informações podem ser usadas para a avaliação da pesquisa. Membros do Comitê de Ética podem revisá-las. Você tem direito de acesso a seus dados a qualquer momento. Pretendemos arquivar esses dados em um banco de dados protegido sob responsabilidade do pesquisador principal para que possam ser utilizados em outras pesquisas que sejam registradas no COEP. Gostaríamos de fazer isso para que não seja preciso interferir em outras aulas. Caso você não concorde, seus dados serão destruídos ao final da pesquisa.

Os resultados da pesquisa serão publicados em dissertações, teses, relatórios, artigos e eventos da área de educação. Porém, seu nome ou informações que mostrem sua identidade não aparecerão de forma alguma. Garantimos que não há risco de que as informações lhe prejudiquem, inclusive em termos de autoestima e prestígio.

Os riscos decorrentes desta pesquisa são de dois tipos. O primeiro está relacionado à realização de gravações em áudio e vídeo de aulas regulares, que podem ocasionar incômodo e constrangimento em alunos e professores. Pode, também, haver o temor de que o acesso do professor às gravações comprometa sua avaliação ou a relação entre eles. Além da avaliação e revisão permanente dos procedimentos de pesquisa, haverá o cuidado de desenvolver estratégias de coleta de dados, primeiro, que minimizem a perturbação causada pela entrada em sala, segundo, que garantam que a perturbação, já que ela é inevitável, tenha interferência positiva. Em vista do risco dos equipamentos de filmagem constrangerem alguns alunos, quando fizermos filmagens a sala de aula será preparada antes da entrada dos estudantes. Para que os participantes não se sintam vigiados ou incomodados com a presença de câmeras e gravadores em sala de aula, procuraremos instalar e operar os equipamentos de modo discreto. Vamos reservar pontos fora do campo visual das câmeras para todo aluno que não quiser ser filmado. Só serão gravados grupos em que todos os membros se sintam confortáveis com a gravação. Caso a perturbação no ambiente natural dos pesquisados comprometa sua aprendizagem, seu relacionamento com os pares ou os coloque em situação constrangimento, a pesquisa ou alguns dos procedimentos metodológicos serão interrompidos. Isso inclui até mesmo desligar os equipamentos e apagar gravações já realizadas. Também assumimos o compromisso de restringir acesso aos dados de pesquisa. Enquanto lecionar para os alunos voluntários, o professor não terá acesso às gravações. O segundo tipo de risco associado à condução da pesquisa envolve os voluntários entrevistados. Durante entrevista estimulada por vídeo ou fotos os participantes podem se sentir desconfortáveis ou constrangidos em discorrer sobre suas impressões ou percepções sobre a dinâmica das aulas ou sobre as ações do professor. Para minimizar esse desconforto os participantes serão esclarecidos sobre os objetivos das sessões de entrevista e terão garantido seu direito de autorizar a utilização somente das informações que aprovarem e de desistir da participação a qualquer momento.

O benefício em participar de uma aula filmada é individual e difuso. O benefício individual ocorre porque os grupos observados realizam as atividades com mais cuidado. Por isso, conseguem bom rendimento. O benefício difuso ocorre porque a turma como um todo se torna mais bem comportada e dedicada às aulas e esse comportamento favorece a aprendizagem. Além disso, as aulas e práticas de laboratório poderão ser melhoradas em função dos resultados desta pesquisa. O benefício em participar das entrevistas se dá de modo que alunos e professores que assistirem a trechos das filmagens terão a oportunidade de viver uma situação nova que também envolve aprendizagem. Ao assistirem ao trabalho desenvolvido durante as atividades perceberão os avanços e dificuldades enfrentadas, podendo entendê-las melhor.

Assinatura do Pesquisador Principal
 Prof. Dr. Arnaldo de Moura Vaz
E-mail: arnaldo@coltec.ufmg.br
 Telefone: (31) xxxx - Fax: (31) xxxx
 Universidade Federal de Minas Gerais
 Colégio Técnico - Setor de Física
 Av. Antônio Carlos, 6.627 - CEP 31710-180.
 Belo Horizonte - Minas Gerais

Assinatura do Pesquisador Participante
 Alexandre Fagundes Faria
E-mail: alexandrecoltec@gmail.com
 Telefone: (31) xxxx - Fax: (31) xxxx
 Universidade Federal de Minas Gerais
 Colégio Técnico - Setor de Física
 Av. Antônio Carlos, 6.627 - CEP 31710-180.
 Belo Horizonte - Minas Gerais

ASSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu li e tive oportunidade de discutir com os investigadores responsáveis pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar e que eu posso interromper minha participação na pesquisa a qualquer momento sem apresentar razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito aqui descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste termo de assentimento. Eu tive oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas. Eu receberei uma cópia assinada e datada deste Documento de Assentimento Informado.

Local e data

(Nome por extenso)

(Assinatura)

Autoriza o arquivamento dos dados? () sim () não

Apêndice B - Termo de consentimento livre e esclarecido (responsáveis legais)

Convidamos seu(sua) filho(a) a participar como voluntário(a) em uma pesquisa educacional. Pedimos permissão para observá-lo(a) e filmá-lo(a) em aulas normais de Física. Precisamos observar atividades em que os alunos resolvem problemas. Daremos atenção à maneira como os grupos organizam a solução de cada problema colocado. Também buscamos conhecer como os alunos percebem e respondem à ação pedagógica dos professores. Portanto, não há outra maneira para conseguirmos realizar nosso estudo que não seja a gravação de aulas. Após as filmagens, vamos convidar alguns alunos(as) e professores(as) para entrevistas. Se você se sentir esclarecido(a) sobre as informações a seguir e autorizar a participação dele(a) nesta pesquisa, por favor, assine ao final deste documento. Ele está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

O objetivo deste estudo é investigar o processo de desenvolvimento de habilidades e estratégias de raciocínio que decorre da participação em atividades escolares que já fazem parte da organização curricular do curso de Física. A participação dos(as) alunos(as) na pesquisa consiste em serem gravados(as) em áudio e em vídeo durante aulas normais de Física. Na primeira parte da pesquisa analisaremos as gravações. Com base nos resultados dessa análise convidaremos alguns(algumas) alunos(as) e professores(as) para participarem de entrevistas estimuladas na segunda parte da pesquisa. Uma entrevista estimulada é uma situação em que uma cena é mostrada para uma pessoa ou um grupo de pessoas e um pesquisador faz perguntas. Se você permitir, vamos escolher cenas das gravações do grupo de seu(sua) filho(a) e apresentá-las durante entrevistas estimuladas. Com as entrevistas estimuladas poderemos melhorar nosso entendimento do que interfere positiva e negativamente no trabalho de quem realiza a atividade. As cenas serão escolhidas com muito cuidado para que não haja qualquer prejuízo ou constrangimento para os(as) alunos(as). Além de gravações, as notas dos alunos e seu histórico escolar poderão ser usados durante a pesquisa.

O título do projeto é “Investigação de Experiências de Estudantes Promovidas por Atividades em Grupo com os Tutoriais de Física Introdutória”. Sou Alexandre Fagundes Faria, aluno de doutorado, pesquisador participante corresponsável por esta pesquisa. Você pode entrar em contato comigo pelos telefones (31) xxxx/(31) xxxx. O pesquisador orientador, principal responsável pela pesquisa, é Arnaldo de Moura Vaz. Você pode entrar em contato com ele pelos telefones (31) xxxx/(31) xxxx. Caso queira conversar conosco pessoalmente, pode nos encontrar de segunda à sexta-feira de 08:00h às 17:00h no endereço: Avenida Antônio Carlos, 6.627, Colégio Técnico – Salas 259/255 – Setor de Física – *Campus* Pampulha - Belo Horizonte/MG – CEP: 31270-901. Estamos à sua disposição para qualquer tipo de esclarecimento a qualquer momento, antes e durante a pesquisa.

Você é livre para autorizar a participação de seu(sua) filho(a) ou não. Se preferir não autorizar, nem ele(a) nem você serão prejudicados(as), nem punidos(as) de maneira alguma. Vocês tem o direito de retirar esse consentimento a qualquer momento sem serem prejudicados(as) ou punidos(as). Mais informações sobre a participação voluntária em pesquisas da Universidade Federal de Minas Gerais podem ser obtidas com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais - COEP UFMG. Você pode entrar em contato com o COEP pelo telefone (31) 3409-4592 ou pelo endereço: Avenida Antônio Carlos, 6.627 – Unidade Administrativa II - 2º andar - *Campus* Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31270-901.

Em todas as gravações e informações sobre os(as) voluntários(as) uma sequência de números e de letras substituirá o nome deles. Todas elas serão mantidas guardadas em lugar seguro, em segredo. Nenhuma outra pessoa além dos pesquisadores poderá conhecer

qualquer informação que temos sobre os(as) voluntários(as) sem que eles próprios autorizem. As gravações e informações podem ser usadas para a avaliação da pesquisa. Membros do Comitê de Ética podem revisá-las. Os(As) voluntário(as) têm direito de acesso aos próprios dados a qualquer momento. Pretendemos arquivar esses dados em um banco de dados protegido sob responsabilidade do pesquisador principal para que possam ser utilizados em outras pesquisas que sejam registradas no COEP. Gostaríamos de fazer isso para que não seja preciso interferir em outras aulas. Caso você não concorde, seus dados serão destruídos ao final da pesquisa.

Os resultados da pesquisa serão publicados em dissertações, teses, relatórios, artigos e eventos da área de educação. Porém, o nome ou informações que mostrem a identidade dos(as) voluntários(as) não aparecerão de forma alguma. Garantimos que não há risco de que as informações prejudiquem os(as) voluntários(as), inclusive em termos de autoestima e prestígio.

Os riscos decorrentes dessa pesquisa são de dois tipos. O primeiro está relacionado à realização de gravações em áudio e vídeo de aulas regulares, que podem ocasionar incômodo e constrangimento. Pode, também, haver o temor de que o acesso do professor às gravações comprometa sua avaliação ou a relação entre eles. Além da avaliação e revisão permanente dos procedimentos de pesquisa, haverá o cuidado de desenvolver estratégias de coleta de dados, primeiro, que minimizem a perturbação causada pela entrada em sala; segundo, que garantam que a perturbação, já que ela é inevitável, tenha interferência positiva. Em vista do risco dos equipamentos de filmagem constrangerem alguns alunos, quando fizermos filmagens a sala de aula será preparada antes da entrada dos estudantes. Para que os participantes não se sintam vigiados ou incomodados com câmeras e gravadores em sala de aula, procuraremos instalar e operar os equipamentos de modo discreto. Vamos reservar pontos fora do campo visual das câmeras para todo aluno que não quiser ser filmado. Só serão gravados grupos em que todos os membros se sintam confortáveis com a gravação. Caso a perturbação no ambiente natural dos pesquisados comprometa sua aprendizagem, seu relacionamento com os pares ou os coloque em situação constrangimento, a pesquisa ou alguns dos procedimentos metodológicos serão interrompidos. Isso inclui até mesmo desligar os equipamentos e apagar gravações já realizadas. Também assumimos o compromisso de restringir acesso aos dados de pesquisa. Enquanto lecionar para os alunos voluntários, o professor não terá acesso às gravações. O segundo tipo de risco associado à condução da pesquisa envolve os voluntários entrevistados. Durante uma entrevista estimulada por vídeo ou fotos os participantes podem se sentir desconfortáveis ou constrangidos em discorrer sobre suas impressões ou percepções sobre a dinâmica das aulas ou sobre as ações do professor. Para minimizar esse desconforto os participantes serão esclarecidos sobre os objetivos das sessões de entrevista e terão garantido seu direito de autorizar a utilização somente das informações que aprovarem e de desistir da participação a qualquer momento.

O benefício em participar de uma aula filmada é individual e difuso. O benefício individual ocorre porque os grupos observados realizam as atividades com mais cuidado. Por isso, conseguem bom rendimento. O benefício difuso ocorre porque a turma como um todo se torna mais bem comportada e dedicada às aulas e esse comportamento favorece a aprendizagem. Além disso, as aulas e práticas de laboratório poderão ser melhoradas em função dos resultados dessa pesquisa. O benefício em participar das entrevistas se dá de modo que alunos e professores que assistirem a trechos das filmagens terão a oportunidade de viver uma situação nova que também envolve aprendizagem. Ao assistirem ao trabalho desenvolvido durante as atividades, perceberão os avanços e dificuldades enfrentadas, podendo entendê-las melhor.

Assinatura do Pesquisador Principal
 Prof. Dr. Arnaldo de Moura Vaz
E-mail: arnaldo@coltec.ufmg.br
 Telefone: (31) xxxx - Fax: (31) xxxx
 Universidade Federal de Minas Gerais
 Colégio Técnico - Setor de Física
 Av. Antônio Carlos, 6.627 - CEP 31710-180.
 Belo Horizonte - Minas Gerais

Assinatura do Pesquisador Participante
 Alexandre Fagundes Faria
E-mail: alexandrecoltec@gmail.com
 Telefone: (31) xxxx - Fax: (31) xxxx
 Universidade Federal de Minas Gerais
 Colégio Técnico - Setor de Física
 Av. Antônio Carlos, 6.627 - CEP 31710-180.
 Belo Horizonte - Minas Gerais

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu li e tive oportunidade de discutir com os investigadores responsáveis pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar e que eu posso interromper a participação de meu(minha) filho(a) na pesquisa a qualquer momento apresentar razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito aqui descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste termo de consentimento. Eu tive oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas. Eu receberei uma cópia assinada e datada deste Documento de Consentimento Informado.

