UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERUNIDADES EM ENSINO
DE CIÊNCIAS
Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de
Biociências

MARTA MAXIMO PEREIRA

**Memória mediada na aprendizagem de Física:
problematizando a afirmação “Não me lembro de nada
das aulas do ano passado!”**

São Paulo
2014

MARTA MAXIMO PEREIRA

Memória mediada na aprendizagem de Física: problematizando a afirmação “Não me lembro de nada das aulas do ano passado!”

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutora em Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Física.

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Maria Lucia Vital dos Santos Abib

São Paulo
2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Pereira, Marta Maximo

Memória mediada na aprendizagem de Física: problematizando a afirmação “Não me lembro de nada das aulas do ano passado!”. São Paulo, 2014.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Profa. Dra. Maria Lucia Vital dos Santos Abib

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física – Estudo e ensino; 2. Aprendizagem; 3. Memória mediada; 4. Elemento mediador.

USP/IF/SBI-092/2014

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: MAXIMO-PEREIRA, Marta

Título: Memória mediada na aprendizagem de Física: problematizando a afirmação “Não me lembro de nada das aulas do ano passado!”

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutora em Ciências.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que me dá o dom da vida, a sabedoria e o discernimento para tomar as atitudes mais acertadas; aos meus pais, Ademir e Nádia, por sempre terem colocado a minha educação em primeiro lugar e pela compreensão e apoio incondicionais para a realização do Doutorado; à minha irmã Milena, pela amizade e paciência e por compreender as minhas ausências nesse período; à minha tia Olga e à minha avó Glória (*in memoriam*), pela torcida e pelo reconhecimento do meu esforço.

Agradeço muitíssimo o carinho e a acolhida do grupo de pesquisa da professora Maria Lucia a esta “carioca de exportação”. Nizete, Mônica, Yara, Ariane, Bia, Leo, Alex, Hélder, Silmara, João, Anne, Ana Paula e Sérgio, muito obrigada por cada comentário, pergunta ou sugestão feita, tanto no que se refere à tese como à minha formação como pesquisadora. Este trabalho é fruto da participação de vocês.

Sou muito grata a todos os membros da banca, titulares e suplentes, pelo aceite do convite, pela leitura e pela certeza de que as contribuições feitas irão colaborar para a melhoria e aprofundamento deste trabalho.

Professor Cristiano Mattos, muito obrigada por seu exemplo de pessoa apaixonada pelo que faz e por aquilo em que acredita; agradeço por me fazer tomar consciência dos motivos de minha forte relação com a educação básica e por todos os seus comentários que pude presenciar, os quais sempre me fizeram refletir.

Professora Maria Eunice Marcondes, muito obrigada por sempre acompanhar o meu trabalho, desde que entrei no Doutorado, e por ser um exemplo de seriedade e compromisso com a pesquisa em ensino.

Professora Deise Vianna, agradeço imensamente por “abrir os meus olhos”, ainda no Mestrado, para a perspectiva do ensino por investigação. Eu não teria escrito esta tese se isso não tivesse acontecido. Muito obrigada!

Professora Maria José de Almeida, agradeço por termos nos re-conhecido no XV EPEF e pelas conversas que lá tivemos. Saiba que seus textos influenciaram fortemente a minha formação como pesquisadora.

À professora Lucia Sasseron, agradeço a acolhida, as aulas e as contribuições ao meu trabalho e à minha formação como um todo. Ao professor Orlando Aguiar, sou grata

pelo carinho e pela consideração para comigo e para com o meu trabalho. Seus artigos foram muito importantes para o desenvolvimento desta tese.

Agradeço à professora Anna Maria Carvalho, pelas aulas, pelo importante papel que seus textos tiveram e têm em minha formação e por ter sido quem primeiro acolheu o meu desejo de fazer Doutorado na USP. À professora Glória Queiroz, agradeço o carinho, a acolhida e o exemplo de qualidade na pesquisa e como ser humano. À professora Anne Scarinci, agradeço os comentários sempre pertinentes sobre o meu trabalho nas reuniões de grupo.

Sou grata aos professores Valdir Barzotto e Marcelo Giordan, pelas disciplinas ministradas, pelas leituras sugeridas e pelas discussões promovidas. Elas foram essenciais para a escrita desta tese.

Agradeço aos professores, colegas e amigos José Roberto da Rocha e Sidnei Pércia, por terem me acolhido no CAP-UFRJ quando eu acabava de concluir a licenciatura em Física. Se cheguei até aqui, com certeza foi porque vocês me apresentaram à pesquisa em ensino de Física e porque tive a honra de ser professora do CAP-UFRJ com vocês.

Agradeço ao professor Marco Antônio Moreira, por ter influenciado diretamente na minha decisão de fazer Doutorado em ensino de Física e por ser um grande incentivador de minha caminhada na pesquisa na área.

Agradeço a todos os meus amigos, por compreenderem as minhas ausências, apoiarem nos momentos difíceis, torcerem por mim e ouvirem minhas histórias de São Paulo: Viviane, Fátima, Margareth, Nieves, João Gabriel, Luciana, Roberto, Elissandra, Silvana, Cristiane, Gustavo, Andréa, Rodolfo, Karina, Rômulo, Aline, André, Adriana, Renato, vocês fazem parte disso! Um agradecimento especial à Silvana, pela revisão deste texto e elaboração do abstract.

Agradeço ao CEFET/RJ, minha instituição, por me permitir realizar todas as atividades relativas ao meu Doutorado e por apoiar minha ida a eventos que foram fundamentais para a minha formação como pesquisadora.

Aos meus queridos alunos do CEFET/RJ UnED Nova Iguaçu, que acompanharam muitos dos episódios que caracterizaram o meu Doutorado, agradeço por compreenderem algumas ausências minhas, as muitas aulas de reposição e por sempre se interessarem em

saber sobre a minha formação. Em especial, agradeço aos alunos da turma 3TEL de 2010, de onde vieram as motivações para esta pesquisa.

Agradeço à Comissão de Pós-Graduação do Programa Interunidades em Ensino de Ciências e à Pró-Reitoria de Pós-Graduação da USP por apoiar minha participação em eventos científicos de grande importância para minha formação. Sou grata também aos funcionários da secretaria do Programa (Ellen, Thomas, Rosana e Silvana), que sempre estiveram dispostos a me ajudar e me trataram com muita cordialidade e consideração. Agradeço, ainda, a todos os alunos, professores e funcionários do LaPEF com os quais tive a oportunidade de conviver nesse período.

Por fim, e o mais importante, sou e serei eternamente grata à instituição de ensino *locus* da pesquisa, aos alunos investigados e ao professor da turma. Muito obrigada pela carinhosa acolhida, pela parceria e por me deixarem fazer parte do seu mundo. Esta pesquisa não existiria sem todos vocês!

Não poderia deixar de agradecer a quem primeiro acreditou na ideia do meu projeto e me acolheu de braços abertos em seu grupo: professora Maria Lucia, muito obrigada pela orientação, por estar sempre aberta ao diálogo, por incentivar a autonomia de seus orientados, por preocupar-se não somente com a tese, mas também com a minha formação como pesquisadora e ser humano, por seus comentários sempre pertinentes e por acreditar em mim e no meu trabalho. Vou levar para sempre seu exemplo de profissional comprometida com a pesquisa em ensino e com a educação. Fico muito feliz por nossos caminhos terem se cruzado nesta vida. Muito obrigada!

Agradeço também a todos aqueles que a minha memória não foi capaz de retomar na emoção deste momento, mas que contribuíram direta ou indiretamente na minha caminhada ao longo do Doutorado. Vocês também estão no coração.

RESUMO

MAXIMO-PEREIRA, M. Memória mediada na aprendizagem de Física: problematizando a afirmação “Não me lembro de nada das aulas do ano passado!”. 2014. 363 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, Faculdade de Educação, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Várias pesquisas em ensino de ciências apontam a dificuldade que os estudantes apresentam para retomar conhecimentos de Física com os quais já tiveram contato anteriormente na escola. Apresentamos nesta tese o relato de uma pesquisa cujos objetivos são identificar o que os estudantes retomam das aulas de Física do ano anterior e compreender os processos que levam (ou não) a essas retomadas, considerando a perspectiva do ensino por investigação. Foi realizada observação participante em uma turma de 22 alunos de Ensino Médio, de uma instituição federal de ensino, durante seis meses, ao longo dos quais foram utilizadas com os estudantes algumas atividades investigativas sobre calor e temperatura, além das práticas usuais do professor para abordar a temática da Física Térmica. Aproximadamente um ano depois, o mesmo docente aplicou, para a mesma turma, atividades diferentes das iniciais, mas que solicitavam a retomada do que tinha sido ensinado previamente. Coletas de registros foram realizadas nesses diferentes momentos. Utilizamos cinco elementos teóricos como base para as análises realizadas – memória, cognição, afetividade, interação social e metacognição –, a fim de tentar compreender o processo de aprendizagem ao longo de diferentes momentos, considerando a perspectiva sócio-histórico-cultural vigotskiana. No processo de análise dos dados, elaboramos duas categorias de análise relativas às memórias mediadas: a *memória científico-afetiva*, que diz respeito ao que foi retomado e que guarda estreita relação com o conhecimento científico escolar e/ou é influenciado por ele; a memória afetivo-vivencial, que se refere ao que foi retomado e que não tem relação explícita com o conhecimento científico escolar. Um ano após as atividades iniciais, os estudantes retomaram, pela *memória científico-afetiva*, conhecimentos e habilidades relativas ao ensino por investigação e à metacognição. Entendemos que tais retomadas são indícios da aprendizagem dos temas de física trabalhados nos processos de ensino. Atividades realizadas em aula, sentimentos e sensações foram retomados pela memória afetivo-vivencial. As retomadas por ambas as memórias ocorreram por intermédio de

elementos mediadores, que expressam de que forma ou por intermédio de que fatores tais retomadas foram feitas. A análise realizada nos permite defender a tese de que a aprendizagem de Física ao longo do tempo, na perspectiva do ensino por investigação, é influenciada e permeada por memórias mediadas, as quais envolvem aspectos cognitivos, afetivos e metacognitivos e são formadas e acessadas por elementos mediadores. Uma implicação de nossos resultados para o ensino de Física é o fato de que conhecer os elementos mediadores pode auxiliar o docente a elaborar seu ensino de modo a afetar positivamente a aprendizagem dos estudantes. Considerando a dificuldade que os estudantes apresentam para realizar retomadas de conhecimento em momentos posteriores ao ensino inicial na escola, concluímos que a perspectiva de ensino do professor e o tipo de atividade de retomada influenciam diretamente a forma como os alunos retomam situações e conhecimentos com os quais tiveram contato anteriormente.

Palavras-chave: aprendizagem de Física, memória mediada, ensino por investigação, metacognição, afetividade, interação social.

ABSTRACT

MAXIMO-PEREIRA, M. Mediated memory in Physics learning: questioning the statement "I remember nothing from last year classes!". 2014. 363 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação e Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Several researches in science teaching point out the difficulty students have to recall knowledge in Physics they have already had contact with at school. In this thesis, we present the report of a research which had the objective of identifying what the students recall from Physics classes they had in the previous year and comprehending the processes that lead (or not) to those recalls, considering the inquiry-based teaching. Participative observation has been carried out in a high school group with 22 students at a federal institution of learning, during six months. During those months, some inquiry-based activities were carried out with the students concerning heat and temperature, besides usual practices the teacher has to approach Thermal Physics themes. Nearly one year later, the same teacher applied activities to the same group, which were different from the initial ones, and requested the recall of what they have been previously taught. The collection of records was made in these different moments. We used five theoretical elements as the basis for the analyses performed – memory, cognition, affection, social interaction and metacognition – in order to attempt to comprehend the learning process all over the different moments, considering the cultural-historical perspective. In the process of data analysis, we have elaborated two categories of mediated memories: scientific-affective memory, corresponding to which has been recalled and that keeps close relation to the scientific knowledge and/or is influenced by it; affective-living memory, corresponding to which has been recalled and that has no explicit relation to the scientific knowledge. One year after the initial activities, the students recalled, by scientific-affective memory, knowledge and abilities related to the inquiry-based teaching and to metacognition. We understand such recalls are evidences that the students learned some of the Physics topics that were taught. Activities carried out in class, feelings and sensations were recalled by affective-living memory. The recalls by both memories happened by mediating elements, which express the way or the factors by which those recalls were made. The analysis performed allows us to defend the thesis that the Physics

learning over time, from the perspective of the inquiry-based teaching, is influenced and permeated by mediated memories, which involve cognitive, affective and metacognitive aspects and are formed and accessed by mediating elements. An implication of our results to Physics teaching is the fact that knowing the mediating elements may help the teacher elaborate his teaching in order to positively affect the students' learning. Considering the above mentioned difficulty students have to make recalls of knowledge in moments after the initial learning at school, we conclude that the teacher's teaching perspective and the type of recall activity directly impact the way the students recall situations and knowledge with which they have had prior contact.

Keywords: Physics learning, mediated memory, inquiry-based teaching, metacognition, affectivity, social interaction.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Exposição do problema.....	19
1.2 Objetivos	22
1.3 Estrutura da tese	24
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1 Cognição	29
2.1.1 Aprendizagem e desenvolvimento	31
2.2 Interação social	36
2.3 Memória.....	38
2.4 Afetividade.....	42
2.5 Metacognição	45
2.6 Aprendizagem em aulas de Física.....	51
2.6.1 Formação de conceitos científicos e aprendizagem de modelos, princípios e leis da Física.....	53
2.6.2 Desenvolvimento de habilidades.....	56
2.7 Ensino por investigação	61
2.8 Síntese	67
3. METODOLOGIA	72
3.1 Caracterização geral da pesquisa	74
3.2 Contexto.....	82
3.3 Características da coleta de registros	85
4. ANÁLISE DE DADOS	105
4.1 Organização da análise e sua relação com as questões de pesquisa	105
4.2 Sujeitos investigados.....	109
4.3 Construção dos dados e procedimentos analíticos.....	110
4.4 Categorias de análise.....	113
4.5 Análise geral da turma	118
4.5.1 Atividade 1: retomadas pela escrita coletiva.....	118
4.5.2 Atividade 2: reflexão escrita sobre a aprendizagem	136

4.6 Análise do pequeno grupo investigado	166
4.6.1 Atividade 1: retomadas pela discussão coletiva.....	167
4.6.2 Atividade 3: discussão coletiva sobre conceitos científicos e cotidianos.....	191
4.6.3 Atividade 4: refletindo sobre a Atividade 3	222
4.7 Análise da Aluna 16.....	227
4.7.1 Atividade 6: elaborando e resolvendo uma questão de Física II	227
4.7.2 O processo de aprendizagem ao longo do tempo via episódio de investigação: o caso da Aluna 16.....	237
4.8 A perspectiva de ensino do professor e suas relações com a análise realizada	264
4.9 Síntese geral da análise realizada e resposta às questões de pesquisa	267
5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	280
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	303
APÊNDICE A – PROTOCOLOS DE PESQUISA	320
APÊNDICE B – GUIAS DE ORIENTAÇÃO PARA O PROFESSOR	335
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE K	351
APÊNDICE D – ATIVIDADES DE COLETA DE REGISTROS DE 2013.....	352
APÊNDICE E – ESTUDO PILOTO DA TESE.....	360
ANEXO A – TEXTO HISTÓRICO UTILIZADO EM SALA DE AULA NA ATIVIDADE E	362

1. INTRODUÇÃO

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê”. (Arthur Schopenhauer, filósofo alemão)

Considerando nosso convívio em sociedade, um fato que nos tem inquietado e sobre o qual temos refletido bastante nos últimos anos diz respeito aos comentários das pessoas com quem convivemos quando descobrem que somos tanto docente de Física como pesquisadora na área do ensino desta ciência. Na maioria das vezes, essas pessoas comentam que não gostam de Física e afirmam saber muito pouco ou quase nada da Física ensinada na escola; mencionam que não entendiam o que o professor explicava durante as aulas e que não viam sentido no que estava sendo ensinado, pois parecia algo muito distante de sua realidade.

Sempre tentamos argumentar em sentido contrário, defendendo a importância do ensino de Física, mas reconhecemos que o modo como ele tem se dado na maioria das escolas brasileiras de fato pode levar os indivíduos a pensarem desse modo.

No que se refere à aprendizagem de Física em longo prazo, Carvalho e Gil-Pérez (2001) relataram uma pesquisa feita com profissionais liberais que não tiveram contato com a Física em seus cursos de graduação. Ao serem perguntados sobre o que se lembravam da Física que lhes foi ensinada no nível médio, mais de 70% deles disseram que não recordavam nada do que estudaram ou que se lembravam somente dos principais tópicos estudados (mecânica, óptica, eletricidade, etc.). Os demais retomaram de maneira muito geral o que foi apresentado nas aulas e, durante a entrevista, não foram capazes, de acordo com a pesquisa, de explicar nenhum conceito-chave da disciplina.

Alguns entrevistados mencionaram também que gostaram muito de seus professores e que achavam que eles lhes tinham ensinado muito bem. Contudo, mesmo nesses casos, os sujeitos não conseguiram lembrar os conceitos principais estudados.

Os resultados dessa pesquisa nos levam a refletir sobre o papel do ensino de Física na escola de nível médio e sobre os efeitos de um ensino dogmático, predominantemente

transmissivo, para a aprendizagem. Podemos problematizá-los ainda mais e questionar: o que significa para os entrevistados “ensinar muito bem”? O que foi “ensinado muito bem” e para que finalidade?

De forma paralela e intrinsecamente relacionada a isso, enquanto docente em salas de aula de Física do Ensino Médio, percebemos que é grande a dificuldade da maioria dos alunos em retomar¹ o que já foi ensinado anteriormente. Por exemplo, de um ano letivo para o outro, nas situações em que são necessários, para a compreensão de um fenômeno ou para a resolução de um problema, conhecimentos anteriores de Física, já ensinados na escola, são muito frequentes os seguintes comentários dos alunos: *Não lembro. / Não sei. / Não aprendi. / O professor não explicou. / Aprendi, mas não me lembro. / Lembro que o professor falou, mas não sabia que ia usar isso de novo. / Lembro que faltei no dia dessa explicação, por isso não aprendi muito bem. / Lembro que o professor falou, mas tive dificuldade nessa parte. / Lembro, mas pode explicar de novo?* Em especial, a frase “Não me lembro de nada das aulas do ano passado!”, ouvida em uma aula de Física do terceiro ano do Ensino Médio, em 2010, nos levou a refletir sobre o processo de ensino e aprendizagem de Física e a buscarmos estudos em nível de doutorado, a fim de tentar compreendê-la de forma mais profunda e problematizá-la.

A pesquisa em ensino de ciências (por exemplo, BEZERRA et al., 2009; FOUREZ, 2003) já aponta a ineficiência da forma como tradicionalmente tem se dado o ensino de Física e das demais disciplinas do currículo obrigatório no Brasil ao longo dos últimos anos. Ainda em nosso próprio trabalho de final de curso de graduação em Licenciatura em Física (MAXIMO-PEREIRA, 2006), começamos a refletir sobre as concepções que norteavam (e parecem ainda nortear) o ensino em nosso país.

Historicamente, o ensino de Física nas escolas brasileiras, assim como das demais disciplinas integrantes do currículo obrigatório do atual Ensino Médio, constituiu-se tendo como base a pedagogia tradicional. De acordo com esse modo de pensar a educação, o professor é o detentor de todo o conhecimento, “depositando-o” em um aluno passivo, que o recebe e nada sabe, numa relação vertical identificada por Paulo Freire (1974)² como estritamente “bancária”. (MAXIMO-PEREIRA, 2006, p. 7)

¹ Os termos *retomar* e *retomada* serão utilizados nesta tese sempre que conhecimentos trabalhados junto aos estudantes e situações vivenciadas sejam mencionados por eles posteriormente aos momentos iniciais de aprendizagem acompanhados nesta investigação.

² FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974, 218 p.

De acordo com Finkel (2008), o ensino tem se pautado em narrativas, nas quais o professor conta as “estórias”, ou seja, as sequências de fatos que, a seu ver, constituem a sua disciplina. Esse “ensino por narração”, que parece ser natural para os alunos, seus pais e para a sociedade como um todo, deve ser questionado, pois “transmitir informação da cabeça do professor para o caderno do aluno é um objetivo inadequado da educação” (FINKEL, 2008, p. 35). De acordo com Moreira (2010, p. 19), “esse modelo está voltado para a aprendizagem de informações específicas em curto prazo. Pouco resta dessa aprendizagem depois de algum tempo.”

Ainda segundo Finkel (2008), os professores querem que os alunos

transfiram a informação de seus cadernos para suas cabeças, a fim de serem aprovados em exames. E os estudantes se mostram muito capazes de dar esse segundo passo. Porém, quantos deles seriam aprovados nesses mesmos exames cinco anos mais tarde (sem nenhuma preparação posterior)? (FINKEL, 2008, p. 35)

Conforme evidenciado na literatura, sabemos que, desse ensino formal tradicional de Física, sobra muito pouco ou quase nada para os alunos, ou seja, eles rapidamente esquecem aquilo que pensamos que aprenderam, pois de fato não o fizeram. Ainda que seja bastante improvável que um aluno se lembre de todas as explicações de Física que recebeu ao longo de sua vida escolar, se ele tivesse construído efetivamente conhecimento que identificasse como válido ou necessário para a compreensão do mundo físico e natural e também para aplicações em seu dia a dia, nossa hipótese é a de que seria possível que ele retomasse com mais facilidade os conceitos, procedimentos, atitudes e situações de uso dos conhecimentos de Física em contextos nos quais eles lhe fossem requeridos.

Conscientes dessa situação e tentando intervir positivamente nela de algum modo, em nossa dissertação de Mestrado em Ensino de Física (MAXIMO-PEREIRA, 2010) desenvolvemos um conjunto de atividades investigativas sobre Física Térmica para o Ensino Médio, pois acreditamos nas potencialidades do ensino por investigação para a aprendizagem *de* ciência e *sobre* ciência. Além disso, já apontávamos que

conhecer como os alunos aprendem é fundamental para a formação de cidadãos que saibam não só utilizar os conhecimentos científicos na vida em sociedade, mas também atuar nas inúmeras situações de aprendizagem pelas quais passarão ao longo de sua vida. (MAXIMO-PEREIRA, 2010, p. 34)

Nesta tese, interessa-nos avançar na pesquisa em ensino de Física para tentar compreender como os indivíduos aprendem (ou não) considerando a perspectiva do ensino por investigação. Para tanto, passamos a apresentar um panorama geral das pesquisas que têm sido realizadas na área de ensino de ciências e algumas de suas características, chamando a atenção para a necessidade de se aprofundarem os estudos sobre os processos de ensino e aprendizagem de ciências em geral e de Física, em particular.

De acordo com Moreira (1999), a pesquisa em ensino de ciências é

a produção de conhecimento sobre educação em ciências, busca de respostas a perguntas sobre ensino, aprendizagem, currículo e contexto educativo em ciências e sobre o professorado de ciências e sua formação permanente, dentro de um quadro epistemológico, teórico e metodológico consistente e coerente. (MOREIRA, 1999, p. 71)

A pesquisa em ensino de ciências em geral e de Física, em especial, vem sendo desenvolvida, no Brasil e no mundo, desde a década de 60 do século XX. De acordo com Barros (2002):

o Brasil tem uma tradição de pesquisa em Ensino de Física com várias décadas de existência, realizações de peso, programas de pós-graduação bem estabelecidos e muitas publicações que atestam a fertilidade da produção dessa comunidade. (BARROS, 2002, p. 2)

As áreas de educação e ensino de ciências têm realizado um grande esforço no sentido de tentar compreender como os alunos aprendem; que habilidades desenvolvem para isso; como são as interações em sala de aula entre os alunos e deles com o professor; como se caracterizam os discursos presentes nos processos de ensino e aprendizagem (MORTIMER e SCOTT, 2002); como se aprende ciência em espaços não-formais (ZIMMERMANN, 2010); como se dá e como se caracteriza a formação dos professores de ciências (ABIB, 2010); se os estudantes conseguem apropriar-se da cultura e linguagem científicas (CARVALHO, 2007); se os recursos computacionais e as novas tecnologias, de modo geral, podem representar uma contribuição positiva para a aprendizagem (GIORDAN, 2008); se um enfoque na relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) permite aos estudantes realmente intervir socialmente em questões controversas relacionadas à ciência (BERNARDO, SILVA e VIANNA, 2010); se elementos da história e filosofia da ciência auxiliam na aprendizagem e de que modo

(SILVA, 2010); como ensinar ciência a portadores de necessidades especiais (CAMARGO, 2010), entre outros.

No que se refere ao ensino e à aprendizagem de ciências, algumas pesquisas são conduzidas baseando-se em três etapas básicas: aplicação de pré-testes com os estudantes (a fim de verificar suas ideias prévias sobre determinado conteúdo); introdução, com base em alguma metodologia de ensino, de uma proposta didática para a aprendizagem desse assunto; realização de pós-testes para comparar as respostas dos estudantes antes e após a aplicação da proposta, a fim de tentar perceber o que eles conseguiram aprender por intermédio dela e, de algum modo, avaliar as potencialidades de sua utilização.

Outras pesquisas direcionam a sua atenção não para a comparação entre dois momentos do processo de ensino e aprendizagem, como antes e depois das atividades propostas, mas sim para como se desencadeia tal processo durante tais atividades, tanto no que se refere aos alunos individualmente como no que diz respeito às relações estabelecidas entre eles e deles com o professor.

Tanto em pequena como em larga escala, esses dois modos de conduzir as pesquisas possuem, a nosso ver, muitas potencialidades e algumas fragilidades. O primeiro deles tem se mostrado bastante útil para ter indícios se ocorre ou não aprendizagem por parte dos alunos em um curto espaço de tempo, que pode ser de uma aula para a outra, de uma semana para a outra ou de um mês para o outro. Assim, acreditamos que houve aprendizagem de ciências, ou, em outras palavras, que determinado conhecimento foi construído pelo aluno e incorporado à sua estrutura cognitiva, se as respostas aos pós-testes estão mais próximas do conhecimento científico do que as do pré-teste.