Local e data

(Nome por extenso)

(Assinatura)

Responsável pelo(a) menor: _____

Grau de parentesco: _____ Autoriza o arquivamento dos dados? () sim () não

Apêndice C - Mapas de episódios

Mapa de episódios – grupo A, aula 07/2014 (50 minutos)

Nº	Localização Temporal (hh:mm:ss)	Duração	Episódio	Detalhamento	Comentários
1	00:00:00 a 00:01:20	01'20"	Alunos entram em sala	Alunos chegam aos poucos e se acomodam nas carteiras. O grupo estava completo antes da aula.	
2	00:01:20 a 00:03:27	02'07"	Professor destaca a forma como a sala está organizada	Apresenta a lógica de organização do espaço da sala de aula. Destaca as vantagens dessa organização. Pede a estudantes que deixem a mesa livre de materiais que não serão usados para o desenvolvimento da atividade.	
3	00:03:27 a 00:12:50	09'23"	Professor apresenta o curso de Física e o tutorial de forças	Professor apresenta a dinâmica de trabalho das aulas de Física e as expectativas em relação ao curso. Conta que resultados de pesquisa em ensino de Física informa a organização das atividades didáticas do curso. Introduce de maneira geral o conteúdo do tutorial de forças. Apresenta a dinâmica de trabalho com os tutoriais. Chama a atenção para a importância da autonomia dos estudantes e do trabalho colaborativo.	Essa é a primeira atividade do ano baseada nos tutoriais. Foi desenvolvida após a atividade introdutória ao curso. O grupo se mantém atento ao professor.
4	00:12:50 a 00:14:05	01'15"	Professor distribui os tutoriais e outros materiais	Professor solicita aos estudantes que peguem os materiais da aula disponíveis em uma mesa próxima ao quadro (folha A3, canetas coloridas e régua). Ele distribui a folha com a parte I do tutorial de forças.	Ada busca os materiais.
5	00:14:05 a 00:14:20	00'15"	Estudantes tomam conhecimento da atividade proposta	Estudantes fazem leitura silenciosa do tutorial.	
6	00:14:20 a 00:14:55	00'35"	Professor se dispõe a discutir dúvidas em atividade para casa	Professor pergunta aos estudantes se tiveram dúvida sobre a leitura do texto solicitada como atividade para casa. Ninguém se manifesta. Professor dá segmento à aula.	Na semana anterior, o professor solicitou a leitura de seções de livros didáticos que abordam as Leis de Newton.
7	00:14:55 a 00:16:05	01'10"	Grupo se organiza para abordar as tarefas propostas	Estudantes discutem se farão leitura geral ou leitura por partes do tutorial. Encaminham leitura por partes.	A tomada de decisão foi compartilhada.
8	00:16:05 a 00:23:53	07'48"	Estudantes elaboram o DCL da parte I do tutorial	Rosalinda propõe adoção de sistema de cores para elaboração do DCL. Estudantes identificam as forças que agem sobre o objeto de interesse; estabelecem o módulo relativo dos vetores com base no repouso do bloco e nas Leis de Newton; discutem os agentes e os pacientes das forças; descrevem as forças em palavras.	RBE

9	00:23:53 a 00:25:00	01'07"	Rosalinda reclama a liderança do grupo	Maria avalia que deveriam ter chamado plenária para discutir o sistema de cores usado para representar os vetores. Rosalinda concorda e disse ter avisado. Isaac sugere que continuem já que começaram a fazer. Meninas do grupo continuam a discutir. Rosalinda reclama que não foi considerada líder do grupo pelos colegas. Ada diz que Rosalinda ainda é líder. Rosalinda diz que ninguém a ouve. Maria consulta outro grupo (não filmado) sobre a possibilidade de chamar plenária.	Apesar da tensão experimentada pelos estudantes, o grupo continuou a trabalhar de modo colaborativo nas tarefas. Professor notou excessos de capricho de boa parte dos grupos em relação à parte visual dos cartazes. Solicitou que se dedicassem às situações e às tomadas de decisão.
10	00:25:00 a 00:32:30	07'30"	Estudantes continuam a elaboração do DCL da parte I do tutorial	Estudantes continuam a trabalhar na representação das forças e na descrição das forças em palavras. Baseiam-se na Terceira Lei de Newton para identificar os agentes e os pacientes das forças. Isaac e Ada negociam o nome que utilizarão para se referir às forças. Isaac recorre ao tutorial como base para nomear e descrever as forças.	RDO e RBE Rosalinda assume postura de líder e define que o grupo deverá discutir as descrições das forças antes de registrá-las na folha A3.
11	00:32:30 a 00:35:00	02'30"	Estudantes analisam o tipo das forças	Estudantes analisam quais forças representadas no DCL são de contato e quais são de ação à distância.	
12	00:35:00 a 00:36:20	01'20"	Professor normatiza a exposição dos cartazes no quadro	Professor indica como grupos deverão colar os cartazes no quadro, que iniciem a colagem. Concede tempo para a finalização dos cartazes.	
13	00:36:20 a 00:39:35	03'15"	Preparação para exposição do cartaz	Estudantes conferem o DCL antes da colagem. Tomam o dado do repouso do bloco como base para conferir a intensidade relativa dos vetores.	RBE e RHD
14	00:39:35 a 00:41:50	02'15"	Estudantes fazem registros escritos no caderno	Estudantes tomam nota no caderno enquanto esperam o momento de discussão dos cartazes. Respondem as questões apresentadas no tutorial, que foram discutidas enquanto elaboraram o DCL. Também fazem notas pessoais sobre a tarefa de elaboração do DCL.	Indica envolvimento do grupo na tarefa e compromisso com a própria aprendizagem.
15	00:41:50 a 00:50:40	08'50"	Professor realiza plenária final	Professor explica aos alunos o que é uma plenária e os requisitos para que ela aconteça. Pede que eles indiquem qual é o melhor e o pior gráfico tanto do ponto de vista estético quanto conceitual. Solicita que indiquem como os DCLs podem ser melhorados. Pede que contem qtos objetos interagem com o objeto de interesse. Provoca-os a pensar no fato de terem representado duas forças no DCL por meio do vetor força resultante (somaram as forças de $J\hat{o}$ e da corda). Questiona quem interage com o bloco: Lu ou a corda.	

Mapa de episódios – grupo B, aula 07/2014 (50 minutos)

Nº	Localização Temporal (hh:mm:ss)	Duração	Episódio	Detalhamento	Comentários
1	00:00:00 a 00:01:20	01'20"	Alunos entram em sala	Alunos do grupo chegam aos poucos e se acomodam nas carteiras. O grupo estava completo antes do início da aula.	
2	00:01:20 a 00:03:27	02'07"	Professor destaca a forma como a sala está organizada	Apresenta a lógica de organização do espaço da sala de aula. Destaca as vantagens dessa organização. Pede a estudantes que deixem a mesa livre de materiais que não serão usados para desenvolver a atividade.	
3	00:03:27 a 00:12:50	09'23"	Professor apresenta o curso de Física e o tutorial de forças	Professor apresenta a dinâmica de trabalho das aulas de Física e as expectativas em relação ao curso. Conta que resultados de pesquisa em ensino de Física informa a organização das atividades didáticas do curso. Introduce de maneira geral o conteúdo do tutorial de forças. Apresenta a dinâmica de trabalho com os tutoriais. Chama a atenção para a importância da autonomia dos estudantes e do trabalho colaborativo.	Essa é a primeira atividade do ano baseada nos tutoriais. Foi desenvolvida após a atividade introdutória ao curso. Grupo atento ao professor. César e Max desenham margens e organizam sumário do caderno de Física.
4	00:12:50 a 00:14:20	01'30"	Professor distribui os tutoriais e outros materiais	Professor solicita que estudantes peguem os materiais da aula disponíveis em uma mesa próxima ao quadro (folha A3, canetas coloridas e régua). Ele distribui a folha com a parte I do tutorial 01, mas se esquece do grupo B.	César busca os materiais.
5	00:14:20 a 00:14:55	00'35"	Professor se dispõe a discutir dúvida em atividade para casa	Professor pergunta aos estudantes se tiveram dúvida na leitura do texto como atividade para casa. Ninguém se manifesta e ele dá segmento à aula.	Na semana anterior, o professor solicitou a leitura de livros didáticos que abordam as Leis de Newton.
6	00:14:55 a 00:15:50	00'55"	Estudantes dão falta do tutorial	Estudantes percebem que o professor não entregou tutorial ao grupo. César vai ao professor solicitar as folhas.	
7	00:15:50 a 00:17:10	01'20"	Leitura silenciosa do tutorial.	Individualmente, estudantes fazem leitura geral do tutorial.	
8	00:17:10 a 00:18:10	01'00"	Grupo se organiza para lidar com as tarefas	Colegas atribuem à Lise a tarefa de fazer o DCL na folha A3.	Brincando, Max sugere que essa é uma atividade para garotas. Lise e os colegas levam na brincadeira.

9	00:18:10 a 00:20:20	02'10"	Estudantes se preparam para elaborar o DCL da parte I do tutorial	Grupo representa o bloco por um ponto no centro da folha A3.	Alunos perdem tempo com brincadeiras. Centram discussão em aspectos estéticos da representação do bloco.
10	00:20:20 a 00:21:15	00'55"	Estudantes elaboram o DCL da parte I do tutorial	Max e César citam as forças que atuam sobre o bloco. Lise começa a desenhá-las.	Os estudantes listam as forças sem discutí-las.
11	00:21:15 a 00:22:13	00'58"	César mostra ao professor o que fizeram	César pede ao professor que avalie o ponto que fizeram para representar o bloco. Professor demanda protagonismo do grupo. Deixa claro que não dará respostas prontas aos estudantes. Diz que o ponto não está bom, mas que o grupo pode manter o desenho como está se isso foi feito de caso pensado. Basta sustentar a decisão tomada.	Após saída do professor, Max diz que o modo como fizeram o ponto foi pensado (sugere seguirem em frente). Max mostrou-se resistente a voltar atrás para discutir as decisões tomadas. O grupo decidiu redesenhar o ponto sem discutir os motivos.
12	00:22:13 a 00:31:45	09'32"	Estudantes continuam a elaboração do DCL da parte I do tutorial	Estudantes continuam a elaborar o DCL sem estratégia de trabalho bem definida. Há alternância entre momentos nos quais são feitas contribuições isoladas com indicação para Lise do que deve ser feito e momentos nos quais se discute a situação física representada. Há também situações em que os estudantes corrigem as falas uns dos outros sem apresentar argumentos que sustentem a correção. Os estudantes definem as forças representadas, bem como os agentes e as magnitudes dessas forças.	RBE Em momentos isolados, os estudantes discutem as evidências em que se basearam para elaborar o DCL. Os estudantes continuam com brincadeiras. Alternam entre concentração na tarefa e dispersão.
13	00:31:45 a 00:35:00	03'15"	Estudantes identificam as forças do DCL da parte I do tutorial	Estudantes nomeiam as forças. Rediscutem sobre quem são os agentes das forças representadas. Lise chama a atenção para necessidade de fazer descrição precisa das forças (tipo de força, agente e paciente), mas estudantes não olham como o tutorial indica para que seja feito.	César, em especial, se distrai facilmente da tarefa. Vez ou outra ele faz consultas a um dos grupos não investigados.
14	00:35:00 a 00:36:20	01'20"	Professor normatiza exposição dos cartazes no quadro	Professor indica como grupos deverão colar os cartazes no quadro. Pede aos estudantes que iniciem a colagem. Concede margem de tempo para finalização dos cartazes.	

15	00:36:20 a 00:39:40	02'20"	Estudantes conferem o DCL	Estudantes conferem a magnitude relativa das forças representadas no DCL tendo como referência as evidências oferecidas pelo tutorial e a 1ª Lei de Newton. Lise relembra sobre necessidade de apresentar legenda e descrição das forças. O grupo elabora legenda e descrições das forças, mas não se orientam pelo modelo sugerido pelo tutorial.	RBE César olha os DCLs produzidos por outros grupos (colados no quadro). Percebe que um dos grupos representou a força de atrito sobre o bloco. Comunica isso aos colegas. Lise destaca que devem representar o que acham e não o que outro grupo acha.
16	00:39:40 a 00:41:50	02'10"	Grupo expõe o cartaz	César vai ao quadro colar o cartaz. Colegas observam em silêncio. Lise compara o cartaz que produziram com os de outros grupos. César retorna ao grupo e diz que inverteram o sentido da força normal. Sem compreender o que o colega queria dizer, Lise pergunta se era para representar a normal para baixo.	Exposição do cartaz mexeu com o grupo.
17	00:41:50 a 00:50:40	08'50"	Professor realiza plenária final	Professor explica aos alunos o que é uma plenária e os requisitos para que elas aconteçam. Pede que os estudantes indiquem qual é o melhor e o pior gráfico tanto do ponto de vista estético quanto do conceitual. Solicita que indiquem como os DCLs podem ser melhorados. Pede aos estudantes que contem quantos objetos interagem com o objeto de interesse. Provoca os estudantes a pensar no fato de terem representado duas forças no DCL por meio do vetor força resultante (somaram as forças de Jô e da corda). Questiona quem interage com o bloco: Lu ou a corda.	