No entanto, esse tipo de pesquisa informa, em geral, muito pouco sobre a permanência dessa aprendizagem, ou seja, sobre que conhecimentos e habilidades de fato se mantêm na estrutura cognitiva do aluno e sobre como se dá a sua apropriação após as muitas outras interações sociais, em sala de aula e fora dela, pelas quais ele passará ao longo do tempo. De acordo com Etkina, Karelina e Ruibal-Villasenor (2008),

a maioria das pesquisas em educação em Física (PER) [em inglês] se concentra em medidas de aprendizagem antes e após a instrução usando instrumentos de múltipla escolha. Tal investigação, ainda que seja muito importante, não fornece detalhes sobre o desenvolvimento dos estudantes nem informações sobre a dinâmica da aprendizagem. Escassas informações sobre os ganhos após

a instrução não nos permitem compreender como o próprio processo de aprendizagem ocorre e o que o afeta. (ETKINA, KARELINA e RUIBAL-VILLASENOR, 2008, p. 1, tradução nossa)

Já a pesquisa que apresenta como foco as interações que ocorrem durante o processo de ensino e aprendizagem tem por objetivo estudar as estratégias utilizadas pelos alunos para aprender e pelo professor para facilitar esse aprendizado e também levantar indícios de como determinado conhecimento foi construído pelos alunos ao longo das negociações de significados com os colegas e com o professor. Assim, acreditamos que houve aprendizagem quando, por intermédio de uma construção coletiva, o aluno expressa os conhecimentos que reelaborou internamente e consegue, com eles, compreender cientificamente uma dada situação ou realizar procedimentos com vistas a resolver um problema com base na ciência.

Todavia, o processo de aprendizagem na escola, analisado durante uma aula ou um conjunto delas com base nas falas dos alunos ou de seus relatos escritos, faz parte de um *continuum* aprendizado, que se dá não só durante aquela intervenção específica, mas inicia-se com ela e segue por toda a vida escolar. Nunca teremos completa certeza se um aluno de fato aprendeu determinado conteúdo ou desenvolveu certa habilidade, conseguindo utilizá-los de algum modo em sua vida, na escola ou fora dela; em outras palavras, se os sentidos atribuídos pelos alunos ao conhecimento científico são tais que este último consegue contribuir para a sua formação enquanto cidadãos. Se analisarmos apenas um momento do processo de ensino e aprendizagem, como uma atividade ou uma aula destacada das demais, muitas vezes conseguimos um entendimento bastante profundo sobre o fenômeno em estudo; contudo, perdemos a noção do todo e de que não podemos afirmar que um aprendizado que acreditamos ter ocorrido foi devido exclusivamente a uma aula ministrada por um professor de determinado modo e em um dado momento e contexto.

Considerando o que nos mostra a literatura e nossos interesses pessoais ao longo de nossa formação acadêmica e profissional, elaboramos nosso problema de pesquisa, que descrevemos a seguir.

1.1 Exposição do problema

A escola apresenta continuamente “coisas” novas aos alunos. Os fatores que levam ao aprendizado de algumas delas e não de outras, as relações que o aluno estabelece com e entre os conhecimentos que constrói ao longo do tempo e o modo como se apropria deles ao utilizá-los em outras situações e contextos são três elementos que nos parecem importantes para serem compreendidos pela pesquisa em ensino de ciências.

Quanto aos fatores que podem ser apontados como responsáveis por influenciar de algum modo a aprendizagem de Física, destacamos alguns deles: o contexto sócio-histórico-cultural da escola e dos alunos; as concepções de ensino e aprendizagem e de ciência, tanto de professores como de alunos; a postura dos alunos diante da escola e do conhecimento; as características das práticas de sala de aula; o nível de engajamento dos estudantes nas atividades de aprendizagem; as interações discursivas que os alunos estabelecem entre si e com o professor; as mediações que o professor realiza, as formas de avaliação da aprendizagem, entre outros. Entretanto, foge ao escopo deste trabalho dar conta de compreender todos esses elementos, mas temos consciência de que muitos deles estarão permeando, em maior ou menor grau, o fenômeno que pretendemos investigar.

No que diz respeito às relações que os estudantes, ao longo do tempo, estabelecem com o que aprendem e ao uso desse conhecimento em situações novas, entendemos que nem sempre os modos como as investigações têm sido desenvolvidas permitem a elas dar conta dessas complexas questões. Como fazer, então, para nos aproximarmos desse problema?

Pensamos ser necessário inicialmente realizar um estudo longitudinal, para que possamos investigar a aprendizagem dos estudantes tal como acreditamos que ela é: não-imediata, não-linear, caracterizada por idas e vindas, avanços e retrocessos (GRINGS, CABALLERO e MOREIRA, 2008) e influenciada por múltiplas variáveis. Concordamos com Sastre e Moreno (2003, p. 143) quando afirmam que “é necessário partir da ideia de

que toda a aprendizagem é um processo dinâmico e, como tal, requer uma construção, e essa, por sua vez, requer algum tempo”.

Ademais, entendemos que a perspectiva sócio-histórico-cultural vigotskiana³ nos fornece subsídios teóricos pertinentes para o estudo do processo de aprendizagem ao longo do tempo. Alguns dos aspectos presentes na obra de Vigotski e de seus comentadores que serão utilizados nesta tese são: os conceitos de memória lógica e de apropriação; as dinâmicas de formação de conceitos; o papel dos elementos mediadores, em especial, das interações sociais na relação mediada entre sujeito e objeto; as relações entre cognição e afetividade. Adicionalmente, também consideraremos os aspectos metacognitivos envolvidos na aprendizagem escolar.

Acreditamos que, por intermédio de uma pesquisa ao longo do tempo, poderemos relacionar os dados obtidos em diferentes momentos do processo de aprendizagem a nossos elementos teóricos. Atingindo esse objetivo, pensamos ser possível ampliar a compreensão que temos sobre se o conhecimento de fato foi (ou não) construído pelo aluno de forma ampla, ou seja, se o aprendiz realmente vai ser capaz de retomá-lo em situações posteriores à situação de aprendizagem inicial e que estejam relativamente distantes temporalmente da proposta didática que desencadeou (ou tinha por objetivo desencadear) a construção desse conhecimento ou o desenvolvimento de determinada habilidade. A esse respeito, Mercer (2008) afirma que

uma análise temporal pode nos ajudar a ver como as ideias dos estudantes mudam ao longo de um extenso processo de interação com o professor e com os outros alunos e como novos conceitos, formas de usar a linguagem e de resolver problemas são apropriados pelos estudantes. (MERCER, 2008, p. 40, tradução nossa)

Sobre essa necessidade de se analisar o processo de aprendizagem dos estudantes, concordamos também com Etkina, Karelina e Ruibal-Villasenor (2008) quando afirmam que

nós precisamos desse conhecimento profundo sobre o processo porque não se pode elaborar a instrução se os professores não sabem como os alunos

³ Utilizamos a grafia *Vigotski* ou *vigostkiano(a)* ao longo do trabalho porque é assim que aparece a escrita do nome do autor e do adjetivo que a ele se refere nos livros *A construção do pensamento e da linguagem* e *A formação social da mente*, os quais foram publicados pela Editora Martins Fontes em 2009 e em 2007, respectivamente, conforme consta nas referências bibliográficas deste texto.

progridem de A até B na aprendizagem, mas somente sabem onde estão A e B. Temos que ter uma sutil compreensão do processo de aprendizagem dos estudantes para que possamos elaborar a instrução que corresponda às necessidades de nossos alunos. (ETKINA, KARELINA e RUIBAL-VILLASENOR, 2008, p. 1, tradução nossa)

Consideramos, assim, que o processo de aprendizagem de Física está intimamente relacionado ao modo como se dá o ensino dessa disciplina e que há concepções de ensino e aprendizagem, práticas pedagógicas e formas de intervenção do professor para abordar conteúdos, habilidades e procedimentos em sala de aula que, de acordo com a literatura da área de educação e de ensino de ciências, tendem a favorecer a aprendizagem dos estudantes. Em especial, escolhemos a perspectiva do *ensino por investigação* para permear os processos de ensino e aprendizagem que pretendemos estudar.

Tal escolha se justifica porque entendemos que o ensino por investigação possibilita a aprendizagem de conceitos, o estabelecimento de relações de causa e efeito, a realização de trabalho colaborativo e o desenvolvimento do poder de argumentação dos estudantes e de uma visão mais próxima do que é fazer ciência (JIMÉNEZ ALEIXANDRE e DÍAZ DE BUSTAMANTE, 2003; LOCATELLI e CARVALHO, 2007; MAXIMO-PEREIRA e ABIB, 2012). Além disso, temos como pressuposto que o trabalho com atividades investigativas pode permitir ao estudante atribuir sentido à construção do conhecimento que elas propiciam.

Desse modo, acreditamos que o aluno poderá aprender Física não só para fazer a prova da semana seguinte, prestar os exames para ingressar em estudos de nível superior ou para seguir em carreiras científicas. De acordo com Finkel (2008, p. 37), “ao contrário, a educação deveria buscar aprendizagens relevantes, de longa duração, que alterassem para sempre nossa apreciação do mundo, aprofundando-a, ampliando-a, generalizando-a, agudizando-a”.

Além disso, alguns elementos que sabemos que se relacionam com a aprendizagem, mas que não são frequentemente mencionados nas pesquisas da área de ensino de ciências, como a memória que os estudantes fazem das situações de sala de aula e as relações afetivas que estabelecem (ou não) com o conhecimento, com a ciência, com o professor e com os colegas, também são possíveis de serem explicitados em um estudo dessa natureza, considerando-os em sua relação dinâmica com o ensino e com o contexto sócio-histórico-cultural das situações de sala de aula e de seus atores.

Toda essa problemática aqui descrita dá origem aos objetivos da presente investigação e a nossas questões de pesquisa, os quais apresentamos a seguir.

1.2 Objetivos

Diante do exposto acima, queremos ter indícios sobre o que é (ou não) aprendido nas aulas de Física e tentar compreender por que se aprendeu (ou não) alguma coisa, investigando o processo de ensino e aprendizagem da disciplina ao longo do tempo, com base em várias e diferenciadas interações sociais e com o conhecimento científico. Por intermédio disso, pretendemos traçar um panorama de possíveis dimensões da aprendizagem de Física dos estudantes.

Assim, os objetivos desta tese são ***identificar o que os estudantes retomam das aulas de Física do ano anterior e compreender os processos que levam (ou não) a essas retomadas, considerando a perspectiva do ensino por investigação.***

Para tanto, formulamos as seguintes questões de pesquisa: i) *Situações e conhecimentos relativos às aulas de Física baseadas em ensino por investigação conseguem ser retomados por alunos de Ensino Médio no ano letivo seguinte? Que situações e conhecimentos são esses? Que dimensões da aprendizagem podem ser identificadas por intermédio deles?*; ii) *Os conhecimentos científicos ensinados (conceitos, modelos, princípios, leis) e as habilidades desenvolvidas durante as aulas de Física baseadas em ensino por investigação conseguem ser mobilizados por alunos de Ensino Médio em novas situações/contextos no ano letivo seguinte? Que conhecimentos científicos e habilidades são esses e como eles se relacionam com o processo de ensino e aprendizagem iniciado no ano anterior?*

Nossa primeira questão de pesquisa é mais geral e visa contemplar alguns elementos que entendemos serem pertinentes à aprendizagem de Física, mas que muito frequentemente não são levados em conta pela pesquisa em ensino. A segunda questão de pesquisa que propomos é mais específica, estando mais estritamente relacionada à aprendizagem de conteúdos e habilidades por parte dos estudantes. Ambas nos parecem

interessantes para serem investigadas e entendemos que são complementares. Por isso, temos como meta responder a essas perguntas de forma integrada e em consonância com nossa fundamentação teórica e com nossos dados de pesquisa.

Quanto à presença do ensino por investigação em nossas perguntas de pesquisa, escolhemos essa perspectiva de ensino para nortear as atividades em sala de aula com os alunos devido a nosso interesse pessoal pelo trabalho com atividades investigativas, iniciado na pesquisa de Mestrado em Ensino de Física que desenvolvemos (MAXIMO-PEREIRA, 2010). Ainda que, ao longo deste texto, explicitemos que consideramos que a perspectiva do ensino por investigação pode auxiliar nas interações necessárias à aprendizagem dos estudantes (e que por isso a consideramos como concepção de ensino norteadora deste trabalho), temos esse argumento como pressuposto, não sendo nosso objetivo específico verificar se as atividades investigativas isoladamente proporcionaram aprendizagem por parte dos alunos. Entendemos que não podemos atribuir a aprendizagem dos estudantes a uma única atividade investigativa ou a um conjunto delas.

Ao longo do tempo e da vida escolar dos estudantes, há (e é bastante recomendável que haja) outras interações com um determinado conteúdo após ele ter sido trabalhado inicialmente de acordo com uma dada abordagem, em nosso caso, o ensino por investigação. Desse modo, o estudo que realizamos não tem por objetivo isolar essa variável para avaliar diretamente suas consequências para a aprendizagem dos estudantes, mas sim pretende estudar os efeitos que o ensino por investigação pode desencadear no aluno e em seu processo de aprendizagem como um todo, ao longo do tempo. Em outras palavras, nunca saberemos com total certeza se um aluno conseguiu retomar determinado conceito ou lei da Física (trabalhado inicialmente por intermédio de uma atividade investigativa) somente devido a elementos e características dessa abordagem e da forma como ela foi conduzida em sala de aula; muito provavelmente, pelas próprias características intrínsecas ao processo de aprendizagem, algo é aprendido com base nas múltiplas relações que o indivíduo realiza em diferentes situações de contato com esse conhecimento, o que não nos permite apontar um único fator como causa da aprendizagem. Contudo, isso não diminui a importância dos contatos iniciais do aluno com o novo conhecimento, pois, de acordo com Moreira (2002):

[...] os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que encontram e progressivamente dominam, **particularmente pelas primeiras situações**

suscetíveis de dar sentido aos conceitos e procedimentos que queremos que aprendam. (MOREIRA, 2002, p. 11, grifo nosso)

Pensamos que a realização desta tese se justifica porque deve ser de interesse da pesquisa em ensino de ciências conhecer como os estudantes aprendem Física ao longo do tempo, visto que a aprendizagem deve ser o objetivo primeiro de qualquer intervenção proposta para o ensino. Barros (2002, p.14) sugere que haja mais “pesquisas longitudinais brasileiras desenvolvidas de forma abrangente sobre temas de interesse atual para o ensino de física”, pois não são muitas as investigações existentes que se dedicam a estudar a aprendizagem considerando-se um tempo mais o menos longo após os momentos iniciais da escolarização (MERCER, 2008; CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2001).