Mapa de episódios – grupo A, aula 08/2014 (100 minutos)

Nº	Localização Temporal (hh:mm:ss)	Duração	Episódio	Detalhamento	Comentários
1	00:00:00 a 00:06:13	06'13"	Chegada dos estudantes	Isaac e Rosalinda foram os primeiros a chegar. Maria entrou em sala pouco antes do início da preleção. Ada se atrasou 18 minutos. Ao chegar, perguntou aos colegas se perdeu algo de importante.	
2	00:06:13 a 00:25:50	19'37"	Professor retoma a atividade com o tutorial sobre dinâmica	Professor sugeriu que estudantes consultassem no caderno o que ocorrera na aula anterior. Relembrou as tarefas que foram desenvolvidas. Discutiu as normas e conceitos envolvidos na elaboração do DCL. Tornou a destacar defeitos e qualidades dos cartazes elaborados na aula 07/2014. A turma interagiu com o professor e este estimulou os estudantes a tomarem nota no caderno nos momentos oportunos. Encerrou a plenária com a solicitação de que os grupos retomassem os itens E e F da parte I do tutorial de forças para adequar o DCL produzido na aula anterior. Pediu que um estudante de cada grupo pegasse a parte II do tutorial de forças e os materiais necessários à resolução das tarefas.	Os estudantes não tiveram aula na semana anterior em função de recesso. Antes de iniciar a aula, o professor fixou no quadro os cartazes produzidos na aula 07/2014.
3	00:25:50 a 00:28:28	02'38"	Estudantes se organizam para lidar com as tarefas	Estudantes fizeram leitura das instruções da parte II do tutorial 01. Rosalinda foi à mesa do professor buscar canetas e papel A3.	O grupo se mostrou disperso nos momentos iniciais da aula.
4	00:28:28 a 00:28:50	00'22"	Professor enfatiza a tarefa inicial	Professor tornou a instruir os estudantes a conferirem o que faltou no DCL da aula passada tendo como base os itens E e F da parte I do tutorial de forças.	
5	00:28:50 a 00:31:30	02'40"	Grupo identifica problemas no DCL produzido na aula 07/2014	Estudantes tentaram destacar o que não foi feito no DCL. Eles não se basearam nos itens E e F da parte I para fazer a conferência do DCL.	Estudantes iniciaram a aula muito dispersos. Não investiram na tarefa de identificar falhas no DCL tal como proposto pelo professor.
6	00:31:30 a 00:32:58	01'28"	Grupo inicia a resolução das tarefas da parte II, tutorial 01	Isaac e Rosalinda começaram a conversar sobre o item A da parte II do tutorial.	

7	00:32:58 a 00:33:21	00'23"	Professor verifica se grupo A conferiu DCL da aula 07/2014	Professor verificou se estudantes perceberam que deixaram de utilizar índices para representar o paciente e o agente de cada força. Isaac indicou corretamente o que faltava.	Essa demanda se referia aos itens E e F da parte I do tutorial de forças. Apesar do grupo não ter discutido essa tarefa coletivamente, Isaac havia feito registro no caderno do que faltou no DCL.
8	00:33:21 a 00:41:18	07'57"	Estudantes retomam tarefas do item A, parte II, tutorial 01	Estudantes discutiram o DCL de corpo livre do livro sobre a mesa (item A). Descartaram a presença de força de atrito sobre o livro. Consideraram que a força peso e a força normal eram iguais em módulo e possuíam sentidos contrários (não discutiram as razões). Elaboram identificação e descrição das forças conforme padrão estabelecido na parte I do tutorial.	RDO e RBE Maria solicitou que outra pessoa fizesse o registro do DCL na folha A3. Isaac assumiu a tarefa de fazer esses registros. Maria deitou na carteira. Ela disse estar passando mal.
9	00:41:18 a 00:46:30	05'12"	Professor faz plenária para discussão da parte I do tutorial 01	Professor identificou quais objetos interagem com o objeto de interesse (o bloco). Identificou também as forças que esses objetos exercem sobre o bloco. Preocupou-se em destacar o paciente e o agente de cada força. Pediu aos grupos que relatassem alguma dificuldade que conseguiram vencer na elaboração do DCL. Professor diz que deixaria os estudantes tomarem decisões "erradas" na elaboração dos DCLs para que vissem a consequência disso para o trabalho.	O grupo A estava adiantado em relação a maioria dos grupos da sala.
10	00:46:30 a 00:51:05	04'45"	Estudantes continuam as tarefas do item A, parte II, tutorial 01	Ada e Rosalinda lembraram Isaac de colocar uma "setinha" sobre as letras que representavam forças (para lembrar que é um vetor). Estudantes discutiram as evidências que permitiram determinar a magnitude relativa das forças. Isaac e Rosalinda disseram que a força normal anula a força peso (consideram a condição de equilíbrio do corpo). Ada se confunde ao considerar que essas forças não se anulam, pois não formam um par de ação e reação. Isaac percebeu o engano de Ada e argumentou sobre isso.	RDO e RBE Maria ficou longo tempo deitada sobre a carteira. Parecia não se sentir bem.

11	00:51:05 a 00:52:15	01'10"	Professor chama a atenção da turma	Professor disse que grupos estavam muito preocupados com a “estética” do cartaz, mas deixaram de discutir o DCL. Disse sobre a importância de fazer o DCL primeiro no caderno. Ressaltou que a folha A3 é uma plataforma que serviria para que os grupos discutissem os DCL entre si nos momentos de plenária.	
12	00:52:15 a 00:54:35	02'20"	Estudantes retomam as tarefas do item A, parte II, tutorial 01	Isaac começou a registrar o DCL no próprio caderno. Todos tomaram nota no caderno de forma silenciosa.	Maria deitou sobre a mesa. Ada pôs a mão na testa de Maria para ver se ela estava quente.
13	00:54:35 a 00:55:55	01'20"	Grupo solicitou a presença do professor	Estudantes chamaram o professor no grupo para conferir interpretação sobre tarefa (fazer DCL no caderno ou na folha A3).	Professor distribuiu nova folha A3 para todos os grupos. Pediu que os DCLs fossem feitos no caderno e no cartaz. Pediu desculpas à turma pela falha nas instruções para desenvolvimento da tarefa.
14	00:55:55 a 01:00:40	04'45"	Estudantes continuam as tarefas do item A, parte II, tutorial 01	Isaac finalizou na folha A3 o DCL do livro sobre a mesa. Grupo recebeu nova folha A3 para elaborar os DCLs de dois livros, um colocado sobre o outro (item B da parte II). Rosalinda perguntou para Isaac sobre as evidências para a existência das forças incluídas no DCL do item A da parte II. Isaac apresentou as evidências e o raciocínio usado para definir a magnitude relativa dos vetores.	RBE e RHD Episódio marcado por dispersão. Maria e Ada conversaram enquanto Isaac elaborava o DCL na folha A3. Em 57:50 há raciocínio baseado em evidência (também pode ser caracterizado como raciocínio hipotético-dedutivo).
15	01:00:40 a 01:10:10	09'30"	Estudantes iniciam a resolução das tarefas do item B da parte II do tutorial 01	Grupo identificou as forças que atuavam sobre o livro de cima e sobre o livro de baixo. Discutiram a magnitude relativa dos vetores. Maria, Ada e Rosalinda tentaram definir a magnitude relativa, mas não entraram em consenso. Rosalinda pediu ajuda a Isaac que é um “entendedor” do assunto.	Estudantes alternaram momentos de dispersão com momentos de concentração (Isaac e Rosalinda trabalham na resolução; Maria e Ada se distraíram com conversas)

16	01:10:10 a 01:15:45	05'35"	Ada chama o professor	Rosalinda apresentou ao professor as dificuldades do grupo em lidar com a elaboração dos DCLs de um livro sobre outro. Disse estarem com dúvida sobre o DCL do livro de baixo. Professor pediu que estudantes relatassem as interpretações que fizeram para a construção do DCL e que elaborassem argumentos para sustentar essas interpretações. Isaac achou que o livro de cima faz força sobre o livro de baixo. Rosalinda disse que o livro de cima não faz força sobre o livro de baixo, mas considera a existência dessa força em seu argumento. Professor pediu opinião de Maria e Ada. Isaac achou estranho o fato de haver uma força do livro de cima sobre o livro de baixo, pois assim a resultante não daria zero. Ada argumenta que a resultante dá zero, pois a força normal da mesa sobre o livro de baixo aumenta.	RBE Professor elogiou a atitude de elaborar argumentos a partir de alguma base. Destacou a importância de elaborar argumentos para defender uma opinião no grupo.
17	01:15:45 a 01:16:40	00'55"	Professor faz levantamento o sobre o andamento da atividade	Professor confere as tarefas da parte II do tutorial que foram concluídas pelos grupos. Destacou os elementos que os cartazes devem apresentar (título, identificação das forças, legenda etc). Deu 5 minutos para que os estudantes finalizassem as tarefas.	
18	01:16:40 a 01:18:25	01'45"	Estudantes continuam as discussões do item B da parte II do tutorial 01	Isaac disse para colegas quais forças deveriam ser incluídas. Sugeriu que Ada elaborasse o DCL na folha A3, já que ela ajudou a desenvolver a ideia. Isaac e Rosalinda sugeriram o tamanho dos vetores do livro de cima.	
19	01:18:25 a 01:18:48	00'23"	Professor muda os planos	Professor estendeu o tempo para que os estudantes finalizassem as tarefas com base em solicitação de um dos grupos da turma. Ele enfatizou a importância da discussão dos grupos para elaboração dos DCLs. Pediu que os estudantes não descuidassem da elaboração do cartaz, pois seria um elemento importante nas plenárias.	
20	01:18:48 a 01:23:30	04'42"	Estudantes retomam as discussões sobre o item B da parte II do tutorial 01	Isaac perguntou à Rosalinda como ela estava pensando o DCL. Ada disse que é preciso considerar que há mais "peso" atuando sobre a mesa. Grupo discutiu a magnitude relativa dos vetores. Isaac, Maria e Ada perceberam que a normal sobre o livro de baixo possui o mesmo módulo que a soma das forças peso do livro de baixo e do livro de cima. Rosalinda teve dificuldade com essa ideia. No fim do episódio, Isaac propôs a ideia de que sobre o livro de baixo atuam duas forças normais.	RBE Ada propôs um DCL com base nas evidências disponíveis no roteiro do tutorial. Grupo viveu um impasse na representação da força de contato do livro de cima sobre o livro de baixo.
21	01:23:30	01'05"	Professor	Professor foi ao grupo A para saber o que	Grupo demonstra

	a 01:24:35		verifica o andamento das tarefas	conseguiram fazer. Isaac disse para professor que agora estão pensando em duas forças normais: uma que a mesa faz sobre o livro de baixo e outra que o livro de baixo faz sobre o livro de cima; e em duas forças peso: a que a Terra faz sobre o livro de cima e a que a Terra faz sobre o livro de baixo. Professor sugeriu que o DCL será melhorado a medida em que o grupo discutisse a situação representada. Ele incentivou os estudantes a continuarem a discussão como forma de aperfeiçoar o DCL. Não deu resposta pronta aos estudantes.	dificuldade em avançar na elaboração do DCL. Professor propõe que o grupo continue a discutir o DCL.
22	01:24:35 a 01:29:16	04'41"	Estudantes continuam as discussões do DCL referente ao item B da parte II do tutorial 01	Ada representou a força peso que atuava sobre o livro de baixo com menos intensidade que a força peso sobre o livro de cima. Isaac propôs representar uma força para baixo sobre o livro de baixo com a mesma intensidade da força peso sobre o livro de cima. Rosalinda discordou, mas não conseguiu elaborar um argumento para apresentar aos colegas. Ada tornou a dizer que a normal sobre o livro de baixo deveria ser maior que a normal sobre o livro de cima. Isaac propôs a existência de duas normais sobre o livro de cima. Colegas discordaram. Elas tentaram argumentar que sobre o livro de baixo há apenas uma força para cima.	RBE Grupo apresentou dificuldade em elaborar o DCL do livro de baixo. O impasse parece ter desanimado os estudantes. Isaac sugeriu que se faça o DCL da maneira proposta por Rosalinda, que discorda da proposta de Isaac, mas não conseguiu apresentar o motivo, pois o professor chegou no grupo.
23	01:29:16 a 01:29:30	00'14"	Professor confere o andamento do trabalho do grupo	Professor perguntou aos estudantes em que parte do item B estavam trabalhando. Isaac disse que estavam elaborando o DCL (não chegaram a responder as questões).	
24	01:29:30 a 01:35:40	06'10"	Estudantes continuam as discussões do DCL referente ao item B da parte II do tutorial 01	Maria estabeleceu comparação entre a situação de um livro sobre outro com a situação de uma pessoa sobre outra. Com a comparação, Maria propôs que o peso do livro de cima não age sobre o livro de baixo, e sim diretamente sobre a superfície da Terra. Rosalinda sugeriu que o peso do livro de baixo estava somado ao peso do livro de cima. Colegas discordaram. Ada pediu a Rosalinda que argumentasse sobre sua opinião. Rosalinda usa autoridade e pede que coloquem a força como sugeriu. Colegas continuam a discutir o DCL, mas não chegaram a consenso.	Maria revelou que sua comparação decorreu de experiência em aula de Física do ano anterior.
25	01:35:40	05'10"	Professor	Professor destacou a dinâmica da aula.	

	a 01:40:50		realiza plenária final	Perguntou qual grupo pensou que o peso do livro de cima agia sobre o livro de baixo. Perguntou qual grupo representou isso no DCL. Perguntou o que os grupos iriam fazer se a representação estivesse errada. Falou sobre a aprendizagem com os erros e sobre a importância de não apagar com borracha os raciocínios incorretos registrados no caderno. Professor pediu que estudantes organizassem as ideias com base em anotações no caderno. Sugeriu que anotassem no caderno algo que tenha se mostrado um obstáculo para o grupo.	
26	01:40:50 a 01:43:50	03'00"	Estudantes anotam no caderno de Física	Isaac, Maria e Rosalinda se engajaram na tarefa de fazer o registro escrito solicitado pelo professor. Cada um tomou notas em silêncio. Ada finalizou anotações da folha de papel A3.	
27	01:43:50 a 01:46:00	02'10"	Fim da aula	Alunos se prepararam para sair da sala. Ruído na sala se elevou.	