Assim, acreditamos que a pertinência deste estudo reside no fato de tentar compreender as diferentes dimensões da aprendizagem de Física expressas pelos alunos, com vistas ao aprofundamento e aperfeiçoamento das práticas pedagógicas (no sentido de facilitar e potencializar a aprendizagem) e a uma reflexão crítica sobre o que temos como objetivo para o ensino de Física.

Apresentamos, a seguir, com vistas a orientar o leitor, a estrutura geral dos capítulos desta tese.

1.3 Estrutura da tese

Após termos iniciado o Capítulo 1 apresentando nossas motivações para a realização da pesquisa aqui relatada, os objetivos e questões de investigação e justificativas para a pertinência da temática de estudo, o Capítulo 2 está dedicado à fundamentação teórica considerada nesta tese. Ele está dividido em algumas seções e subseções, que tratam especificamente de cada elemento teórico considerado. Ao final, apresentamos uma síntese teórica com tais elementos, fortalecendo as relações estabelecidas entre eles ao longo de cada seção.

No Capítulo 3, apresentamos a metodologia de pesquisa utilizada. Ele abrange, em três seções, a explicitação de nosso entendimento sobre a pesquisa na área de ensino de ciências, a descrição do estudo piloto realizado, a caracterização dos aspectos metodológicos desta tese e descrição do contexto de investigação. Apresentamos também, ao final, características da coleta de registros e as atividades utilizadas com os estudantes nas aulas.

O Capítulo 4 consiste na análise de dados da tese. Nele apresentamos como a análise está organizada, os sujeitos investigados, os procedimentos analíticos que orientaram a construção dos dados, as categorias de análise elaboradas e a análise de dados propriamente dita. Devido à extensão dessa última, a mesma foi dividida em seções e subseções. Títulos internos às subseções também foram utilizados para organizar o texto, orientar o leitor e explicitar os principais elementos envolvidos em cada parte da análise. Ao final de cada subseção, há uma síntese da análise realizada. Ao final do capítulo, há uma síntese geral, com os principais resultados, apresentados de forma esquemática.

O Capítulo 5 está dedicado às respostas às questões de pesquisa, às considerações finais sobre a investigação realizada, suas possíveis implicações, potencialidades e limitações.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

“É necessário partir da idéia de que toda a aprendizagem é um processo dinâmico e, como tal, requer uma construção, e essa, por sua vez, requer algum tempo. Nesse processo devem ser tecidas as relações entre aspectos cognitivos e afetivos, entre fenômenos científicos e cotidianos, entre os aspectos considerados pertencentes à vida pública e os considerados exclusivos da vida privada, para reunir o que já havia sido arbitrariamente separado e que provoca cisões, também arbitrárias, no psiquismo dos estudantes” (SASTRE e MORENO, 2003).

Considerando que queremos estudar os processos de ensino e aprendizagem de Física que ocorrem, via ensino por investigação, ao longo do tempo no Ensino Médio, necessitamos de conhecimentos teóricos que nos ajudem a olhar nosso objeto de estudo e a compreender nossas questões de pesquisa no sentido de tentar elencar variáveis relevantes e elementos necessários para a delimitação do problema. Além disso, faz-se necessário articular tais conhecimentos, presentes na literatura das áreas de ensino de ciências, educação e psicologia, para a formulação de um arcabouço teórico consistente e internamente coerente, que nos permita compreender nossos dados de pesquisa e analisá-los.

Temos consciência de que pesquisamos um tema amplo, que não foi ainda estudado em sua totalidade pelas áreas de educação e ensino de ciências. Encontramos apenas alguns trabalhos de temática semelhante à nossa, que se dedicam a estudar o processo de aprendizagem ao longo do tempo.

É importante registrar aqui que não foi tão simples encontrar tais pesquisas, pois muitas delas não trazem explicitamente esse objetivo, sendo apenas uma característica encontrada na metodologia de pesquisa das mesmas. Por isso, não foi possível realizar um levantamento sistemático em periódicos da área de educação e ensino, já que uma busca inicial, com algumas expressões como *aprendizagem em médio prazo*, *aprendizagem em longo prazo*, *aprendizagem ao longo do tempo*, *pesquisa longitudinal*, *estudo longitudinal* e suas correspondentes em inglês, resultou em trabalhos, por vezes,

muito distantes daqueles de nosso interesse. Passamos a descrever os estudos que encontramos, que possuem alguns pontos em comum com o que apresentamos nesta tese.

Nos anos 1990, foi realizada uma pesquisa longitudinal com alunos de graduação em Engenharia Química da Universidade da Carolina do Norte, nos Estados Unidos (FELDER et al., 1993). Os pesquisadores acompanharam 123 alunos desse curso que ingressaram no ano de 1990 em uma disciplina introdutória de Química nessa universidade. Com o objetivo de melhorar a aprendizagem desses estudantes, eles tiveram aulas no primeiro semestre e ao longo de mais quatro períodos com base em uma

variedade de métodos instrucionais, incluindo aprendizagem colaborativa extensiva (em grupos), avaliação rotineira de problemas abertos e de exercícios de formulação de problemas e outras técnicas elaboradas para atender à variedade de estilos de aprendizagem encontradas em todas as turmas de Engenharia. (FELDER et al., 1993, p. 15-16, tradução nossa)

Utilizando uma abordagem quantitativa com métodos estatísticos sofisticados, os pesquisadores escreveram uma série de cinco artigos acadêmicos descrevendo o nível de desempenho e retenção desses estudantes. Testes, exames escritos, trabalhos de casa em grupo e respostas a questionários foram alguns dos instrumentos de coleta de dados utilizados ao longo do tempo. No penúltimo desses artigos, que versa sobre as respostas dos estudantes a esses novos métodos de ensino (FELDER, 1995), o autor concluiu que

[...] métodos ativos e cooperativos de aprendizagem facilitam tanto a aprendizagem como uma variedade de habilidades interpessoais e de pensamento e que ainda que esses métodos possam inicialmente provocar resistência dos estudantes, ela pode ser superada se os métodos são implementados com cuidado. (FELDER, 1995, p. 361, tradução nossa)

Pesquisas em larga escala, como a que acabamos de mencionar, são comuns nos Estados Unidos e, ainda que a mesma tenha sido feita com alunos de Engenharia, achamos interessante citá-la por serem intervenções relativas à disciplina Química e por haver sobre ela uma extensa literatura disponível, com dados e resultados sobre o estudo como um todo.

Já no trabalho de Mercer (2008), o autor apontou para a necessidade de se dar maior atenção à dimensão temporal do diálogo em sala de aula. Em suas palavras:

como a aprendizagem é um processo que acontece ao longo do tempo, e ela é mediada pelo diálogo, precisamos estudar o diálogo ao longo do tempo para entender como a aprendizagem ocorre e por que verificamos certos resultados de aprendizagem. (MERCER, 2008, p. 5) [tradução nossa]

Dentro de um projeto sobre atividades colaborativas para a aprendizagem de ciências e matemática, realizado em escolas inglesas de nível de ensino correspondente ao atual 1º segmento do Ensino Fundamental no Brasil, o estudo se desenvolveu acompanhando como são as conversações em sala de aula durante as atividades de ensino propostas ao longo de quatro meses. Utilizando uma análise qualitativa, o autor propôs que existam duas dimensões para a interação conversacional: a histórica (relativa ao contexto institucional e cultural e às histórias específicas e localizadas das relações entre os falantes) e a dinâmica (referente ao constante estado de “fluxo” das conversações).

A pesquisa acima descrita nos parece de fundamental importância para a área de ensino de ciências. Ainda que esse campo de conhecimento tenha investido muito no estudo das interações discursivas entre os alunos e deles com o professor ao longo de uma atividade de aprendizagem, ainda carece, conforme o próprio artigo menciona, de uma metodologia de pesquisa que seja capaz de guiar a investigação sobre como se desenvolvem as conversações entre os estudantes ao longo do tempo.

Em outra pesquisa, relatada em Etkina, Karelina e Ruibal-Villasenor (2008), as autoras realizaram um estudo sobre como os estudantes desenvolvem habilidades científicas no contexto de aulas de laboratório baseadas em ensino por investigação. O objetivo do trabalho era responder às seguintes questões de pesquisa: quanto tempo leva para a maioria dos estudantes desenvolverem diferentes habilidades científicas? Esse tempo depende de alguma habilidade em particular? Que fatores podem influenciar o nível de proficiência em uma habilidade particular desenvolvida pelos estudantes? O estudo foi realizado com aproximadamente 180 estudantes de carreiras universitárias científicas, os quais cursavam uma disciplina introdutória de Física, durante um semestre, na Universidade de Rutgers, nos Estados Unidos.

Investigando o tempo que esses alunos, considerados novatos, levavam para desenvolver habilidades científicas complexas e se o conteúdo e o contexto das tarefas propostas influenciavam tais habilidades, as pesquisadoras concluíram em sua análise que os alunos precisam realizar vários ciclos de investigações para adquirir competência na aplicação de habilidades científicas. Além disso, dependendo da habilidade em particular, verificaram que um período de cinco a oito semanas é necessário para alcançar o domínio de tais habilidades.

Entendemos que esse trabalho possui extrema relevância para o ensino de ciências porque consegue congrega diferentes elementos de interesse para a área, como o ensino de Física em nível universitário, a questão das habilidades científicas e o caráter processual do desenvolvimento de tais habilidades, valorizando e investigando o tempo necessário para a sua aquisição. Trata-se de uma pesquisa em larga escala, que parece ter demandado grande esforço investigativo.

A seleção das pesquisas descritas acima não esgota (nem tem por objetivo esgotar) todos os trabalhos sobre a temática de nosso estudo na área de ensino de ciências. No entanto, acreditamos que esse resgate é importante como subsídio para nossa investigação, na medida em que, tendo acesso ao que já foi feito, podemos ter consciência do que se sabe sobre aprendizagem de ciência ao longo do tempo e de que tipo de contribuição nosso trabalho pode ter nesse campo.

Devido à sua complexidade e aos muitos fatores intervenientes que interagem entre si na constituição de nossas questões de pesquisa, sabemos que elas demandam uma compreensão geral, mas, ao mesmo tempo, profunda da aprendizagem de Física. Por isso, explicitamos a seguir a concepção de aprendizagem que irá nortear este estudo, os principais elementos que consideramos necessários para a compreensão de nosso problema e formas de articulá-los que trazem possibilidades, em nosso entendimento, para construir uma estrutura teórica capaz de explicar os dados obtidos e auxiliar em sua análise.

2.1 Cognição

Segundo o *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*, cognição significa, etimologicamente, o ato ou efeito de conhecer. No que se refere ao campo da psicologia, diferentes autores se dedicaram a estudos relativos à cognição humana. Nesta tese, assumimos a concepção vigotskiana de como o indivíduo conhece o mundo e se relaciona com ele.

De acordo com a teoria sócio-histórico-cultural vigotskiana, não se pode compreender o desenvolvimento cognitivo do ser humano sem que se faça referência ao contexto social, histórico e cultural em que está inserido. Tal relação ocorre porque os processos mentais superiores do indivíduo têm sua origem em processos sociais e o desenvolvimento cognitivo é a transformação dessas relações sociais em funções mentais. A “lei genética geral do desenvolvimento cultural” vigotskiana afirma que

todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro, no nível social, e, depois, no nível individual; primeiro, *entre* pessoas (*interpsicológica*), e, depois, *no interior* da criança (*intrapsicológica*). Isso se aplica igualmente para a atenção voluntária, para memória lógica e para formação de conceitos. Todas as funções superiores originam-se das relações reais entre indivíduos humanos. (VIGOTSKI, 2007, p. 57-58, grifo do autor)

As funções psicológicas superiores são características do processo de desenvolvimento cognitivo humano, sendo sempre organizadas e desenvolvidas por intermédio de algum tipo de mediação⁴, ou seja, são mediadas por *instrumentos* e *signos*. De acordo com Pino (1997, p. 6), o conhecer humano “envolve três elementos, não apenas dois: o sujeito que conhece, a coisa a conhecer e o elemento mediador que torna possível o conhecimento”. Nas palavras de Azevedo (2013),

como o próprio termo já sugere, mediar é se colocar entre; e de fato, não há mediação sem os elementos que se interpõem nas ações mediadas, entre o homem e o seu objeto de trabalho ou entre a criança e o seu brinquedo, ou ainda entre o estudante e o seu objeto de aprendizagem, ou mesmo entre duas pessoas ao realizarem qualquer tipo de ação conjunta. Ferramentas psicológicas ou signos de orientação interna, e/ou instrumentos com orientação externa, intermedeiam essas relações. (AZEVEDO, 2013, p. 66)

Segundo Vigotski (2007), o instrumento é orientado para fora, permitindo ao homem influir sobre o objeto de sua atividade. Para Gehlen e Delizoicov (2012, p. 62), “o signo, como uma construção do homem, é uma representação da realidade com a finalidade de proporcionar a comunicação entre sujeitos”. O signo possui, portanto, uma função mediadora e “constitui um meio da atividade interna dirigido para o controle do próprio indivíduo; o signo é orientado *internamente*” (VIGOTSKI, 2007, p. 55).

No entanto, concordamos com Azevedo (2013) em que a distinção e a separação entre instrumento e signo nem sempre são fáceis de serem feitas.

⁴ Neste texto, concordando com Gehlen e Delizoicov (2012, p. 61), consideramos que “a mediação pode ser caracterizada como um processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação que deixa de ser direta e passa a ser mediada por tal elemento”.

Vale lembrar que signos e instrumentos têm funções análogas, se diferenciando basicamente nas maneiras pelas quais eles orientam o comportamento humano. Portanto, signo e instrumento podem estar incluídos dentro do conceito geral de atividade mediada, com difícil distinção entre um e outro em variadas ações. (AZEVEDO, 2013, p. 66)

De posse dessas considerações, assumimos nesta tese o termo geral *elemento mediador*, tal como apresentado em Gehlen e Delizoicov (2012) e em Pino (1997), como o elemento intermediário que se coloca entre sujeito e objeto, possibilitando a realização da mediação. Concordamos com Pino (1997) quando afirma que

embora a atividade de conhecer pressuponha a existência no sujeito de determinadas propriedades que o habilitam a captar as características dos objetos, há fortes razões para pensar que o ato de conhecer não é obra exclusiva nem do sujeito, nem do objeto, nem mesmo da sua interação [direta], mas da ação do elemento mediador, sem o qual não existe nem sujeito nem objeto de conhecimento. (PINO, 1997, p. 6)

As funções psicológicas superiores (memória lógica, atenção arbitrária, abstração, comparação, discriminação, formação de conceitos, entre outras) referem-se a mecanismos intencionais, ações conscientemente controladas, processos voluntários que possibilitam ao sujeito maior autonomia em relação a seu entorno mais imediato. De acordo com Almeida e Antunes (2005, p. 2), “para humanizar-se o homem deve desenvolver suas funções psicológicas superiores e assim tornar-se cada vez mais livre, cada vez mais independente de suas necessidades naturais”.

Se o indivíduo se desenvolve cognitivamente por intermédio da formação de funções mentais superiores, as quais se originam em suas relações sociais, cabe-nos perguntar: que relações sociais propiciam tal desenvolvimento? Como a aprendizagem se relaciona com e colabora para o desenvolvimento cognitivo? Apresentamos agora as ideias vigotskianas que nos permitem compreender as relações existentes entre desenvolvimento cognitivo e aprendizagem.

2.1.1 Aprendizagem e desenvolvimento

Segundo Almeida e Antunes (2005, p. 9),

nos textos de Vigotski não há explicitamente uma definição de aprendizagem. Ter-se-á, pois, que deduzir esse significado, tendo a relação desenvolvimento/aprendizagem e o conceito de zona de desenvolvimento proximal como referências. (ALMEIDA e ANTUNES, 2005, p. 9)

Levando-se em conta essa recomendação, é interessante notar que o conceito de zona de desenvolvimento proximal surge, nos trabalhos apresentados em Vigotski (2007), no contexto da diferenciação que o autor estabelece entre o aprendizado pré-escolar e o escolar.

Koffka e outros admitem que a diferença entre o aprendizado pré-escolar e o escolar está no fato de o primeiro ser um aprendizado não sistematizado, e o último, um aprendizado sistematizado. Porém, a sistematização não é o único fator; há também o fato de que o aprendizado escolar produz algo fundamentalmente novo no desenvolvimento da criança. Para elaborar as dimensões do aprendizado escolar, descreveremos um conceito novo e de excepcional importância, sem o qual esse assunto não pode ser resolvido: a zona de desenvolvimento proximal. (VIGOTSKI, 2007, p. 95)

Esse trecho já aponta para as conexões que o autor estabelece entre aprendizagem escolar, zona de desenvolvimento proximal e desenvolvimento, ao longo de sua obra. Assim, para encontrar relações entre o processo de desenvolvimento e a capacidade de aprendizado, temos de definir, de acordo com Vigotski (2007), pelo menos dois níveis de desenvolvimento. O primeiro, denominado *nível de desenvolvimento real* (NDR), se refere às funções mentais que já se estabeleceram de forma completa na estrutura cognitiva do sujeito, ou seja, o NDR é caracterizado por aquilo que o indivíduo consegue fazer de maneira autônoma, sem o auxílio de outras pessoas. O segundo nível, chamado *nível de desenvolvimento potencial* (NDP), diz respeito àquilo que o sujeito é capaz de realizar apenas sob a orientação de outra pessoa ou em colaboração com parceiros mais capazes.

Para estabelecer uma dinâmica entre esses dois níveis e entender como se dá o curso interno do desenvolvimento, Vigotski (2007) elabora o conceito de *zona de desenvolvimento proximal* (ZDP), que é justamente a região entre o NDR e o NDP do indivíduo. Para Vigotski (2007):

[...] a zona de desenvolvimento proximal permite-nos delinear o futuro imediato da criança e seu estado dinâmico de desenvolvimento, propiciando o acesso não somente ao que já foi atingido através do desenvolvimento, como também àquilo que está em processo de maturação. (VIGOTSKI, 2007, p. 98)

Assim como o NDR é constituído pelas funções já amadurecidas pelo indivíduo, ou seja, pelos produtos finais de seu desenvolvimento, a ZDP integra aquelas funções que ainda não amadureceram, que estão presentes em estado embrionário na estrutura

cognitiva do sujeito, mas em processo de maturação. Logo, no processo de desenvolvimento cognitivo, aquilo que hoje pertence à ZDP amanhã constituirá o NDR. Schneuwly (1994)⁵ apud Daniels (2003, p. 76) interpreta a ZDP como uma “tentativa teórica de compreender a operação de contradição entre possibilidades internas e necessidades externas, que constitui a força motriz do desenvolvimento”.

É por intermédio de uma aprendizagem que se adianta ao desenvolvimento, no sentido de promovê-lo, que se forma a ZDP. Mas como ela é criada? De acordo com Moll (1990, p.11)⁶ apud Daniels (2003, p. 81),

Vygotsky⁷ nunca especificou as formas de assistência social aos alunos que constituem uma ZDP. [...] Ele escreveu sobre colaboração e direção, e sobre auxiliar crianças “pela demonstração, conduzindo questões, e pela introdução de elementos iniciais da resolução da tarefa” [...] mas não apresentou especificações além dessas prescrições gerais. (DANIELS, 2003, p. 81)

Assumiremos nesta tese, assim como Newman, Griffin e Cole (1989), que a ZDP é criada pela negociação entre o aluno e o parceiro mais capaz, em situações de aprendizagem. Para Vigotski (2007, p. 103),

[...] um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona de desenvolvimento proximal; ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança.

Contudo, ainda que, em colaboração com outros, o sujeito sempre possa fazer mais do que sozinho, não é infinitamente mais: até que ponto o indivíduo irá se desenvolver é algo que depende fundamentalmente de seu estado de desenvolvimento inicial, de suas potencialidades intelectuais e das interações com os outros atores sociais.

O desenvolvimento cognitivo humano se dá por um processo de internalização⁸ ou apropriação⁹, ou seja, pela reelaboração interna (plano intrapessoal) do conhecimento

⁵ SCHNEUWLY, B. Genres et types de discours : Considérations psychologiques et ontogénétiques. In: REUTER, Y. (Org). Les interactions lecture écriture. Berna: Peter Lang, 1994. p. 155-173.

⁶ Moll, L. C. Introduction. In: MOLL, L. C. (Ed.). *Vygotsky and education: Instructional implications and applications of sociohistorical psychology*. NY: Cambridge University Press, 1990. p. 1-27.

⁷ Optamos por manter a escrita do nome do autor conforme consta no trabalho original citado.

⁸ Ainda que o termo *internalização* seja utilizado como denominação para um elemento teórico central na perspectiva sócio-histórico-cultural, Smolka (2000) aponta que, “funcionando como uma metáfora, no entanto, tal construto carrega a imagem de dentro/fora do organismo, sugerindo, portanto, uma distância, uma diferença, ou mesmo uma oposição entre o individual e o social, como se o indivíduo não fosse, em

construído coletivamente (plano interpessoal) por intermédio de uma interação mediada por várias relações com outros sujeitos. É na troca com eles e consigo mesmo que o indivíduo se apropria de conhecimentos, papéis e funções sociais, o que permite a formação da própria consciência.

Também de acordo com Vigotski (2007),

desse ponto de vista, aprendizado não é desenvolvimento; entretanto, o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim, o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas. (VIGOTSKI, 2007, p. 103)

Assim, entendemos que a relação entre aprendizagem e desenvolvimento é devida ao fato de o ser humano viver em um meio social, que impulsiona esses dois processos, os quais caminham juntos. Nas palavras de Vigotski (2009, p. 314), a aprendizagem “[...] motiva e desencadeia para a vida toda uma série de funções que se encontravam em fase de amadurecimento [...]. É nisto que consiste o papel da aprendizagem no desenvolvimento.”

Sobre o conceito de aprendizagem, concordamos com Almeida e Antunes (2005), quando afirmam, tendo a obra de Vigotski como base, que

pode-se definir aprendizagem como sendo a apropriação pelo indivíduo dos conhecimentos historicamente acumulados pela humanidade, compreendendo estes desde as produções acadêmicas/formais até os hábitos cotidianos de uma sociedade; enfim, é a apropriação das ações práticas e teóricas elaboradas social e historicamente. Nessa conceituação está sintetizada tanto a aquisição de conteúdos quanto a consolidação dos mesmos na memória e a conexão dinâmica dessas informações com os demais conteúdos anteriormente apropriados pelo indivíduo em sua atividade. (ALMEIDA e ANTUNES, 2005, p.10)

Compartilhando com os autores acima essa definição de aprendizagem, entendemos que “os conhecimentos historicamente acumulados pela humanidade,

sua natureza, social, o que é um pressuposto básico nessa abordagem teórica”. Por isso, também em coerência com a referida autora, iremos utilizar nesta tese o termo *apropriação*, que se refere à ação de um indivíduo sobre alguma coisa à qual ele atribui certa propriedade particular.

⁹ Segundo Smolka (2000, p. 28): “O termo *apropriação* refere-se a modos de tornar próprio, de tornar seu, tornar *adequado*, *pertinente* aos valores e normas socialmente estabelecidos. (...) ‘fazer e usar instrumentos’ numa transformação recíproca de sujeitos e objetos, constituindo modos singulares de trabalhar/produzir”.

compreendendo estes desde as produções acadêmicas/formais até os hábitos cotidianos de uma sociedade” dizem respeito, em nossa pesquisa, tanto aos conhecimentos científicos específicos da Física como a práticas e modos de fazer característicos da cultura escolar na perspectiva de ensino que utilizamos nesta tese. Ademais, a “aquisição de conteúdos”, “a consolidação dos mesmos na memória” e “a conexão dinâmica dessas informações com os demais conteúdos anteriormente apropriados pelo indivíduo em sua atividade” são aspectos igualmente contemplados em nossa pesquisa, na medida em que propomos um estudo longitudinal e que preconiza a mobilização de conhecimentos e habilidades em novas situações e contextos, em interação com tudo aquilo que já foi aprendido pelo aluno.

Diante da complexidade que caracteriza os processos de aprendizagem, podemos nos perguntar: que elementos estão envolvidos na apropriação dos significados compartilhados socialmente e no sentido¹⁰ que cada indivíduo atribui a eles em sua aprendizagem? O que influencia a aprendizagem? Como ela se dá? Que fatores devem ser levados em conta quando se quer compreender o que e como o indivíduo aprende? O que deve ser aprendido? Como promover a aprendizagem? Vale lembrar que, neste trabalho, iremos focar a nossa atenção na aprendizagem escolar, especificamente naquela relativa aos conteúdos de Física Térmica trabalhados em aulas regulares de Física no Ensino Médio.

Diferentes pesquisadores têm nos fornecido distintos entendimentos e explicações para essas perguntas. Ao longo deste texto, explicitamos os autores que teremos como referência e as articulações que fazemos entre suas concepções para dar conta de traçar um suporte teórico-conceitual que nos permita uma compreensão mais ampla do processo de aprendizagem escolar.

Iniciamos a próxima seção apresentando a interação social como elemento essencial para a aprendizagem, por intermédio do qual os sujeitos estabelecem relações uns com os outros e constroem conhecimentos.

¹⁰ É importante explicitar a diferença entre os termos significado e sentido na obra de Vigotski. “O sentido de uma palavra é a soma de todos os eventos psicológicos que a palavra desperta em nossa consciência [...] O significado é apenas uma das zonas do sentido, a mais estável e precisa” (VYGOTSKY, 1982b, p. 333 apud GEHLEN e DELIZOICOV, 2012, p. 63). Assim, o significado da palavra está relacionado às interações interpessoais, sendo uma construção histórico-social; já o sentido remete ao plano intrapessoal, pertencendo ao indivíduo.