Mapa de episódios – grupo B, aula 08/2014 (100 minutos)

Nº	Localização o Temporal (hh:mm:ss)	Duração	Episódio	Detalhamento	Comentários
1	00:00:00 a 00:06:13	06'13"	Estudantes chegam à sala	César, Lise e Max chegaram antes do início da aula. Ricardo chegou no final da preleção do professor.	
2	00:06:13 a 00:25:50	19'37"	Professor retoma a atividade com o tutorial sobre dinâmica	Professor sugeriu que estudantes consultassem no caderno o que ocorrera na aula anterior. Relembrou as tarefas que foram desenvolvidas. Discutiu as normas e conceitos envolvidos na elaboração do DCL. Tornou a destacar defeitos e qualidades dos cartazes elaborados na aula 07/2014. A turma interagiu com o professor. O professor estimulou os estudantes a tomarem nota no caderno nos momentos oportunos. Encerrou a plenária com a solicitação de que os grupos retomassem os itens E e F da parte I do tutorial de forças para adequar o DCL produzido na aula anterior. Pediu que um estudante de cada grupo pegasse a parte II do tutorial de forças e os materiais necessários à resolução das tarefas.	Os estudantes não tiveram aula na semana anterior em função de um recesso. Antes de iniciar a aula, o professor fixou no quadro os cartazes produzidos na aula 07/2014.

3	00:25:50 a 00:28:28	02'38"	Estudantes se organizam para lidar com as tarefas	Silenciosamente, estudantes tomaram notas no caderno. Iniciaram a leitura das instruções do tutorial. César buscou materiais na mesa do professor.	Não houve interação entre os estudantes.
4	00:28:28 a 00:28:50	00'22"	Professor enfatiza a tarefa inicial	Professor tornou a instruir os estudantes a conferirem o que faltou no DCL da aula passada tendo como base os itens E e F da parte I do tutorial de forças.	
5	00:28:50 a 00:34:25	05'35"	Estudantes tentam iniciar a resolução das tarefas da parte II do tutorial sobre dinâmica	César tentou dar início à conversa sobre o item A da parte II sem que o grupo tivesse feito a conferência do DCL da aula anterior.	Apesar de César ter tentado iniciar resolução do item A com colegas, a conversa não foi para frente. Estudantes continuaram a trabalhar em silêncio (ler e fazer nota no caderno).
6	00:34:25 a 00:34:36	00'11"	Professor verifica se o grupo conferiu o DCL da aula 07/2014	Professor perguntou aos estudantes se identificaram o que deixaram de fazer no DCL da aula anterior. César respondeu que era o que estavam tentando fazer.	Estudantes não fizeram o que o professor solicitou.
7	00:34:36 a 00:37:50	03'14"	Estudantes tentam identificar o que faltou no DCL da aula 07/2014	Ricardo perguntou aos colegas sobre quais tarefas deveriam ser feitas. César disse que algo deixou de ser feito na aula anterior, que era preciso descobrir o que. César leu em voz alta o verso da folha da parte I do tutorial na tentativa de identificar o que faltou. Max mostrou na folha do tutorial a orientação que deixaram de seguir na elaboração do DCL da aula anterior. César sugeriu esperar que o professor retornasse ao grupo para conferir se estavam certos.	Estudantes não se organizaram colaborativamente para solucionar a tarefa proposta pelo professor.
8	00:37:50 a 00:38:06	00'16"	Estudantes iniciam a resolução da parte II do tutorial 01	César convidou colegas a pensar sobre a parte II do tutorial. Ele leu em voz alta o item A. Ricardo ia começar a discutir a questão, mas foi interrompido pela chegada do professor no grupo.	
9	00:38:06 a 00:38:21	00'15"	Professor confere se o grupo identificou o que faltou no DCL da aula 07/2014	Professor perguntou aos estudantes se acharam o que faltou no DCL. César apontou para o trecho da parte I do tutorial em que se estabeleceu critérios para indicar o tipo de força, o agente e o paciente de cada força. O professor sinalizou positivamente e pediu que observassem isso na elaboração dos próximos DCLs.	

10	00:38:21 a 00:38:45	00'24"	Ricardo pede esclarecimento sobre as tarefas	Ricardo perguntou a César se todas as questões da parte I do tutorial deveriam ter sido respondidas no caderno. César respondeu que era bom que estivessem respondidas no caderno, mas sugeriu que não ter feito isso não seria um problema.	César desejava seguir para a parte II do tutorial. Não estava disposto a retomar pendências da aula anterior. Ricardo parecia incomodado com isso, mas não se opôs ao colega.
11	00:38:45 a 00:41:18	02'33"	Estudantes retomam as tarefas do item A, parte II, tutorial 01	Estudantes discutiram quais forças atuavam no livro colocado sobre uma mesa. Todos escrevem no caderno. Ninguém fez registro na folha A3.	
12	00:41:18 a 00:46:30	05'12"	Professor realiza plenária para discussão final da parte I do tutorial 01	Professor identificou quais objetos interagem com o objeto de interesse (o bloco). Identificou também as forças que esses objetos exercem sobre o bloco. Preocupou-se em destacar o paciente e o agente de cada força. Pediu aos grupos que relatassem alguma dificuldade que conseguiram vencer na elaboração do DCL. Disse que deixaria os estudantes tomarem decisões "erradas" na elaboração dos DCLs para que vissem a consequência para o trabalho.	O grupo A estava adiantado em relação à maioria dos grupos da sala.
13	00:46:30 a 00:51:05	04'35"	Estudantes continuam as tarefas do item A, parte II, tutorial 01	César e Max discutiram a descrição das forças que atuavam sobre o livro. Lise registrou o DCL na folha A3. O grupo se preocupou em se orientar pela norma para identificação das forças que foi tratada na parte I do tutorial.	RDO
14	00:51:05 a 00:52:15	01'10"	Professor chama a atenção da turma	Professor disse que grupos estavam muito preocupados com a "estética" do cartaz, mas deixaram de discutir o DCL. Disse sobre a importância de fazer o DCL primeiro no caderno. Ressaltou que a folha A3 é uma plataforma que serviria para que os grupos discutissem os DCL entre si nos momentos de plenária.	
15	00:52:15 a 00:53:23	01'08"	Grupo chama professor	Estudantes pensaram que poderiam fazer os DCLs da parte II em duas folhas. César chamou professor para saber se receberiam outra folha. Professor chegou no grupo e, antes que os alunos perguntassem algo, disse que quem acaba primeiro o registro no caderno é quem faz o cartaz. Disse que uma folha era suficiente. Pediu que os estudantes fossem criativos. Sugeriu que fizessem os DCLs no caderno e depois passassem para a folha A3. Certificou-se de que Lise havia feito o DCL no caderno.	

16	00:53:23 a 00:54:48	01'25"	Estudantes continuam as tarefas do item A, parte II, tutorial 01	Estudantes reorganizam dinâmica de resolução das tarefas. Ricardo sugeriu que fizessem os DCLs no caderno como proposto pelo professor. Colegas concordaram. Ricardo perguntou a César se era para responder as questões 1 e 2 do item A. César sugeriu que fizessem em casa.	César, como na aula anterior, mostrou-se ansioso em concluir a resolução das tarefas. Para isso, deixou de responder no caderno e de discutir com os colegas algumas das questões propostas. O grupo focou na elaboração dos DCLs.
17	00:54:48 a 01:04:45	09'57"	Estudantes iniciam a resolução das tarefas do item B, parte II, tutorial 01	César leu em voz alta o item B da parte II. Estudantes começaram a tomar nota no caderno. Max pegou a folha A3 para fazer anotações. Lise perguntou a César se leu todas as questões propostas no item B. Estudantes começaram a discutir as forças que atuavam sobre os livros de cima e de baixo. Perceberam que o DCL do livro de cima seria igual ao DCL do livro sobre a mesa da parte A (não mencionaram nada sobre os módulos das forças do DCL da parte A e do DCL da parte B serem diferentes). Estudantes relacionaram as forças que atuavam sobre o livro de baixo. Fizeram considerações sobre os módulos das forças a partir de evidências apresentadas na folha do tutorial.	RBE Professor comunicou que distribuiria nova folha A3 para elaboração dos DCLs do item B.
18	01:04:45 a 01:06:05	01'20"	Grupo chama o professor	César perguntou ao professor se a força de contato do livro de cima sobre o livro de baixo é maior que a força peso do livro de cima. Professor disse que essa era uma decisão que deveria ser tomada pelo grupo com base em algum critério. César sugeriu votação. Professor disse que não, que antes de chegarem na votação era preciso argumentação com base em evidências, leis, conceitos...	

19	01:06:05 a 01:15:45	09'40"	Estudantes continuam a resolução das tarefas do item B, parte II, tutorial 01	Discutem a magnitude relativa das forças. Consideram que a força resultante sobre o livro é nula para elaboraram o DCL. César tem dificuldades em perceber que a força de contato do livro de cima sobre o livro de baixo possui o mesmo módulo que a força peso do livro de cima. Colegas tentaram argumentar em defesa da igualdade dos módulos dessa forças. Max tentou mostrar que peso e normal são forças distintas. Estudantes identifica-ram os pares de ação e reação. Lise transcreveu o DCL elaborado na folha A3. Estudantes cuidaram da legenda e da des-crição das forças conforme norma estabelecida na parte I do tutorial.	RBE, RHD e RDO César mostrou dificuldade em trabalhar com a magnitude relativa das forças e em identificar os pares de ação e reação. Parece não ter compreendido os argumentos dos colegas. Decidiu acompanhar a maioria mesmo sem compreender plenamente.
20	01:15:45 a 01:16:40	00'55"	Professor faz levantamento sobre o andamento da atividade	Professor confere as tarefas da parte II do tutorial que foram concluídas pelos grupos. Destacou os elementos que os cartazes devem apresentar (título, identificação das forças, legenda etc.). Deu 5 minutos para que finalizassem as tarefas.	
21	01:16:40 a 01:18:25	01'45"	Estudantes continuam a elaboração do livro de baixo (o item B, parte II, tutorial 01)	Grupo discutiu os índices que utilizariam para identificar o agente e o paciente de cada força. Também discutiram a descrição das forças e o título dos DCLs.	
22	01:18:25 a 01:18:48	00'23"	Professor muda os planos	Professor estendeu o tempo para que os estudantes finalizassem as tarefas com base em solicitação de um dos grupos da turma. Ele enfatizou a importância da discussão dos grupos para elaboração dos DCLs. Pediu que não descuidassem da elaboração do cartaz, pois seria um elemento importante nas plenárias.	

23	01:18:48 a 01:30:05	11'17"	Estudantes retomam a elaboração do livro de baixo (o item B, parte II, tutorial 01)	Lise continuou a transcrever o DCL do caderno para a folha A3. Enquanto transcreveu, colegas acompanharam e discutiram sobre o módulo das forças e sobre a descrição das forças. Max diz para colegas que o módulo das forças do DCL do livro de cima deve ser coerente com o módulo das forças do DCL do livro de baixo. Max argumenta com base em evidências destacadas do enunciado do tutorial. César diz que se precisar explicar é com o Max, que ele não entendeu nada. Max perguntou a César se entendeu que a força normal sobre o livro de cima é uma reação da compressão do livro de cima sobre o livro de baixo. César disse que sim. Max e Ricardo disseram que então César entendeu tudo. Max explicou a ideia geral do DCL elaborado pelo grupo.	ALR
24	01:30:05 a 01:30:16	00'11"	Professor verifica o andamento das tarefas	Professor perguntou aos estudantes se leram todos os itens da parte B e se discutiram esses itens. Grupo disse que sim.	
25	01:30:16 a 01:35:40	05'24"	Estudantes finalizam o DCL do item B, parte II, tutorial 01	Estudantes terminaram de transcrever o DCL para a folha A3. Discutiram a questão 3 desse item: "Que observações você pode fazer que lhe permitem determinar a magnitude relativa das forças sobre o livro de cima?" Elaboram uma legenda para o DCL.	RBE Max atribuía pouca importância aos registros escritos. Ele considerava mais importante saber responder eventuais questões sobre o DCL.
26	01:35:40 a 01:40:50	05'10"	Professor faz plenária final	Professor destacou a dinâmica da aula. Perguntou qual grupo pensou que o peso do livro de cima agia sobre o livro de baixo. Perguntou qual grupo representou isso no DCL. Perguntou o que os grupos iriam fazer se a representação estivesse errada. Falou sobre a aprendizagem com os erros e sobre a importância de não apagar com borracha os raciocínios incorretos registrados no caderno. Professor pediu que estudantes organizassem as ideias a partir de anotações no caderno. Sugeriu que anotassem no caderno algo que tenha se mostrado um obstáculo para o grupo.	Enquanto o professor falava, Max guardava folhas numa pasta. Ricardo iniciou a tomada de notas.

27	01:40:50 a 01:43:55	03'55"	Estudantes anotam nos cadernos	Todos os estudantes tomam nota no caderno. César foi o primeiro a terminar suas anotações. Ele recolheu e entregou ao professor os materiais utilizados e o cartaz produzido. Enquanto tomavam nota, Ricardo confirmou com Max a resposta à questão 2 do item B.	
28	01:43:55 a 01:46:00	02'05"	Fim da aula	Ruído na sala se elevou. Alunos se prepararam para sair da sala.	

Mapa de episódios – grupo A, aula 09/2014 (50 minutos)

Nº	Localização Temporal (hh:mm:ss)	Duração	Episódio	Detalhamento	Comentários
1	00:00:00 a 00:02:13	02'13"	Estudantes chegam à sala	Todos os estudantes do grupo chegaram antes do início da aula.	
2	00:02:13 a 00:13:15	11'02"	Professor faz preleção	Anuncia que estudantes poderão fazer atividade para casa em sala se estabelecerem um bom ritmo de trabalho. Diz que os três princípios da dinâmica serão os alicerces do curso. Que a elaboração de diagramas de corpo livre será retomada em outros assuntos. Retoma as tarefas da parte II do tutorial de forças. Desenha os DCLs do livro sozinho sobre a mesa. Discute a convenção utilizada para identificar, nomear e descrever as forças. Sugere que estudantes utilizem voz passiva para descrever as forças. Disse que os DCLs devem ser elaborados em coerência uns com os outros. Pediu aos estudantes que finalizassem os DCLs da parte II do tutorial. Avisou que os grupos que terminassem deveriam iniciar a resolução de um problema.	Alunos dispersos no início da preleção. Organizaram o material enquanto o professor falava. Passados os momentos iniciais, os estudantes concentraram-se na preleção.
3	00:13:15 a 00:15:08	01'53"	Estudantes retomam tarefas iniciadas na aula anterior	Ada sugeriu que procede a discussão que tiveram sobre os DCLs do livro de cima e do livro de baixo. Disse que o módulo da força normal sobre o livro de baixo é igual à soma do módulo do peso dos livros de baixo e de cima. Maria e Rosalinda concordaram explicitamente. Isaac não se manifestou, embora sua expressão corporal fosse de concordância.	RBE Professor interrompeu brevemente a discussão para entregar o cartaz (folha A3) que o grupo iniciou a elaboração do DCL na aula anterior. Pediu ao grupo que colocasse título nos DCLs.