2.2 Interação social

Considerando a concepção que adotamos neste trabalho sobre como se dá a aprendizagem escolar, um elemento que se faz necessário para a compreensão desse processo e de sua relação com o ensino é a interação social. Escolhemos abordar esse conceito por ser um dos construtos centrais da teoria sócio-histórico-cultural e porque as interações sociais estão também intrinsecamente relacionadas a outros elementos que julgamos serem necessários para a elaboração de nosso arcabouço teórico, os quais serão apresentados mais adiante neste texto, quais sejam: memória, afetividade e metacognição.

No que tange à relação entre interação social, aprendizagem e desenvolvimento, concordamos com Galvão (2001), quando afirma que

interação social, aprendizagem e desenvolvimento são termos indissociáveis. A aprendizagem de hábitos, valores e conceitos depende da inserção do sujeito numa determinada cultura e é, ao mesmo tempo, condição para sua inserção nesta cultura. Por outro lado, sabemos que o desenvolvimento das funções psíquicas que caracterizam a espécie humana, como a fala, a representação simbólica e a memória, dependem da aprendizagem, isto é, da apropriação que o sujeito faz dos elementos a ele transmitidos num dado ambiente cultural, como bem nos esclarece Vygotsky (1989)^{11 12}. Assim, a interação social é condição indispensável para a aprendizagem e para o desenvolvimento. (GALVÃO, 2001, p. 15)

Em uma perspectiva vigotskiana, as características do funcionamento psicológico humano são construídas ao longo da vida do sujeito por um processo de interação entre ele e seu meio físico e social, o que lhe permite apropriar-se da cultura elaborada pelas gerações anteriores e também intervir nela. Em outras palavras, de acordo com Rego (2010, p. 93), “o homem constitui-se como tal através de suas interações sociais, portanto, é visto como alguém que se transforma e é transformado nas relações produzidas em uma determinada cultura.”

Concordamos também com a proposição de Galvão (2003):

¹¹ VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

¹² Optamos por manter a escrita do nome do autor conforme consta no trabalho original citado.

aliás, uma definição mais ampla que se pretenda abrangente não deve, tampouco, restringir o conceito de interação social às relações interpessoais, isto é, ao contato direto entre as pessoas. Numa definição ampla, devem estar incluídas também as relações das pessoas com as produções culturais historicamente acumuladas, fruto da relação entre os seres humanos e destes com a natureza. Mesmo na ausência de um parceiro concreto, nessas interações com os produtos da cultura, o *outro* encontra-se presente, mediado pela linguagem, pelas representações e demais manifestações culturais. (GALVÃO, 2003, p. 73)

Em outras palavras, Galvão (2003) defende que as interações sociais abrangem a relação entre pessoas e delas com os produtos da cultura. No caso de nossa pesquisa, entendemos que os estudantes, em seu processo de apropriação do conhecimento científico escolar, interagem entre eles, com o professor e com tais conhecimentos, por intermédio das atividades propostas, de livros, revistas e jornais, da Internet, etc. Em outras palavras, as interações sociais são sempre mediadas pela linguagem. Sendo assim, a indissociabilidade defendida por Vigotski (2009) entre pensamento e linguagem nos indica que o discurso dos estudantes em interação pode nos auxiliar no estudo de seus processos de aprendizagem, já que é por meio da interação social que ocorrem o intercâmbio de significados entre os sujeitos e a aprendizagem dos significados compartilhados socialmente.

Além disso, não há como compreender as interações entre alunos sem considerar a presença do parceiro mais capaz (VIGOTSKI, 2007), ou seja, que alguns estudantes podem auxiliar seus companheiros na resolução de uma tarefa que não seria concluída sem a sua contribuição. Analisar as atividades desenvolvidas em grupo permite evidenciar que não só o professor atua como parceiro mais capaz, mas alguns alunos do próprio grupo também podem fazê-lo.

Diante da importância das interações sociais, qual o seu papel ou como ela pode influenciar a aprendizagem ao longo do tempo? Na seção seguinte, passamos ao estudo da memória, uma dimensão que nos parece fortemente relacionada a tais interações e também essencial para a pesquisa, sobretudo considerando-se o seu caráter longitudinal.

2.3 Memória

Quando pensamos no que influencia a aprendizagem ao longo do tempo, devemos considerar a memória, pois temos por hipótese que conseguimos retomar por ela, de alguma forma, aquilo que aprendemos. No entanto, acreditamos também que nem tudo que retomamos pela memória foi de fato aprendido. Vale lembrar que utilizamos nesta tese o conceito de memória na perspectiva da psicologia (amparados pelas ideias vigotskianas), e não na perspectiva da neurociência.

A memória, enquanto função psicológica elementar, é denominada *memória natural* por Vigotski, sendo caracterizada pela impressão não mediada de materiais e pela retenção de experiências reais, sendo consequência direta dos estímulos externos sobre o ser humano (VIGOTSKI, 2007). Tal tipo de memória, de acordo com esse autor, é predominante em povos iletrados. Todavia, mesmo neles, “coexistem com ela outros tipos de memória pertencentes a linhas de desenvolvimento totalmente diferentes” (VIGOTSKI, 2007, p. 32).

No contexto de uma cultura letrada, a partir da infância e ao longo da escolarização, os indivíduos vão desenvolvendo, por intermédio de suas relações em sociedade, funções psicológicas superiores, como, por exemplo, a *memória lógica*, que é de origem sociocultural e mediada por signos.

A retomada de alguma ideia ou situação, com a qual o aluno já teve contato há algum tempo, ocorre por intermédio de uma mediação, com um objeto externo relembando-o daquilo que ele quer recordar. A partir da adolescência, a memória do jovem “está tão ‘carregada de lógica’ que o processo de lembrança está reduzido a estabelecer e encontrar relações lógicas; o reconhecer passa a considerar em descobrir aquele elemento que a tarefa exige que seja encontrado” (VIGOTSKI, 2007, p. 49).

Além disso, consideramos também que, ao lembrarmos alguma ideia ou situação, ela se transforma em algo diferente, devido à mediação realizada. Para Vigotski (2007, p. 31), o conceito de memória é “excepcionalmente apropriado para o estudo das mudanças introduzidas pelos signos nas funções psicológicas, uma vez que revela com clareza a

origem social dos signos e o seu papel crucial no desenvolvimento individual.” Mas como a memória se associa com o desenvolvimento?

O processo geral de desenvolvimento pode ser entendido como sendo formado por dois aspectos qualitativamente distintos: os processos elementares, de origem biológica; e as funções psicológicas superiores (memória lógica, atenção arbitrária, pensamento abstrato, formação de conceitos, etc.), de origem sociocultural, e cuja característica principal é a estimulação autogerada, ou seja, a criação e a utilização de estímulos artificiais (signos), que vão se tornar a causa de um dado comportamento. Entre esses dois níveis, existem vários sistemas psicológicos de transição.

Inicialmente, nas crianças muito pequenas, a memória é umas das principais funções psicológicas, em torno da qual se organizam todas as outras. Assim, nessa etapa do desenvolvimento, o ato de pensar está, como em nenhuma outra fase, intrinsecamente relacionado ao ato de lembrar. Já a partir da adolescência, lembrar alguma coisa significa reconhecer o que uma tarefa exige que seja encontrado na memória, de modo que memória e pensamento mantêm agora outro tipo de relação entre si. Para Vigotski (2007),

[...] do ponto de vista do desenvolvimento psicológico, a memória, mais do que o pensamento abstrato, é característica definitiva dos primeiros estágios do desenvolvimento cognitivo. Entretanto, ao longo do desenvolvimento ocorre uma transformação, especialmente na adolescência. Pesquisas sobre a memória nessa idade mostraram que no final da infância as relações interfuncionais envolvendo a memória invertem sua direção. *Para as crianças, pensar significa lembrar; no entanto, para o adolescente, lembrar significa pensar.* (VIGOTSKI, 2007, p. 49, grifo do autor)

Assim, enquanto uma criança pequena transforma uma lembrança em uma atividade interna (pensamento), a partir da adolescência utilizamos a memória como desencadeadora de uma atividade externa, pois o ser humano, ao contrário dos animais, é capaz de se lembrar de alguma coisa com a ajuda de elementos mediadores. Para Vigotski, (2007),

quando uma pessoa ata um nó no lenço para ajudá-la a lembrar de algo, ela está essencialmente, construindo o processo de memorização, fazendo com que um objeto externo relembre-a de algo; ela transforma o processo de lembrança em uma atividade externa. Esse fato, por si só, é suficiente para demonstrar a característica fundamental das formas superiores de comportamento. Na forma elementar, alguma coisa é lembrada; na forma superior os seres humanos lembram alguma coisa. (VIGOTSKI, 2007, p. 49-50)

Em outras palavras, no que se refere à memória lógica, os indivíduos fazem memória de uma dada situação por intermédio de uma mediação. Assim, mesmo que se queira memorizar alguma coisa, a “cópia” na memória nunca é idêntica ao que se quer memorizar, tampouco uma réplica perfeita, pois tal processo não é direto, mas sim mediado. A memória lógica, enquanto função mental superior (VIGOTSKI, 2007), é desencadeada no plano interpessoal (via interação social) e transformada em um processo intrapessoal com o uso de signos.

No plano interpessoal, compreendemos que a formação da memória se dá por intermédio da interação do sujeito com o mundo. Cada memória é construída ao longo das relações sociais que o indivíduo estabelece, nos mais diferentes âmbitos de sua vida. Tendo em vista a sala de aula, acreditamos que as memórias dos alunos estão permeadas não só de conceitos, leis, teorias e fórmulas, mas também de procedimentos, atitudes e valores que, com mais ou menos profundidade, em maior ou menor escala, eles tenham construído ao longo das aulas.

No plano intrapessoal, ao compreendermos a aprendizagem escolar como sendo um processo de apropriação das produções humanas historicamente acumuladas em uma cultura, devemos considerar o fato de que cada ser humano possui uma coleção pessoal de memórias. Mesmo que duas ou mais pessoas tenham muitas vivências em comum, tenham compartilhado muitas experiências e sejam muito parecidas em sua forma de ser, pensar e agir, o acervo de memórias de cada uma delas é sempre (e necessariamente) distinto do de outra pessoa. Cada ser humano, ainda que em presença de uma mesma situação e sob condições similares, percebe essa situação e leva-a consigo de formas diferentes e originais. Para Izquierdo (2002, p. 9), “o acervo de nossas memórias faz com que cada um de nós seja o que é, com que sejamos, cada um, um indivíduo, um ser para o qual não existe outro idêntico.”

Pensando na sala de aula, diante de uma mesma explicação de um dado conteúdo, mesmo em uma turma que se mantém unida por muito tempo, formada por alunos que possuem uma formação prévia similar e que compartilham pensamentos, motivações e interesses, nenhum desses elementos garante que todos os estudantes aprenderão (ou não) da mesma forma. Em outras palavras, o caráter de construção individual da aprendizagem é influenciado sobremaneira pelas memórias que os alunos já possuem e pelas memórias

que fazem das (e nas) situações de aprendizagem. De acordo com Almeida e Antunes (2005),

quando um conteúdo é aprendido, o indivíduo memorizou aquelas informações que, em conexão com aquelas por ele já apropriadas, são significadas ou re-significadas; isto é, o indivíduo promove a síntese de seus conhecimentos, alterando assim sua compreensão da realidade.

Essa alteração – ou seja, o quanto, o que e até mesmo quando, haja vista que um dado conhecimento pode ter novas significações durante o tempo – é muito variável, pois depende não só dos conteúdos apropriados, mas também de como o indivíduo significou estes conhecimentos (sentido pessoal) e do tipo de apropriação que foi realizado, se baseado em conceitos espontâneos ou científicos, se na cotidianidade ou por meios sistematizados, assim como por quais caminhos esse conhecimento chegou a ele. (ALMEIDA e ANTUNES, 2005, p. 11)

Sabemos que algumas situações vividas são mais lembradas do que outras e que algumas informações com as quais temos contato são mais facilmente retomadas do que outras. Por que isso acontece? Que elementos influenciam a memória? É possível identificar aspectos que facilitem a formação de memória sobre algum fato ou situação?

Está claro que, por mais frutíferas que sejam as interações sociais na sala de aula, por mais instigantes que sejam os conteúdos e por mais desafiadoras que sejam as propostas de ensino utilizadas pelo professor, é humanamente impossível que uma pessoa se lembre de tudo que lhe foi ensinado ao longo de seus anos de escolarização. Mas o que ela consegue recordar? O que a levou a lembrar-se disso? Aquilo de que ela se lembra foi de fato aprendido? Como aquilo de que ela se lembra influencia as aprendizagens futuras?

Para adquirir, codificar, guardar ou evocar memórias, as pessoas utilizam a linguagem e, entre os fatores que influenciam a memória, tanto em sua aquisição como em sua evocação, estão as emoções, o nível de consciência e os estados de ânimo. De acordo com Izquierdo (2002, p. 12), “ todos sabemos como é fácil aprender ou evocar algo quando estamos alertas e de bom ânimo; e como fica difícil aprender qualquer coisa ou até lembrar o nome de uma pessoa ou de uma canção quando estamos cansados, deprimidos e muito estressados.”