4	00:15:08 a 00:16:26	01'18"	Estudantes identificam o que faltou para conclusão do DCL	Grupo olha o DCL elaborado na aula anterior. Maria sugeriu incluir o título DCL1 e DCL2 ao ler anotações do professor no quadro. Rosalinda disse que precisavam diferenciar (identificar) os livros. Parece sugerir que a identificação das forças não diferenciava os livros. Ada lembrou que usaram índices diferentes para identificar cada livro, que precisava de uma legenda. Isaac sugeriu que finalizassem a tarefa com a elaboração de um título e de legenda para os DCLs. Colegas concordaram.	Maria disse que não havia percebido que a sigla DCL usada pelo professor significava "diagrama de corpo livre". Ela pensou que "fosse algo da cabeça do professor".
5	00:16:26 a 00:16:51	00'25"	Estudantes identificam algo errado no DCL	Ada achou que havia algo de errado com o DCL, mas não conseguiu explicitar. Parece algo relacionado ao módulo da força normal. Isaac sugere manter como está. Maria concordou. Disse que não deveria mudar nada. Ada tenta argumentar, mas desiste. Sugere que Isaac faça a legenda do DCL.	Ada percebeu que o DCL do livro de baixo estava incorreto. Não foi representada a força de contato que o livro de cima faz sobre o livro de baixo. Além disso, havia duas forças normais representadas sobre o livro de baixo, cujos módulos correspondiam aos módulos da força peso de cada livro. Desse modo, o DCL não indicava uma força resultante nula.
6	00:16:51 a 00:23:12	06'21"	Grupo elabora e legenda do DCL	Ada se responsabilizou pela elaboração da legenda e do título dos DCLs na folha A3. Colegas contribuem com opiniões. Enquanto Ada, Maria e Rosalinda tomam decisões práticas quanto à elaboração do título e da legenda, Isaac lê em voz alta o enunciado do item B1 como se quisesse chamar a atenção das colegas para as questões que faltavam ser respondidas. Ada, Maria e Rosalinda continuaram a discutir. Isaac encaminhou sozinho a tarefa de responder as questões dos itens B, C e D.	
7	00:23:12 a 00:23:25	00'13"	Isaac tenta estabelecer discussão em torno do item B1	Enquanto Ada finalizava o DCL na folha A3, Isaac leu para o grupo o que respondeu no item B1.	A resposta apresentada por Isaac estava inconsistente. Não há evidência de que Maria ou Rosalinda tenham percebido isso, pois, logo que Isaac terminou de ler a resposta, Ada tomou a palavra para tratar de erro presente na identificação de uma força do DCL.

8	00:23:25 a 00:23:58	00'23''	Ada identificou erro no DCL	Ada percebeu erro que a indicação do agente da força normal que atuava sobre o livro de baixo estava incorreta (em vez de Terra, deveria ser mesa). Ada justificou por que se tratava de erro com base em evidência (a mesa é comprimida e não a Terra). Colegas não contra-argumentaram. Ada implementou a modificação.	RBE e ALR
9	00:23:58 a 00:27:45	03'47''	Maria e Rosalinda registram resposta de Isaac ao item B1	Maria pediu a Isaac que repetisse a resposta dada ao item B1. Ela registrou a resposta no próprio caderno. Ada, que trabalhava na finalização do DCL da folha A3, disse que Isaac deveria repetir o que disse para ela. Maria disse que mostraria a resposta para que Ada copiasse. Rosalinda também registrou a resposta no próprio caderno.	Ada finalizou o DCL, mostrou aos colegas e abriu o caderno para responder as questões.
10	00:27:45 a 00:29:20	01'35''	Grupo aborda item B2	Maria iniciou conversa sobre a resposta ao item B2. Ela sugeriu que a força peso do livro de cima deveria aparecer no DCL do livro de baixo. Isaac concordou. No entanto, ao ler a continuação da pergunta, Isaac percebeu que cometeram um erro. Isaac não consegue responder a questão. Ada discorda que o peso do livro de cima age sobre a mesa. Para ela, age sobre o centro da Terra (Ada pensou no par de ação e reação). Isaac não compreendeu a ideia, mas a discussão não avançou.	ALR
11	00:29:20 a 00:30:50	01'30''	Grupo aborda item B3	Ada e Isaac comparam a magnitude do peso do livro de cima com o peso do livro de baixo. Apresentam como evidência o fato de o livro de cima ser maior que o livro de baixo. Não comparam o peso do livro de cima com a normal que atua sobre o livro de cima.	RBE

12	00:30:50 a 00:33:15	02'25"	Grupo aborda item B4	Isaac e Maria consideraram que não há forças de mesma intensidade nos livros de baixo e de cima. Ada discordou dos colegas. Apresentou evidências para sustentar sua discordância: o livro de cima faz uma força no livro de baixo e o livro de baixo faz uma força de mesma intensidade no livro de cima. Maria percebeu que se tratava de ação e reação. Ada disse que só não sabe como isso seria contado no DCL, já que o desenho elaborado na folha A3 não está coerente com essa ideia. Ada tornou a dizer que é por isso que achava que deveriam representar a força do livro de cima sobre o livro de baixo. Isaac questiona a ideia com base no que discutiram no episódio 10: o peso do livro de cima não age sobre a Terra (viu incoerência na linha de raciocínio)? Maria e Ada tornam a se basear no princípio da ação e reação para argumentar com Isaac. Novamente, Ada alerta para o fato de que não representaram a força do livro de cima sobre o livro de baixo no DCL. Maria e Isaac acham que não é preciso representar essa força no DCL, pois ela está subentendida na representação das “forças normais” sobre o livro de cima.	RBE e ALR Ada tinha a compreensão necessária à eliminação dos erros do DCL do livro de cima. No entanto, seus colegas não compreendiam o que ela queria dizer ou não relacionaram os argumentos elaborados por ela com as com o DCL produzido. Esse problema ocorreu desde a aula anterior.
13	00:33:15 a 00:33:36	00'21"	Professor anuncia proximidad e do fim da aula	Professor alertou os estudantes sobre a proximidade do fim da aula. Disse que em aproximadamente 3 minutos fariam uma plenária. Pediu capricho com os cartazes, pois seriam expostos na plenária.	

14	00:33:36 a 00:38:36	05'00"	Grupo aborda item C	<p>Antes que Isaac concluísse a leitura do item, Ada disse que, como fizeram as coisas permaneceram as mesmas na parte A e na parte B (desconsiderou a 2ª força normal representada). Disse que o DCL deveria ser diferente: ter a compressão do livro de cima sobre o livro de baixo e que a força normal deveria ser maior. Rosalinda tenta argumentar que há um vetor menor que o outro para representar a força normal. Ada tentou mostrar que não estava correto. Rosalinda fez ponderações que dão evidência de que não compreendeu o que a colega falava, bem como não compreendeu o DCL elaborado pelo grupo. Com o avanço das discussões, Maria e Rosalinda passaram a concordar com Ada. Contudo, consideraram que a normal do livro de baixo possuía o mesmo tamanho que a normal do livro de cima (contradição). Isaac ainda apresentou questionamentos. Maria fez um vetor maior para representar a normal, mas pareceu que havia dois vetores normais (notar que as normais dos dois livros são iguais). Ela perguntou aos colegas se era isso. Todos disseram que sim. Ada também disse que sim, mas sua expressão facial e corporal mostrou discordância. Pouco tempo depois, ao responder o item C no caderno, Isaac tornou a dizer que a normal não aumentou.</p>	<p>RBE e ALR</p> <p>Até esse episódio, o DCL do livro de baixo e o DCL do livro sozinho estavam idênticos. Ada argumentou a esse respeito. A solução que os estudantes encontraram foi aumentar o módulo da força normal. Fizeram isso, mas não tiveram coerência na representação do módulo da força. Além disso, na folha A3 não representaram a força do livro de cima sobre o livro de baixo.</p>
15	00:38:36 a 00:39:47	01'11"	Grupo aborda item D	<p>Isaac propõe que a normal do livro de baixo e o peso do livro de cima formam um par de ação e reação. Ada diz que peso e normal não são pares de ação e reação. Isaac disse que as forças que relacionou não atuam num mesmo objeto. Ada perguntou se tem mesmo que marcar um X no DCL da folha A3. Em seguida, confere o que fez no caderno.</p>	<p>ALR e RDO</p> <p>Parece que as anotações no caderno de Ada estão diferentes das ideias expressas no DCL do grupo.</p>

16	00:39:47 a 00:51:02	11'15"	Professor faz plenária/síntese final	Professor disse que fará meia plenária, meia síntese. Diz que respeitará o ritmo dos grupos, mas que as plenárias são para que todos percebam algumas coisas importantes. Por isso, é importante que grupos não conversem com grupos antes. Reconhece que não consegue passar em todos os grupos. Por isso, é importante que cada um no grupo desempenhe funções específicas, como solicitar aos colegas que sustentem suas ideias em evidências ou outra base. Disse que para respeitar os ritmos, se orientará pelo ponto mais distante a que pelo menos 8 dos 10 grupos chegaram. Decide que abordará na síntese/plenária até o item C da parte II. Professor desenha o DCL do livro de cima em diálogo com a turma. Pergunta sobre as dúvidas dos estudantes na elaboração dos DCLs. Perguntou se algum grupo desenhou o peso do livro de baixo igual à normal exercida pelo livro de baixo sobre o livro de cima. Grupo não investigado levanta a mão. Membro do grupo justifica a ideia. Professor perguntou quem enxerga um furo nessa ideia. Outros grupos levantaram a mão. Discussão para nesse ponto. Professor anuncia horário do fim da aula. Pede a estudantes que guardem os materiais.	Quando professor perguntou à turma se todos representaram a força normal que o livro de baixo faz sobre o livro de cima, estudantes do grupo A disseram que sim (entre si) e indicaram a força na folha A3. // Quando pergunta se a normal sobre o livro de cima é igual à normal sobre o livro de baixo, os estudantes se entreolham. Ada disse que a intensidade é diferente (o DCL sugere que são iguais).
17	00:51:02 a 00:52:10	01'08"	Estudantes saem de sala	Membros do grupo A guardam materiais. Rosalinda devolve cartaz e canetas ao professor.	

Mapa de episódios – grupo B, aula 09/2014 (50 minutos)

Nº	Localização Temporal (hh:mm:ss)	Duração	Episódio	Detalhamento	Comentários
1	00:00:00 a 00:02:13	02'13"	Estudantes chegam à sala	César, Lise e Ricardo chegaram antes do início da aula. Max chegou cerca de 6 minutos atrasado, quando o professor já havia iniciado a preleção.	

2	00:02:13 a 00:13:15	11'02"	Professor faz preleção	Anuncia que estudantes poderão fazer atividade para casa em sala se estabelecerem um bom ritmo de trabalho. Diz que os três princípios da dinâmica serão os alicerces do curso. Que a elaboração de diagramas de corpo livre será retomada em outros assuntos. Retoma as tarefas da parte II do tutorial de forças. Desenha os DCLs do livro sozinho sobre a mesa. Discute a convenção utilizada para identificar, nomear e descrever as forças. Sugere que estudantes utilizem voz passiva para descrever as forças. Disse que os DCLs devem ser elaborados em coerência uns com os outros. Pediu aos estudantes que finalizassem os DCLs da parte II do tutorial. Avisou que os grupos que terminassem deveriam iniciar a resolução de um problema.	Alunos dispersos no início da preleção. Organizaram o material enquanto o professor falava. Passados os momentos iniciais, os estudantes concentraram-se na preleção.
3	00:13:15 a 00:15:25	02'10"	Estudantes retomam tarefas iniciadas na aula anterior	César e Lise começaram a discutir as questões propostas na parte II do tutorial (item A2). César pediu ajuda a Max. Max destacou que o professor havia acabado de discutir esse item. O fato de o bloco estar em repouso ($F_r=0$) permite afirmar que o módulo da força peso é igual ao módulo da força normal.	RBE
4	00:15:25 a 00:16:06	00'41"	Estudantes conferem o DCL	Max começou a conferir se a magnitude relativa dos vetores estava coerente. Ele achou que havia erro. Ricardo disse que estava certo. A comparação que Max tentou fazer é que estava incorreta. Max solicitou o diagrama de corpo livre do livro sobre a mesa para fazer a comparação (diagrama do item A com diagrama do item B).	ALR

5	00:16:06 a 00:26:40	10'34"	Estudantes respondem questões propostas no tutorial	César perguntou se era para responder no caderno as questões propostas. Max disse que sim e chamou o grupo para fazê-lo. Ao abrir o caderno, Max percebeu que já havia respondido boa parte das questões na aula anterior. Discussão esfria. Após breve dispersão, César tornou a dizer que não sabia se era para responder as questões. Lise disse que se estava na folha era para responder. Lise chama atenção para a importância de arquivar as respostas (redigir no caderno e não na folha avulsa). Estudantes passaram a responder as questões no caderno em silêncio. Chegaram a conferir algumas respostas entre si. Em determinado momento, César disse que ia copiar as respostas do Max.	Max e César brincam com a forma como identificaram as aulas (título das aulas). Ricardo revelou que não respondeu as questões do item A. Na verdade, na aula passada essa tensão entre responder as questões e trabalhar na elaboração do DCL ficou evidente. A elaboração do DCL tomou muito tempo dos estudantes.
6	00:26:40 a 00:29:25	02'45"	O peso do livro de cima não atua no livro de baixo	Ricardo diz para colegas que não entendeu por que é incorreto dizer que o peso do livro de cima atua sobre o livro de baixo. Essa dúvida disparou uma discussão no grupo. Max repete a questão, dando indícios de que estava pensando nela. César tenta esboçar uma resposta, mas deixa de falar. Lise elabora uma resposta que, embora pouco precisa, revela que a estudante compreende que se trata de forças distintas com mesmo módulo. Surgiu a ideia de que o livro de cima faz uma força de contato sobre o livro de baixo. Max perguntou sobre que tipo de força é o peso. Ricardo propôs que o peso é a força que a Terra faz sobre o livro e não a força que um livro faz sobre o outro. Pouco tempo depois, ouviram o que o professor falava em outro grupo. César disse: "Boa, Ricardo!", por ter interpretado que a solução de Ricardo estava coerente com o que o professor falou.	RBE e RDO Ricardo usou a definição operacional de peso para propor uma resposta à questão.

7	00:29:25 a 00:33:15	03'50"	Estudantes continuaram a responder as questões no caderno	Estudantes respondem as questões no caderno silenciosamente. Há alternância de momentos de resolução da tarefa com momentos de dispersão.	
8	00:33:15 a 00:33:36	00'21"	Professor anuncia que a aula se aproxima do fim	Professor alertou os estudantes sobre a proximidade do fim da aula. Disse que em aproximadamente 3 minutos fariam uma plenária. Pediu capricho com os cartazes, pois seriam expostos na plenária.	
9	00:33:36 a 00:33:56	00'20"	Estudantes discutem item B3	César pergunta de que forma se pode determinar a magnitude relativa das forças sem ser a partir da observação do estado de movimento desse corpo. Max apresenta evidência que permite determinar a magnitude relativa das forças.	RBE
10	00:33:56 a 00:34:50	00'54"	Conferência do DCL	Ricardo pediu régua aos colegas para verificar os DCLs produzidos na folha A3. Ele percebeu que o módulo da força peso do livro de baixo não estava coerente com o módulo do peso do livro sozinho sobre a mesa. César e Max sugeriram deixar como está e informar o erro na apresentação dos cartazes.	ALR
11	00:34:50 a 00:36:04	01'14"	Estudantes discutem item B4	César sugere de modo confuso que é a força peso. Imediatamente, faz uma anotação no caderno. Max e Lise olham para o DCL para tentar responder. Percebem que a força de contato do livro de cima sobre o livro de baixo é igual à força normal do livro de baixo sobre o livro de cima. Contudo, não discutiram a ideia de César. Em seguida, todos tomaram nota no caderno.	

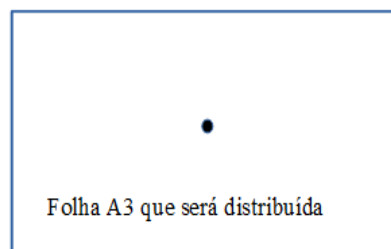
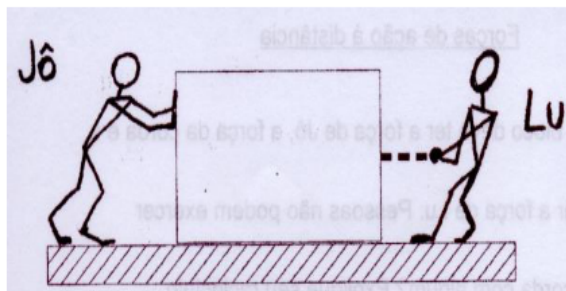
12	00:36:04 a 00:39:47	03'43"	Estudantes discutem item C	César considerou que o peso do livro não mudava. Lise o questionou, pois pensava o contrário. Max concordou com César. Apresentou como evidência o fato de que se trata de um mesmo livro, logo o peso deveria ser o mesmo. César disse que a força de contato é o que mudava. Max completou dizendo que a normal também mudava. César considerou que a normal não mudava. Max argumentou que a normal se tornou maior, pois havia mais força empurrando livro para baixo. Depois de um tempo em silêncio, enquanto registravam resposta no caderno, Ricardo perguntou se a normal continuava a mesma. Dessa vez, César argumentou a favor do aumento da força normal.	RBE e RHD
13	00:39:47 a 00:51:02	11'15"	Professor faz plenária/síntese e final	Professor disse que fará meia plenária, meia síntese. Diz que respeitará o ritmo dos grupos, mas que as plenárias são para que todos percebam algumas coisas importantes. Por isso, é importante que grupos não conversem com grupos antes. Reconhece que não consegue passar em todos os grupos. Por isso, é importante que cada um no grupo desempenhe funções específicas, como solicitar aos colegas que sustentem suas ideias em evidências ou outra base. Disse que para respeitar os ritmos, se orientará pelo ponto mais distante que pelo menos 8 dos 10 grupos chegou. Decide que abordará na síntese/plenária até o item C da parte II. Professor desenha o DCL do livro de cima em diálogo com a turma. Pergunta sobre as dúvidas dos estudantes na elaboração dos DCLs. Perguntou se algum grupo desenhou o peso do livro de baixo igual a normal exercida pelo livro de baixo sobre o livro de cima. Grupo não investigado levanta a mão. Membro do grupo justifica a ideia. Professor perguntou quem enxerga um furo nessa ideia. Outros grupos levantaram a mão. Discussão para nesse ponto. Professor anuncia horário do fim da aula. Pede a estudantes que guardem os materiais.	Max percebe que o que chamaram de livro 1 é o que o professor chamou de livro 2. Estudantes compararam o DCL que produziram com o DCL que o professor produziu.
14	00:51:02 a 00:52:58	01'56"	Estudantes saem de sala	Membros do grupo B guardam materiais. César devolveu cartazes ao professor.	

Anexo A - Materiais utilizado nas aulas de Física

Tutorial 01/2014

I. Diagrama de Corpo Livre¹²

Duas pessoas tentam mover um grande bloco. Entretanto, o bloco não se mexe. Jô empurra-o. Lu puxa uma corda amarrada ao bloco.



- A) Na folha A3, marquem um ponto grande bem no centro. Considere que esse ponto representa o bloco. Desenhe vetores com os “rabos” no ponto para representar as forças exercidas no bloco. Identifique cada vetor e escreva uma descrição sucinta da força representada por ele.

Na física Newtoniana, todas as forças surgem de uma interação entre *dois* objetos. Forças são descritas de maneira precisa quando indicam o objeto *sobre o qual* a força é exercida e o objeto *que exerce* a força. Por exemplo, na situação acima, uma força gravitacional é exercida sobre o bloco pela Terra.

- B) Descreva dessa maneira as outras forças exercidas sobre o bloco, no desenho que vocês fizeram.

O diagrama que vocês acabam de desenhar é chamado *diagrama de corpo livre* ou *diagrama de forças*. O diagrama de corpo livre deveria mostrar apenas forças exercidas sobre o objeto ou sistema de interesse. No caso acima, o bloco é o nosso objeto de interesse. Confiram o diagrama e, se necessário, modifiquem-no.

Em algumas situações, o objeto é representado por uma figura geométrica ou esboço, não por um ponto. Independente de que forma é usado, um diagrama de corpo livre adequado *não* deveria ter nada exceto uma representação do objeto e as forças exercidas sobre aquele objeto. Um diagrama de corpo livre *nunca* inclui (1) forças exercidas pelo objeto de interesse em outros objetos ou (2) esboços de outros objetos que exercem forças sobre o objeto de interesse.

- C) Todas as forças decorrem de interações entre objetos, mas as interações podem tomar formas diferentes.

Quais das forças exercidas *no* bloco requerem *contato* entre o bloco e o objeto que exerce a força?

Quais das forças exercidas *no* bloco não decorrem do *contato* entre o bloco e o objeto que exerce a força?

Chamaremos as forças que dependem do contato entre dois objetos de *forças de contato*. Chamaremos as forças que não decorrem do contato entre dois objetos de *forças de ação à distância*.

- D) Existem muitos tipos diferentes de forças, incluindo: atrito (f_{at}), tensão (T), forças magnéticas

¹² Traduzido e Adaptado do livro “*Tutorials in Introductory Physics*” de McDermott, Shaffer, & Physics Educ. Group, da Univ. Washington.

(F_{mag}), força normal (N) e a força gravitacional (P , de peso). No caderno, separe essas forças em duas categorias, conforme elas sejam forças de contato ou não. Organize as categorias conforme este exemplo:

Forças de contato

Forças de ação à distância

E) Analise a seguinte conversa entre dois alunos:

Aluno 1: “Eu acho que o diagrama de corpo livre para o bloco deve ter a força de Jô, a força da corda e a força de Lu”.

Aluno 2: “Eu não acho que o diagrama deve mostrar a força de Lu. Pessoas não podem exercer forças em blocos sem tocarem neles.”

Com qual dos alunos você concorda, se é que concorda com algum? Explique seu raciocínio.

Costuma ser útil identificar as forças de uma maneira que deixe claro (1) o tipo de força, (2) o objeto sobre o qual a força é exercida, e (3) o objeto que exerce a força. Por exemplo, a força gravitacional exercida *sobre* o bloco *pela* Terra pode ser identificada por P_{BT} . Seu professor vai explicar essa notação.

F) Identifique cada uma das forças no seu diagrama de corpo livre da parte A dessa maneira explicada acima.

→ Não siga adiante até que seu professor tenha conferido seu diagrama de corpo livre.

II. Forças

A) Esbocem um diagrama de corpo livre para um livro em repouso sobre uma mesa nivelada.

(Lembrem-se: um diagrama de corpo livre adequado não deveria ter nada nele, exceto uma representação do livro e das forças exercidas *sobre* ele.)



Confira se a indicação para cada força contém:

- o tipo de força (gravitacional, atrito, etc.).
- o objeto sobre o qual a força é exercida, e
- o objeto que exerce a força.

1) Que evidência você tem para a existência de cada uma das forças do seu diagrama?

2) Que observação pode ser feita para que você possa determinar a magnitude relativa das forças que agem sobre o livro?

Como foi que você indicou as magnitudes relativas das forças no seu diagrama?

B) Um segundo livro de massa maior é colocado em cima do primeiro.

Esboce no seu caderno um diagrama de corpo livre para cada um dos livros. Indique todas as forças, como foi pedido na parte A, acima. Coloque os diagramas um ao lado do outro com esses títulos.



Diagrama de corpo livre
para o livro de cima

Diagrama de corpo livre
para o livro de baixo

Especifique quais das forças são forças de contato e quais são forças de interação à distância.

1) Examine todas as forças nos dois diagramas de corpo livre que você acaba de desenhar. Explique por que uma força que aparece em um dos diagramas *não deveria* aparecer no outro.

2) Que *tipo* de força que o livro de cima exerce sobre o livro de baixo (*p.ex.*: de atrito, gravitacional)?

Por que seria *incorreto* dizer que o peso do livro de cima age sobre o livro de baixo?

3) Que observação você pode fazer que lhe permite determinar a magnitude relativa das forças sobre o livro *de cima*?

4) Há forças agindo sobre o livro *de baixo* que têm a mesma magnitude que uma força agindo no livro *de cima*? Explique.

C) Compare o diagrama de corpo livre para o livro de baixo com o diagrama de corpo livre para o mesmo livro na parte A (*ou seja*, antes do livro de cima ser acrescentado).

Quais das forças mudaram quando o livro de cima foi acrescentado e quais permaneceram as mesmas?

Como foi discutido no início, nós consideramos que cada força que age sobre um objeto é exercida por um outro objeto. O primeiro objeto exerce uma força de igual magnitude e sentido oposto sobre o segundo objeto. As duas forças juntas são o que chamamos de um par de *ação e reação* ou um par de forças da Terceira Lei de Newton.

D) Quais, se é que há algum, os pares de forças da Terceira Lei de Newton são mostrados nos diagramas que você acaba de desenhar? Em qual objeto age cada força do par?

Identifique cada par de *ação e reação* em seus diagramas colocando um pequeno “X” sobre cada membro do par. Por exemplo, se você tiver dois conjuntos de pares de força da terceira lei mostre-os em seus diagramas, marque *cada* membro do primeiro par com um “X” sobre os vetores e marque *cada* membro do segundo par com “XX” sobre os vetores.

Problema 01/2014

Suponha que você esteja sentado em um carro em movimento acelerado. Desenhe diagramas de corpo livre de cada um dos seguintes objetos de interesse:

- a) seu corpo;
- b) o assento em que você está sentado;
- c) o carro (tomado como um todo, incluindo as rodas);
- d) a superfície da estrada, onde os pneus e a estrada interagem.

Observações:

- Suponha que o carro tenha tração traseira.
- Descreva cada força em palavras; mostrar forças maiores com vetores mais longos.
- Identifique o tipo, o paciente e o agente da força para cada vetor desenhado.
- Para cada força representada ou diga como você sabe que ela existe ou por que você acredita que ela existe.
- Identifique os pares da terceira lei (pares de ação e reação).

Lista de Exercícios 01/2014

Questão 1:

A) Identifique todas as forças que atuam sobre os objetos em destaque nas seguintes situações. Se desejar, desenhe essas forças junto às próprias figuras, indicando sua direção e sentido.



1) Balão subindo na atmosfera com velocidade aumentando.



2) Sobre o balão (preso junto ao teto de uma sala)



3) a) sobre a bola; b) sobre o pé.



4) a) sobre a bola; b) sobre a atleta.



5) a) sobre a haste do halteres; b) sobre o atleta.

B) Faça um diagrama de corpo livre para cada situação acima. Para cada força desenhada indique o tipo de força, o paciente e o agente. Diga também como você sabe ou porque você acredita na existência de cada uma das forças desenhadas.