Desse modo, entendemos que aspectos afetivos influenciam fortemente as memórias que fazemos e, conseqüentemente, aquilo que aprendemos. Discorreremos, na

próxima seção, sobre o conceito de afetividade, que nos parece também um fator importante a se considerar para o estudo da aprendizagem de ciências.

2.4 Afetividade

O objetivo desta seção é dedicar-se ao tema da afetividade, que, para Arantes (2003, p. 7) é “raramente abordado e frequentemente ocultado nas encruzilhadas do cotidiano escolar”. Pensamos ser pertinente evocar o conceito de afetividade, que, muitas vezes, é colocado em segundo plano em comparação com a cognição. Neste trabalho, entendemos que elementos afetivos influenciam fortemente a aprendizagem ao longo do tempo e a retomada do que foi ensinado.

De acordo com a versão eletrônica do Dicionário Houaiss da língua portuguesa, na rubrica de psicologia, *afetividade* significa o “conjunto de fenômenos psíquicos que são experimentados e vivenciados na forma de emoções e de sentimentos”. Esse conceito, em nossa pesquisa, não é sinônimo de amor ou carinho, pois concordamos com Mahoney e Almeida (2005, p. 1) quando afirmam que “[...] afetividade refere-se à capacidade, à disposição do ser humano de ser afetado pelo mundo externo/interno sempre acompanhado de sensações ligadas a tonalidades agradáveis ou desagradáveis”.

Tais autores utilizam como fundamentação teórica as ideias de Wallon (1995) e Vigotski (2009) sobre a relação entre cognição e afetividade. Ainda que o primeiro autor tenha dedicado grande parte de suas obras a apontar a importância da visão dialética e humanista da pessoa completa para as práticas educacionais, optamos, nesta tese, por considerar as ideias vigotskianas como fundamento de nossa defesa da intrínseca relação entre cognição e afetividade. Tal escolha se pauta na coerência teórica que pretendemos manter neste trabalho, que já considera aportes de Vigotski em outros aspectos da aprendizagem.

Compreendemos que os fenômenos afetivos referem-se a experiências subjetivas, que revelam a forma como cada sujeito “é afetado pelos acontecimentos da vida ou, melhor, pelo sentido que tais acontecimentos têm para ele” (PINO, 2000, p. 128). Em

outras palavras, consideramos que a afetividade é a capacidade que os indivíduos têm de serem positiva ou negativamente afetados, com maior ou menor intensidade, por uma dada situação, de forma que cada um deles estabelece um tipo de relação afetiva com essa situação e lhe atribui um sentido particular. Por isso, estamos de acordo com Cacheffo e Garms (2011, p. 9), quando afirmam que “dentre as implicações da afetividade no desenvolvimento humano, os estudos apontam [...] a relação indissociável com a cognição e a capacidade de afetar de maneira positiva ou negativa, o processo de ensino e aprendizagem”.

Acreditamos ser necessário considerar o modo como as relações interpessoais influenciam os indivíduos em suas reconstruções internas para compreender como se dá o seu desenvolvimento, pois “[...] cada sujeito elabora, reage e lida de modo singular com as mesmas determinações e influências sociais” (OLIVEIRA e REGO, 2003, p. 23).

Sabemos que a psicologia tem por tradição separar as dimensões cognitiva e afetiva do ser humano, com o objetivo de estudar cada uma delas separadamente, de forma mais aprofundada. Todavia, para Vigotski (2009, p. 16), “[...] em toda ideia existe, em forma elaborada, uma relação afetiva do homem com a realidade representada nessa ideia”.

Oliveira e Rego (2003, p. 32) afirmam também que “[...] de acordo com o paradigma elaborado por Vygotsky¹³, é necessário investigar a história singular dos sujeitos para que se possa de fato construir uma compreensão aprofundada de seus processos de desenvolvimento.” Assim, Vigostki (2009) critica a separação entre as dimensões cognitiva e afetiva do funcionamento psicológico, adotando uma abordagem unificadora entre elas.

Como se sabe, a separação entre a parte intelectual da nossa consciência e sua parte afetiva e volitiva é um dos defeitos radicais de toda a psicologia tradicional. [...] **Quem separou desde o início o pensamento do afeto fechou definitivamente para si mesmo o caminho para a explicação das causas do próprio pensamento**, porque a análise determinista do pensamento pressupõe necessariamente a revelação dos motivos, necessidades, interesses, motivações e tendências motrizes do pensamento, que lhe orientam o movimento nesse ou naquele aspecto. (VIGOSTKI, 2009, p. 16, grifo nosso)

Ao estabelecer uma relação dialética entre cognição e afetividade, o sujeito, para Vigotski, “é produto do desenvolvimento de processos físicos e mentais, cognitivos e afetivos, internos (história anterior do indivíduo) e externos (situações sociais)” (SILVA,

¹³ Optamos por manter a escrita do nome do autor conforme consta no trabalho original citado.

2008, p. 136). Ainda que Vigotski atribua grande importância à relação dialética entre cognição e afetividade, alguns autores (OLIVEIRA e REGO, 2003) consideram que aspectos afetivos são pouco abordados em pesquisas que se apóiam na perspectiva vigotskiana.

Oliveira e Rego (2003) levantam duas hipóteses para tentar explicar esse fato: ou Vigotski enfatiza em sua obra aspectos intelectuais, ainda que defenda a integração entre cognição e afetividade, ou os pesquisadores que se baseiam em suas ideias fazem essa interpretação mantendo uma concepção dualista subjacente. As autoras apostam na segunda opção.

Supomos que a segunda hipótese seja a correta, já que a separação dos domínios afetivos e cognitivos tem uma longa tradição no campo da psicologia. Sabemos que a tendência dualista ainda não está totalmente superada nos estudos contemporâneos, portanto, ela pode ter “contaminado” (ou influenciado) o modo como as suas ideias foram selecionadas, difundidas e internalizadas por seu público leitor. (OLIVEIRA e REGO, 2003, p. 18)

No presente trabalho, temos consciência de que queremos estudar um fenômeno amplo, considerando diferentes elementos que podem relacionar-se com e influenciar a aprendizagem de ciências. Por isso, parece-nos que não há como compreender o sujeito que aprende em sua totalidade sem considerar que, além de possuir uma estrutura cognitiva, ele é movido por desejos, vontades e motivações, de variados tipos e de diferentes ordens. Segundo Chacón (2003),

os estudos sobre afeto não deveriam estar separados dos estudos sobre cognição – é necessário levar em conta suas interrelações. Parece conveniente não separar as pesquisas sobre afeto (valores, crenças, atitudes e emoções) dos estudos sobre como as pessoas aprendem. (CHACÓN, 2003, p. 52)

Mas como a afetividade influencia a aprendizagem?

De acordo com Donadon e Leite (2009), é recente a compreensão da importância da dimensão afetiva no processo de ensino e aprendizagem. No entanto, pesquisas apontam (ALMEIDA, 1997; OLIVEIRA, 1997; COLOMBO, 2007) que as funções afetiva e intelectual dependem da relação do indivíduo com o meio social, sendo influenciadas e constituídas nas interações entre os sujeitos, o que permite o entendimento do homem simultaneamente nas duas dimensões.

Tendo como foco a aprendizagem dos estudantes em contexto escolar, consideramos que eles são afetados de diferentes modos por suas relações com os demais colegas, com o professor, com as atividades propostas e com o conhecimento científico escolar. Ademais, não podemos ignorar o fato de que cada aluno traz consigo um conjunto de experiências prévias, construídas anteriormente na escola e em outros espaços, as quais podem igualmente afetar positiva ou negativamente o seu aprendizado. Segundo Sastre e Moreno (2003), para a compreensão do processo de aprendizagem

[...] devem ser tecidas as relações entre aspectos cognitivos e afetivos, entre fenômenos científicos e cotidianos, entre os aspectos considerados pertencentes à vida pública e os considerados exclusivos da vida privada, para reunir o que já havia sido arbitrariamente separado e que provoca cisões, também arbitrárias, no psiquismo dos estudantes. (SASTRE e MORENO, 2003, p. 143)

Freire (1995) também afirma a importância dos componentes afetivos na aprendizagem, mencionando, todavia, a presença necessária, no contexto escolar, do conhecimento humano sistematizado:

o que eu sei, sei com meu corpo inteiro: com minha mente crítica, mas também com os meus sentimentos, com minhas intuições, com minhas emoções. O que eu não posso é parar satisfeito ao nível dos sentimentos, das emoções, das intuições. Devo submeter os objetos de minhas intuições a um tratamento sério, rigoroso, mas nunca desprezá-los. (FREIRE, 1995, p. 43)

Em síntese, como a escola e, em especial, a sala de aula pressupõem necessariamente o relacionamento entre pessoas e o contato entre distintas subjetividades, deverão ser considerados, em qualquer processo de ensino e aprendizagem que aí ocorra, não só aspectos racionais e cognitivos, mas também emocionais e afetivos.

Na seção seguinte, apresentamos mais um fator que consideramos relevante para que se possa compreender a aprendizagem ao longo do tempo: a metacognição, em sua estreita relação com a cognição e a memória e como elemento que potencializa o processo de aprender.

2.5 Metacognição

Como queremos investigar como se dá, ao longo do tempo, o processo de aprendizagem dos estudantes, vamos levá-los a retomar (em situações diferentes das

iniciais) conhecimentos e habilidades trabalhados previamente na perspectiva do ensino por investigação. Para tanto, entendemos que os alunos devem pensar sobre o que aprenderam ou não, a fim de saberem se são capazes de resolver os novos problemas que lhes são colocados. Por isso, pensamos que é necessário recorrer ao conceito de metacognição para dar conta de tentar compreender essa dimensão da aprendizagem dos estudantes.

Etimologicamente, metacognição significa *a faculdade de conhecer o próprio ato de conhecer*. A partir da década de 1970, com os trabalhos de Flavell (1976, 1979) na área do desenvolvimento cognitivo e da memória, começaram a ser estudados os processos metacognitivos que coordenam as aptidões cognitivas envolvidas na memória, leitura, compreensão de textos, etc. O interesse pela metacognição na educação advém, para Figueira (2003, p. 14),

[...] do fato de se ter demonstrado que esta variável desempenha um papel de primordial importância em áreas fundamentais da aprendizagem escolar, nomeadamente, na resolução de problemas, na compreensão e comunicação oral e escrita.

De acordo com Flavell, Miller e Miller (1999), a metacognição é definida de forma ampla como sendo *o conhecimento ou atividade cognitiva que toma como seu objeto a cognição ou que regula qualquer aspecto da iniciativa cognitiva*. Para os mesmos autores, a metacognição se refere tanto ao conhecimento metacognitivo (ou metaconhecimento) como ao monitoramento e à autorregulação cognitivos.

O conhecimento metacognitivo se refere ao conhecimento dos próprios recursos cognitivos. Ele *é constituído por três dimensões: conhecimento sobre pessoas, sobre tarefas e sobre estratégias*.

A primeira delas, de acordo com Figueira (2003, p. 3), refere-se ao “conhecimento ou crença que a pessoa tem de si enquanto ser cognitivo, em tarefas cognitivas diversas, sobre os fatores ou variáveis que atuam ou interagem e de que maneiras afetam os resultados dos procedimentos cognitivos”. A dimensão das tarefas diz respeito ao conhecimento que o sujeito tem sobre a natureza, as exigências e os critérios da atividade que irá realizar. Já o conhecimento sobre as estratégias se relaciona com o conhecimento sobre os meios mais prováveis para se alcançar os objetivos cognitivos (FLAVELL,

MILLER e MILLER, 1999). Para os mesmos autores, o conhecimento metacognitivo caracteriza-se por combinações ou interações de duas ou três dessas categorias. Por exemplo, o *conhecimento sobre tarefas* pode auxiliar na elaboração do *conhecimento sobre estratégias*, na medida em que a identificação do nível de exigência da tarefa aponta para a necessidade de que o indivíduo desenvolva formas para realizar tal atividade a fim de atingir seus objetivos de aprendizagem.

O *monitoramento* e a *autorregulação* cognitivos, que também integram a metacognição humana, são estratégias metacognitivas que oferecem informações sobre a iniciativa cognitiva em que o sujeito está envolvido e sobre seu progresso nela. Constituem-se em mecanismos de controle e regulação dos processos cognitivos humanos “utilizados pelos sujeitos ativos, no decurso das atividades de aprendizagem, dependendo quer do conhecimento, quer das experiências metacognitivas, manifestando-se pelo recurso a estratégias” (FIGUEIRA, 2003, p. 4). De acordo com Ribeiro (2003),

as experiências metacognitivas prendem-se com o foro afetivo e consistem em impressões ou percepções conscientes que podem ocorrer antes, durante ou após a realização de uma tarefa. Geralmente, relacionam-se com a percepção do grau de sucesso que se está a ter e ocorrem em situações que estimulam o pensar cuidadoso e altamente consciente, fornecendo oportunidades para pensamentos e sentimentos acerca do próprio pensamento. (RIBEIRO, 2003, p. 111)

É interessante notar que tanto o conhecimento metacognitivo quanto as experiências metacognitivas estão interligados, pois, assim como o conhecimento permite interpretar as experiências e agir sobre elas, as ideias e sentimentos podem contribuir para o desenvolvimento e a modificação cognitivos.