Questão 02:

a) Considere a seguinte afirmação feita por um estudante sobre um livro em repouso sobre uma mesa:

“As duas forças exercidas sobre o livro são a força normal, dirigida para cima, e o peso do livro dirigido para baixo. Elas são iguais e opostas uma a outra. Pela terceira lei de Newton essas forças formam um par de ação e reação, então a força normal é sempre igual ao peso do livro.”

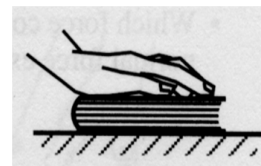
Você concorda com o estudante? Explique por que você concorda ou discorda?

b) Considere um livro na superfície da mesa enquanto ele é pressionado para baixo por alguém.

i) Desenhe um diagrama de corpo livre para o livro. Identifique as forças como você fez no tutorial 1 (tipo de força, agente e paciente).

ii) Compare o diagrama de corpo livre que você acabou de desenhar com o diagrama de corpo livre do livro antes de ser pressionado para baixo. O que muda? O que permanece o mesmo?

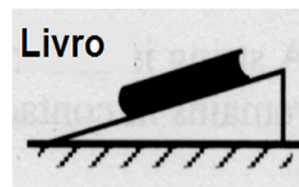
iii) A intensidade do peso é igual a intensidade da força normal exercida pela mesa sobre o livro? Explique seu raciocínio.



c) Considere um livro que permanece em repouso sobre um plano inclinado.

i) Desenhe o diagrama de corpo livre para o livro. Identifique as forças como você fez no tutorial 1 (tipo de força, agente e paciente).

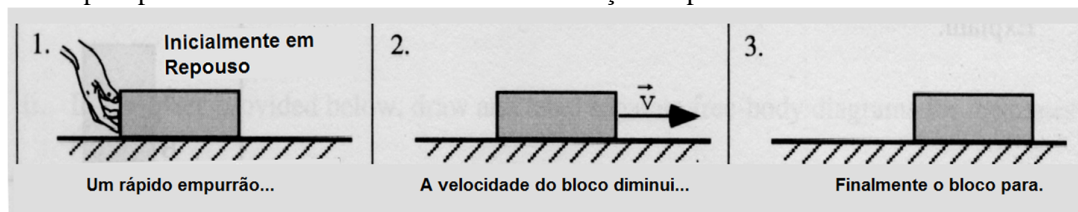
ii) Compare a força normal exercida sobre o livro pelo plano inclinado com a força peso exercida sobre o livro pela Terra. Elas possuem intensidades iguais? Elas possuem direções opostas? Explique seu raciocínio.



d) Reveja a resposta que você deu ao item (a). Além disso, recorde o enunciado da terceira Lei de Newton, estudado no ano anterior. Então, considere um livro sobre uma mesa nivelada.

- Que força forma um par de ação e reação com a força normal exercida sobre o livro pela mesa?
- Que força forma um par de ação e reação com a força peso do livro?

Questão 03: Um bloco inicialmente em repouso recebe um rápido empurrão. O bloco começa a deslizar pelo piso com velocidade decrescente até alcançar o repouso.

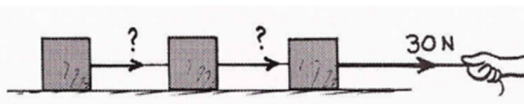


a) Desenhe diagramas de corpo livre para cada um dos instantes mostrados. Identifique todas as forças.

b) Organize em ordem crescente de magnitude todas as forças horizontais do diagrama para o instante 1. Explique.

c) Alguma das forças que você desenhou no instante 1 deixou de existir no instante 2? Se sim, para cada força que deixou de existir, explique o que você pensou para incluí-la no primeiro diagrama, mas não no segundo.

Questão 4: Três blocos idênticos são puxados, como mostrado, sobre uma superfície horizontal sem atrito. Considere como 30 N a tensão da corda puxada pela mão.



a) Desenhe o diagrama de corpo livre para cada um dos blocos. Utilize uma escala adequada.

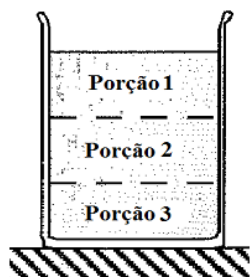
b) Qual é a tensão nas demais cordas? Explique.

Questão 5: Uma mala de 10 kg é colocada em cima de uma balança que está dentro de um elevador. Num momento a leitura da balança é 75 N, noutro, 100 N. Com base em diagramas de corpo livre da situação indique se, nesses momentos, o elevador começa a subir, começa a descer, se move em um desses dois sentidos com velocidade constante ou está parado. Adote aceleração gravidade $10,0 \text{ m/s}^2$.

Tutorial 02/2014

I. Aplicando as Leis de Newton aos Líquidos

Um recipiente em forma de paralelepípedo, cheio de água, está em repouso sobre uma mesa como mostrado na figura. Duas fronteiras imaginárias que dividem a água em três porções de igual volume são mostradas no diagrama. (Nenhuma barreira material separa as porções.)



Diagramas de Corpo Livre

Porção 1	Porção 2	Porção 3

A. Para cada porção, desenhe o diagrama de corpo livre no espaço provido. Certifique-se de que indicou em seu diagrama a superfície sobre a qual cada força de contato foi aplicada. (Isso pode ser feito colocando sobre a superfície a ponta da seta do vetor que representa a força.)

A identificação de cada força deve indicar:

- O tipo de força;
- O objeto sobre o qual a força é exercida;
- O objeto que exerce a força.

B. Use os sinais de maior ($>$) ou de igual ($=$) para ordenar todas as forças verticais que você desenhou nos três diagramas. Explique como você ordenou as forças.

Como o peso da porção 1 se compara ao peso da porção 3?

Um líquido em que volumes iguais têm o mesmo peso independentemente da profundidade (i.e., a densidade não varia) é chamado de *incompressível*. Assuma que todos os líquidos nesse tutorial são incompressíveis.

C. Imagine que pequenos furos sejam feitos na parede do recipiente próximo ao fundo de cada porção.

1. Preveja o que ocorrerá com a água próximo a cada furo. Explique.
2. Verifique sua previsão através da observação da demonstração. Registre suas observações. (Um esboço da situação pode ser útil)

O que suas observações sugerem sobre:

- (1) a existência de forças horizontais sobre as três camadas de água na parte A?
- (2) a *magnitude relativa* das forças horizontais sobre as três camadas?

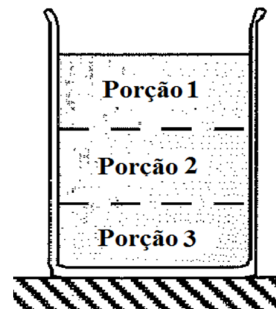
Se necessário, revise seus diagramas de corpo livre na parte A para que fiquem consistentes com suas respostas.

II. Pressão e Força

A. Relembre a relação entre força e pressão. (Consulte um livro ou a internet se necessário.)

Abaixo, aplicaremos esta relação para as três porções da parte I.

1. Que força você usaria para determinar a pressão no fundo da porção 2? (Pode haver mais de uma resposta correta.) Explique seu raciocínio. (Dica: refira-se ao seu diagrama de corpo livre da seção I e às forças exercidas no fundo da porção 2.)
2. Que área você usaria para determinar a pressão no fundo da porção 2? Explique.
3. Suponha que você queira determinar a pressão num ponto no centro da porção 2. Para qual(is) objeto(s) você desenharia um diagrama de corpo livre? Que força e que área seriam úteis na determinação da pressão?

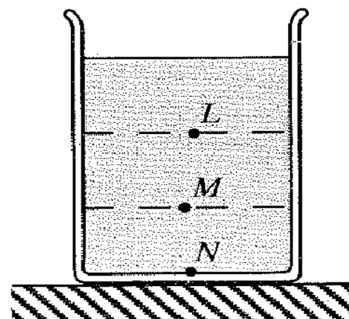


B. Suponha que você queira determinar a pressão no topo da superfície da porção 1. Que forças você usaria para determinar essa pressão? Se necessário, modifique seu diagrama de corpo livre para incluir esta força. Não esqueça de indicar em seu diagrama o objeto que exerce essa força.

Três pontos L, M e N são marcados no fundo das três porções.

C. Ordene a pressão nos pontos L, M e N. Explique como sua resposta está coerente com sua ordenação de forças na seção I.

A pressão P num ponto em um líquido incompressível é descrita matematicamente como $P = P_0 + \rho gh$.



D. Sua ordenação na parte C é consistente com esta equação? (Dica: Estabeleça o ponto de referência para medir h , isto é, discuta onde é $h=0$ e qual é a pressão neste ponto.)

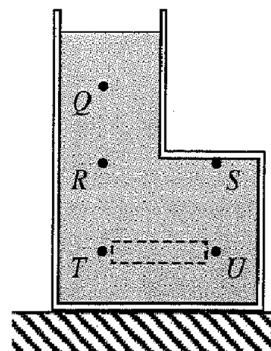
III. Pressão como função da profundidade

O recipiente à direita está cheio de água e em repouso sobre uma mesa. Uma fronteira imaginária que delimita um pequeno volume de água foi desenhado no diagrama. Trate esse pequeno volume de água como um único objeto.

A. Desenhe um diagrama de corpo livre para esse pequeno volume de água.

B. Compare as intensidades das forças horizontais que você desenhou.

Sua resposta está consistente com o “estado de movimento” do pequeno volume de água? Explique.



C. Use sua resposta na parte B para comparar as pressões nos pontos T e U. (Dica: analise como a pressão no ponto T se relaciona à força exercida sobre o pequeno volume de água pela porção de água à esquerda desse pequeno volume?)

D. Use os sinais de maior ($>$) ou de igual ($=$) para ordenar as pressões P_Q , P_R , P_S , P_T e P_U nos pontos Q, R, S, T e U. Explique.

E. Considere o seguinte diálogo entre estudantes:

Estudante 1: “A pressão em um ponto é igual ao peso de água sobre ele dividido pela área. Então, a pressão no ponto R é maior que a pressão no ponto S porque não existe água acima do ponto S.”

Estudante 2: “Eu concordo. A pressão para o ponto S (P_S) pode ser calculada por $P_0 + \rho gh_s$. Como h_s é zero, P_S é igual à pressão atmosférica (P_0). A profundidade do ponto R, h_R , é maior que zero. Então, a pressão em R deve ser maior que a pressão em S.

Você concorda com algum dos estudantes? Explique.

→ Apresente seu raciocínio ao professor.

IV. Pressão em um tubo em forma de U

Um tubo em forma de U está cheio de água como mostrado.

A. Ordene as pressões dos pontos A ao F. Explique.

Seu raciocínio é consistente com a expressão $P = P_0 + \rho gh$? Explique.

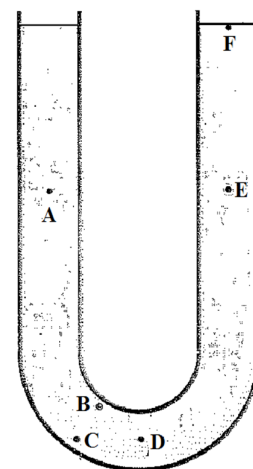
B. A extremidade direita do tubo é fechada com uma rolha. O nível de água dos dois lados permanece o mesmo. Não existe ar entre a rolha e a superfície da água.

- Os valores de P_A e P_D , pressões nos pontos A e D, aumentam, diminuem ou permanecem as mesmas? Explique.
- A pressão P_E , no ponto E, é maior, menor ou igual à pressão P_D no ponto D?

A diferença de pressão ΔP_{DE} entre os pontos D e E muda quando a rolha é colocada? Explique.

- A pressão no ponto F é maior, menor ou igual à pressão atmosférica? Explique.

A força exercida pela rolha sobre a superfície da água no lado direito é maior, menor ou igual à força exercida pela pressão atmosférica sobre a superfície de água do lado esquerdo?



C. Uma seringa foi utilizada para remover um pouco de água do lado esquerdo do tubo. O nível de água do lado esquerdo tornou-se visivelmente menor, mas no nível de água do lado direito não mudou.

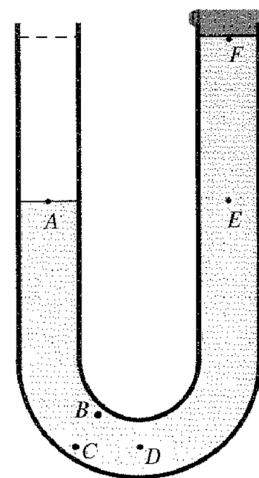
Considere o seguinte diálogo entre estudantes:

Estudante 1: “A pressão no ponto F deve, agora, ser maior que a pressão atmosférica porque a água está sendo pressionada contra a rolha.”

Estudante 2: “Eu acho que a pressão no ponto E deve ser a mesma que no ponto A porque elas estão no mesmo nível. Estes pontos estão à pressão atmosférica. Então, a pressão no ponto F é menor que a pressão atmosférica porque nós sabemos que a pressão torna-se menor enquanto você vai para cima.”

Estudante 3: “Mas a água é mais densa que o ar de modo que a pressão em F não pode ser menor que a pressão atmosférica.”

Com qual(is) estudante(s) você concorda? Se é que você concorda.



Lista de Exercícios 02/2014

1. Como a pressão da água 1 metro abaixo da superfície de uma pequena lagoa se compara com a pressão 1 metro abaixo da superfície de um lago enorme? Explique.

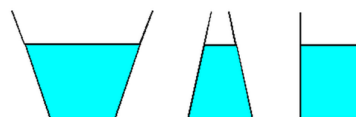
2. O desenho mostra o reservatório de água de uma fazenda. Ele é feito de madeira e reforçado com aros laterais de metal.



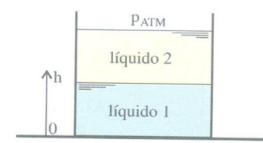
a) Por que esses reservatórios são instalados em locais elevados?

b) Por que os aros de metal são mais próximos entre si na parte inferior do reservatório?

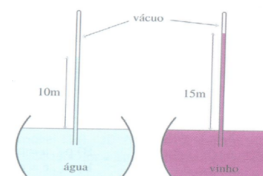
3. Água é derramada nos três vasos mostrados até um mesmo nível. Os três vasos possuem a mesma área de base. Uma vez que o nível de água é o mesmo para os três vasos, a pressão atmosférica no fundo dos vasos é igual. Como a área da base e a pressão é a mesma para os três vasos, cada um dos líquidos deve exercer a mesma força na base dos recipientes. No entanto, quando os recipientes são pesados, três diferentes valores são obtidos. (O vaso do centro tem menos líquido do que o do lado esquerdo, por isso deve pesar menos.) Como você justificaria esta aparente contradição?



4. Dois líquidos imiscíveis (água e óleo, por exemplo) estão em equilíbrio em um copo, conforme figura. Esboce um gráfico que representa a variação da pressão hidrostática com a altura h , medida a partir do fundo do copo. Explique seu gráfico.



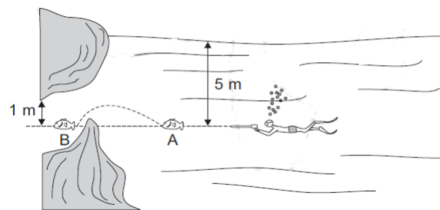
5. Pascal realizou várias experiências em público, com o intuito de investigar a pressão atmosférica. No decorrer das experiências verificou-se que a mesma pressão atmosférica que equilibra uma coluna de água de 10m de altura é capaz de equilibrar uma coluna de vinho tinto de 15m de altura.



a) Calcule a razão ρ_A / ρ_V entre as densidades da água (ρ_A) e do vinho (ρ_V) usados nas experiências.

b) Se o vinho tivesse sido fornecido por um comerciante desonesto, que lhe acrescentara água, o resultado seria uma coluna de vinho misturado maior, igual ou menor do que 15 m. Justifique a resposta.

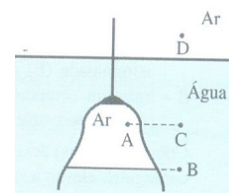
6. Um mergulhador persegue um peixe a 5,0 m abaixo da superfície de um lago. O peixe foge da posição A e se esconde em uma gruta na posição B. A pressão atmosférica na superfície da água é igual a $P_0 = 1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.



a) Qual a pressão sobre o mergulhador?

b) O que ocorre com a pressão sobre o peixe quando ele vai de A para B? Explique o seu raciocínio.

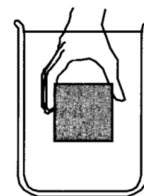
7. (UFRJ) Há séculos atrás, grandes sinos metálicos eram usados para se recuperar objetos de artilharia no fundo do mar. O sino era introduzido na água, com uma pessoa em seu interior, de tal modo que o ar contido nele não escapasse à medida que o sino afundasse, como indica a figura. Supondo que no instante focalizado na figura a água se encontre em equilíbrio hidrostático, compare as pressões nos pontos A, B, C e D usando os símbolos de ordem >(maior), =(igual) e <(menor).



Tutorial 03/2014

I. Empuxo¹³

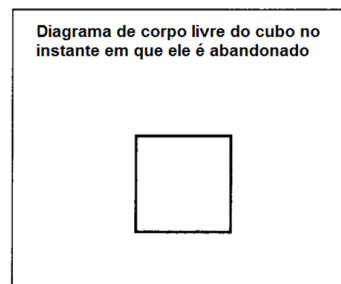
A. Um bloco cúbico é observado flutuando na água contida em um béquer. Esse bloco foi deslocado para perto do centro do béquer (como na figura) e, em seguida, abandonado.



1. Descreva o movimento do bloco depois de abandonado.
2. Reproduza a figura ao lado em seu caderno. Desenhe o diagrama de corpo livre para o bloco no instante em que ele é abandonado. Mostre todas as forças que a água exerce em cada uma das superfícies do bloco.

Assegure-se de que a indicação de cada força mostra:

- O tipo de força;
- O objeto sobre o qual a força é exercida;
- O objeto que exerce a força.



3. Ordene as forças verticais representadas em seu diagrama de corpo livre de acordo com sua intensidade. Se você não pode ordenar todas as forças representadas, explique por que não.

Você utilizou a relação entre pressão e profundidade para comparar a intensidade de quaisquer das forças verticais? Se sim, como?

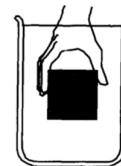
Você usou a informação sobre o movimento do bloco para comparar a intensidade de quaisquer das forças verticais? Se sim, como?

4. Desenhe, em seu caderno, uma seta para representar a soma das forças exercidas sobre o bloco pela água. Como você determinou a direção e o sentido do resultado dessa soma?

O vetor soma representa a *força resultante* sobre o bloco? (Lembre-se de que a força resultante é definida como sendo o vetor soma de *todas* as forças que agem sobre um objeto)

A intensidade da soma das forças exercidas sobre o bloco pela água é maior, menor ou igual ao peso do bloco? Explique.

B. O experimento é repetido com um segundo bloco que tem o mesmo volume e formato que o primeiro. Contudo, esse bloco foi visto afundar na água.

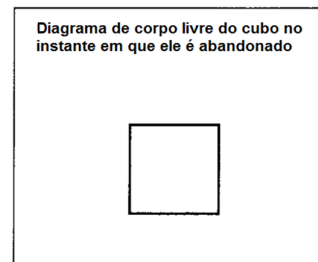


1. Reproduza a figura ao lado em seu caderno. Desenhe o diagrama de corpo livre para o bloco no instante em que ele é abandonado. Como antes, desenhe as forças exercidas sobre cada uma das superfícies do bloco pela água.

2. Compare o diagrama de corpo livre do bloco que afunda com aquele desenhado na parte A para o bloco que flutua.

Quais forças têm a mesma magnitude e quais são diferentes? (Dica: como a pressão em cada superfície deste bloco se compara à pressão na superfície correspondente do bloco na parte A?)

Alguma força aparece em um dos diagramas mas não aparece no



¹³ Adaptado do livro “*Tutorials in Introductory Physics*” de McDermott, Shaffer, & Physics Educ. Group, da Univ. Washington.

outro?

3. Desenhe, em seu caderno, uma seta para representar a soma das forças exercidas sobre o bloco pela água.

Como esse vetor se compara àquele que você desenhou para o bloco que flutua? (Considere intensidade, direção e sentido do vetor)

C. Imagine que você abandona o bloco da parte B numa profundidade muito maior. Diga se cada uma das seguintes forças sobre o bloco seria maior, menor ou igual à força correspondente no bloco da parte B:

1. A força para cima na base inferior do bloco.
2. A força para baixo na base superior do bloco.
3. O vetor soma das forças exercidas sobre o bloco pela água. (Dica: A diferença de pressão entre as bases superior e inferior do bloco mudou?)

O vetor que representa a soma das forças exercidas sobre um objeto por um líquido circundante é chamado de *empuxo*. Esta força é comumente representada por um único vetor sobre o diagrama de corpo livre.

D. Em geral, o empuxo sobre um objeto completamente submerso em um líquido incompressível depende da(o):

- *Massa* ou *peso* do objeto?
- *Profundidade* abaixo da superfície na qual o objeto se encontra?
- *Volume* do objeto?

→ Antes de continuar, verifique suas respostas com o professor.

II. Volume Deslocado

Considere dois blocos de mesma forma e tamanho: um feito de alumínio; o outro, de latão. Ambos blocos afundam na água. O bloco de alumínio é colocado numa proveta graduada contendo água. A leitura do volume de água aumenta 3 ml.

A. De quanto a leitura do volume aumenta quando o bloco de latão é colocado na proveta? (Assuma que a água não transborda a proveta.) Explique.

Quando um objeto é colocado numa proveta graduada, cheia de água, o aumento na leitura do volume é chamado de *volume do líquido deslocado* pelo objeto.

B. O volume de água deslocado por um objeto *completamente submerso* depende do(a):

- *Massa* ou *peso* do objeto?
- *Profundidade* abaixo da superfície em que o objeto está localizado?
- *Volume* do objeto?
- *A forma* do objeto?

III. Princípio de Arquimedes

De acordo com o *princípio de Arquimedes*, a intensidade da força exercida sobre um objeto por um líquido é igual ao peso do volume de líquido deslocado pelo objeto.

A. Considere a seguinte afirmação feita por um estudante:

“O princípio de Arquimedes simplesmente significa que o peso da água deslocada por um objeto é igual ao peso do próprio objeto.”

Você concorda com o estudante? Explique.

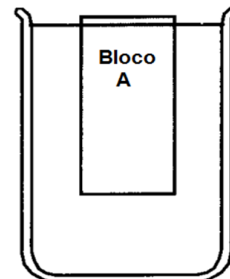
IV. Afundando e Flutuando

A. Um bloco retangular, A, é abandonado a partir do repouso no centro de um béquer com água. O bloco é acelerado para cima.

1. No instante em que o bloco A é abandonado, o empuxo sobre ele é maior, menor ou igual ao seu próprio peso? Explique.

2. Quando o bloco A alcança a superfície, é observado que ele flutua em repouso como mostra a figura. Nesta posição final, o empuxo sobre o bloco é maior, menor ou igual ao seu próprio peso?

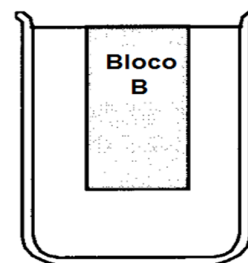
3. Suas respostas acima são consistentes com o princípio de Arquimedes? (Dica: como o volume de água deslocada quando o bloco flutua se compara com o que foi deslocado quando o bloco estava totalmente submerso?)



B. Um segundo bloco, B, de mesma forma e tamanho que A, mas com massa ligeiramente maior, é abandonado do repouso no centro do béquer. A posição do bloco é mostrada ao lado.

Como o empuxo sobre o bloco B se compara com o empuxo sobre o bloco A:

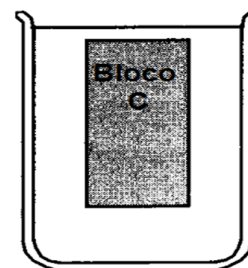
- No instante em que ele é abandonado? Explique.
- Na sua posição final? Explique.



C. Um terceiro bloco, C, de mesma forma e tamanho que A e B, mas com massa ligeiramente maior que a do bloco B, é abandonado a partir do repouso do centro do béquer. Dois estudantes predizem a posição final do bloco e desenham o esboço ao lado.

Estudante 1: *Uma vez que este bloco é mais pesado que o bloco B, ele não vai subir tanto depois de abandonado, como mostra a figura ao lado.*

Estudante 2: *Sim, eu concordo. O empuxo é ligeiramente menor que o peso desse bloco. Assim, ele deve alcançar o repouso um pouco abaixo da superfície.*



Desenho do Estudante

Explique o que está errado em cada uma das afirmações e no desenho dos estudantes.

Lista de Exercícios 03/2014

1. Ordene em sequência decrescente os valores da força de empuxo da atmosfera sobre os seguintes corpos:

I – Um elefante;

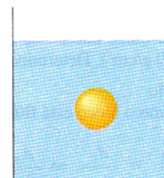
II – Um balão de hélio parcialmente cheio;

III – Um paraquedista em velocidade terminal.

Justifique o seu ordenamento.

2. Para qual dos casos uma balança registrará um maior “peso”: um balão vazio achatado ou o mesmo balão cheio de ar? Justifique a sua resposta.

3. Um objeto com massa de 10 kg e volume de $0,002 \text{ m}^3$ é colocado totalmente dentro da água ($d = 1 \text{ kg/L}$). Em seguida, o objeto é solto. Despreze o atrito entre o objeto e a água.



a) Faça um diagrama de corpo livre do objeto imediatamente após ele ser solto. Represente de modo adequado a magnitude relativa das forças.

b) O objeto afunda, permanece na posição em que se encontra ou sobe. Justifique sua resposta.

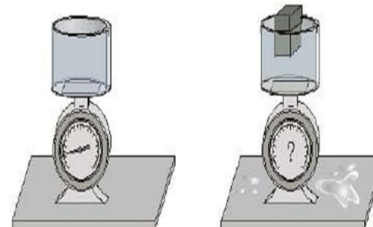
4. Uma pessoa sustenta, através de uma corda, uma pedra de massa 10 kg que está submersa na água. O volume da pedra é 1 litro.



a) Faça um diagrama de corpo livre da pedra. Represente de modo adequado a magnitude relativa das forças.

b) O valor da força de tração exercida pela corda aumenta, permanece constante ou diminui se metade do volume da pedra estiver submerso na água? Justifique sua resposta.

5. (UFMG - Adaptada) A figura I mostra uma vasilha, cheia de água até a borda, sobre uma balança. Nessa situação, a balança registra um peso P_1 . Um objeto de peso P_2 é colocado nessa vasilha e flutua, ficando parcialmente submerso, como mostra a figura II. Um volume de água igual ao volume da parte submersa do objeto cai para fora da vasilha. O valor registrado pela balança na situação II será maior, menor ou igual ao valor inicial (situação I)? Justifique sua resposta.



6. (UFMG - adaptada) Na figura, estão representadas duas esferas, I e II, de mesmo raio, feitas de materiais diferentes e imersas em um recipiente contendo água. As esferas são mantidas nas posições indicadas por meio de fios que estão tensionados. De acordo com a figura, responda:

a) O que podemos afirmar sobre as DENSIDADES das esferas I e II, quando comparadas com a da água? JUSTIFIQUE.

b) O valor do EMPUXO que atua sobre a esfera I é maior, igual ou menor que o que atua na esfera II? JUSTIFIQUE.

c) Faça diagramas de corpo livre para as esferas I e II.