Quanto à natureza da metacognição, em seus trabalhos iniciais, Flavell (1987) entendia que as experiências metacognitivas eram cognitivas, afetivas e conscientes, caracterizando-se pela tomada de consciência e pela regulação da atividade cognitiva e de seus processos subjacentes. Tais experiências seriam “impressões, sentimentos ou percepções conscientes que podem ocorrer antes, durante ou após um empreendimento cognitivo” (FIGUEIRA, 2003, p. 5). Contudo, em seu trabalho de 1985, identifica que as experiências cognitivas caracterizadas anteriormente como conscientes podem incluir situações não conscientes (FLAVELL, 1985¹⁴ apud FIGUEIRA, 2003).

¹⁴ FLAVELL, J. H. Developpment métacognitif. In: BIDEAUD, J.; RICHELLE, M. (Eds.). *Psychologie*

Vigotski (2009) foi um dos primeiros a apontar para uma relação direta entre a consciência dos processos cognitivos e a capacidade de controlá-los. No entanto, afirma também que, inicialmente, o controle interno não é necessariamente consciente, nem é objeto de reflexão.

Compartilhamos a perspectiva vigotskiana de que os processos metacognitivos podem ser ou não conscientes e concordamos com esse autor também quando considera que o desenvolvimento dos controles cognitivo e metacognitivo é um processo social, adquirido por intermédio de uma aprendizagem mediada. Mas como isso ocorre?

Para Figueira (2003),

[...] à medida que a criança prossegue na escola, é cada vez mais provável que a atividade metacognitiva seja um produto do estilo de ensino dos professores, combinados com experiências individualizadas da criança, numa grande variedade de contextos de aprendizagem. (FIGUEIRA, 2003, p. 13)

Sobre o papel docente no desenvolvimento da metacognição, Ribeiro (2003) afirma que,

idealmente, os professores funcionam como mediadores na aprendizagem e agem como promotores da autorregulação ao possibilitarem a emergência de planos pessoais. De acordo com Brown (1987), estes assumem um papel fundamental na preparação dos alunos para planejar e monitorar as suas próprias atividades. (RIBEIRO, 2003, p. 114)

No que diz respeito à avaliação da aprendizagem, Abib (2010) defende que

a metacognição, entendida como as reflexões sobre os mecanismos de elaboração de conhecimentos, ou seja, as reflexões sobre os processos de aprendizagem pessoal, assume uma importância crucial, pois pode contribuir para as superações de dificuldades. (ABIB, 2010, p. 150)

Além disso, o conhecimento e as experiências metacognitivas podem ser usados em qualquer domínio do conhecimento, desde a decisão sobre o caminho mais adequado a seguir para chegar, com rapidez e segurança, ao local onde ocorre uma festa até a resolução de um problema de Física. Assim, concordamos com Ribeiro (2003) em que o desenvolvimento da metacognição permite uma melhoria da atividade cognitiva e motivacional e, portanto, uma potencialização do processo de aprender.

Por conseguinte, a metacognição tem aplicações importantes no campo da educação, pois, assim como ela é desenvolvida ao longo dos processos de ensino e

aprendizagem, ela pode facilitar o próprio processo de aprender. De acordo com Ribeiro (2003):

[...] em termos de realização escolar, para além da utilização de estratégias, é importante o conhecimento sobre quando e como utilizá-las, sobre a sua utilidade, eficácia e oportunidade. A este conhecimento, bem como à faculdade de planificar, de dirigir a compreensão e de avaliar o que foi aprendido, Flavell atribuiu a designação de metacognição. (RIBEIRO, 2003, p. 109)

Para Brown (1978), reconhecer que não se compreende alguma coisa ou que existe dificuldade de compreensão de alguma tarefa é algo que diferencia os bons dos maus leitores. Além disso, a mesma autora afirma que tão importante como o conhecimento sobre o que se sabe é o conhecimento sobre aquilo que não se sabe.

Por tudo isso, o conceito de *metacognição* nos parece útil porque parte da investigação que realizamos incide sobre o que os alunos declaram saber ou não do que foi ensinado no ano anterior, sobre a percepção deles com relação ao seu próprio processo de aprendizagem e sobre o grau de reflexão que têm sobre o que teoricamente já foi aprendido.

Além disso, Davis, Nunes e Nunes (2005) apontam também para a

necessidade de se construir, nas salas de aula, uma cultura do pensar, que propicie aos alunos: a. uma forma de explicitar, desde cedo, modalidades de pensamento, tornando-as, assim, passíveis de ser compartilhadas; b. um estímulo ou motivação para pensar, de forma a alcançar decisões acertadas; c. a coragem para enfrentar situações novas; d. a transferência de estratégias e conhecimentos gerados em um dado contexto para outros. (DAVIS, NUNES e NUNES, 2005, p. 205)

Concordando com os autores acima, podemos nos perguntar: como construir uma “cultura do pensar” na sala de aula que auxilie os alunos tanto em sua aprendizagem escolar como em sua atuação enquanto cidadãos? Ainda que a metacognição esteja sempre permeando, em maior ou menor grau, os processos de ensino e aprendizagem e que seja reconhecida a sua importância para o desenvolvimento cognitivo, como fazer com que os alunos se valham dela durante as aulas, avaliações e demais atividades? É possível desenvolvê-la nos estudantes? Os alunos aplicam na escola as estratégias metacognitivas que utilizam em seu cotidiano e vice-versa?

No que se refere ao ensino de ciências, alguns trabalhos recentes apontam direcionamentos importantes para as questões que acabamos de levantar. Alguns apresentam intervenções didáticas em que estratégias metacognitivas devem ser utilizadas

pelos estudantes (SOLIVERES et al., 2011; SANTOS, SOUSA e INFANTE-MALACHIAS, 2008); outros identificam os recursos metacognitivos utilizados pelos alunos durante a resolução de problemas (como, por exemplo, em COLEONI e BUTELER, 2008). Rosa e Pinho Alves (2012) defendem a necessidade de que o professor proponha situações didáticas de evocação explícita do pensamento metacognitivo, pois, na pesquisa realizada por eles, os alunos declararam que utilizavam determinadas estratégias metacognitivas em situações cotidianas, mas que não as usavam em contextos de ensino e aprendizagem em que as mesmas estratégias se faziam necessárias.

Temos também realizado algumas pesquisas próprias e em colaboração envolvendo questões metacognitivas, as quais indicam a presença da metacognição como uma dimensão da aprendizagem de Física no contexto do ensino por investigação (MAXIMO-PEREIRA, 2012) e como um elemento cujo desenvolvimento pode ser fomentado na escola (MAXIMO-PEREIRA e ANDRADE, 2012). Esse último trabalho indicou que a escrita de uma autoavaliação pode atuar como uma estratégia tanto de monitoramento e autorregulação cognitivos, auxiliando a aprendizagem, como um instrumento de pesquisa sobre metacognição.

As pessoas que apresentam habilidades metacognitivas bem desenvolvidas, como, por exemplo, pensar sobre suas habilidades e compará-las com as que acreditam serem necessárias para realizar uma atividade ou ainda ter consciência dos processos de pensamento que utilizam (como e o que estão pensando), compreendem o objetivo de uma tarefa e planejam sua realização mais facilmente. São também capazes de aplicar estratégias, avaliá-las, alterá-las de acordo com a avaliação de seu próprio processo de execução, realizada por elas mesmas. Assim, a metacognição parece ser relevante em determinadas áreas da aprendizagem escolar, no que concordamos com Flavell, Miller e Miller (1999) quando defendem que

[...] as habilidades metacognitivas desempenhem um papel muito importante em muitos tipos de atividades cognitivas, incluindo a comunicação oral de informações, a persuasão oral, a compreensão oral, a compreensão de leitura, a escritas, a aquisição da linguagem, a percepção, a atenção, a memória, a solução de problemas [...] (FLAVELL, MILLER e MILLER, 1999, p. 125-126)

Devido ao fato de utilizarmos o ensino por investigação como perspectiva norteadora das atividades de aprendizagem e de retomada juntos aos estudantes, pensamos que a presença do conceito de metacognição mais uma vez se justifica neste trabalho, pois procedimentos como o planejamento e monitoramento das ações, a previsão de consequências, a testagem de hipóteses, a verificação de resultados e a revisão e avaliação de estratégias de aprendizagem são atividades metacognitivas regulatórias (FIGUEIRA, 2003) que podem estar presentes durante a realização de uma atividade investigativa.

Por isso, acreditamos que o ensino por investigação propicie a utilização e o desenvolvimento, ainda que de forma indireta, da metacognição, visto que, para Figueira (2003, p. 14), a metacognição “desempenha um papel de primordial importância em áreas fundamentais da aprendizagem escolar, nomeadamente, na resolução de problemas, na compreensão e comunicação oral e escrita”.

Tendo explicitado, nas seções anteriores e nesta última, elementos que consideramos necessários à compreensão do fenômeno da aprendizagem ao longo do tempo, podemos nos perguntar: o que deve ser aprendido nas aulas de Física? Como aquilo que entendemos que deve ser aprendido se relaciona com o que defendemos que pode influenciar a aprendizagem? Na próxima seção, apresentamos o que consideramos como sendo essencial para a aprendizagem escolar de Física, justificando as escolhas que fazemos e a pertinência das mesmas no contexto deste trabalho.

2.6 Aprendizagem em aulas de Física

Considerando que nossa pesquisa tem como foco a aprendizagem dos estudantes no que se refere à Física Térmica, nos parece importante explicitar o que consideramos que deve ser aprendido por eles nas aulas do Ensino Médio dessa parte da Física.

Entendemos que diferentes elementos relativos ao conhecimento científico escolar devem estar presentes nas aulas de Física. Por exemplo, a presença da história e filosofia da ciência nas aulas tem sido apontada pela literatura como uma prática que pode auxiliar

a aprendizagem dos estudantes (MATTHEWS, 1995; SILVA, 2010). Pensamos que conhecer a parte especificamente relacionada ao contexto de desenvolvimento da Física Térmica (como a Revolução Industrial, o surgimento da máquina a vapor, etc.), as questões científico-econômicas envolvidas na produção desse conhecimento, as concepções e formas de compreender o mundo dos cientistas que se dedicaram ao estudo dos fenômenos térmicos, entre outras questões, é algo extremamente importante para que o aluno compreenda, entre outras coisas, que a ciência é uma construção humana e que, portanto, só pode ser entendida considerando-se o contexto científico, econômico, político e social de produção desse conhecimento.

Além disso, a interdisciplinaridade também é outra concepção bastante presente nos documentos oficiais sobre educação no Brasil (BRASIL, 2000; BRASIL, 2002; BRASIL, 2006), os quais defendem que a interação entre duas ou mais disciplinas escolares pode contribuir para que os alunos compreendam os fenômenos de forma mais completa e consistente. No caso da Física Térmica, a Química e a Matemática são duas das disciplinas escolares que podem compor uma proposta de ensino com base na interdisciplinaridade, que, de acordo como Zaballa (2003), é entendida como

a interação de duas ou mais disciplinas. Essas interações podem implicar transferências de leis de uma disciplina a outra, originando, em alguns casos, um novo corpo disciplinar, como, por exemplo, a bioquímica ou a psicolinguística. Podemos encontrar essa concepção nas áreas de ciências sociais e experimentais no ensino médio e na área de conhecimento do meio do ensino fundamental. (ZABALLA, 2003, p. 33)

Ainda que a história e a filosofia da ciência e a interdisciplinaridade, entre outros aspectos, sejam considerados por nós como sendo importantes para a aprendizagem de ciências, focamos nosso olhar, nesta tese, para outras dimensões igualmente relevantes do aprender ciência, quais sejam: a formação de conceitos científicos, a aprendizagem de modelos, princípios e leis físicos e o desenvolvimento de habilidades. Nas subseções a seguir, apresentamos as ideias que defendemos sobre esses aspectos, justificando por que acreditamos que eles devem nortear os objetivos das atividades de aprendizagem e de retomada propostas aos estudantes em nossa pesquisa.

2.6.1 Formação de conceitos científicos e aprendizagem de modelos, princípios e leis da Física

Um dos principais objetivos do ensino de ciências na escola é a formação de conceitos científicos. Para Gehlen e Delizoicov (2012),

um conceito científico, dado a sua universalidade e abstração, se relaciona com uma multiplicidade de elementos que constituem o objeto de conhecimento, inclusive elementos que historicamente não foram considerados no momento de sua produção, tal como problemas ainda não formulados e não resolvidos, situação típica que exige processos investigativos, próprios da ciência. (GEHLEN e DELIZOICOV, 2012, p. 63)

Em particular, os conceitos termodinâmicos de calor e temperatura são apontados pela literatura como sendo de difícil aprendizagem pelos estudantes, mesmo após o ensino formal (GRINGS, CABALLERO e MOREIRA, 2007). Tal situação pode ser justificada pela forte presença de concepções não-científicas para as palavras calor e temperatura (YEO e ZADNIK, 2001), empregadas cotidianamente com significado distinto do de sua utilização no contexto da ciência.

Para compreendermos essa questão, recorremos a Vigotski (2009), que define dois tipos de conceitos: os espontâneos¹⁵ (formados por intermédio da interação do sujeito com o mundo físico do dia a dia) e os científicos (apresentados de forma sistematizada em ambientes de aprendizagem específicos). Tais conceitos se diferenciam também pelo fato de que o conceito espontâneo se desenvolve de baixo para cima, ou seja, das propriedades mais elementares às superiores, enquanto que os conceitos científicos se desenvolvem das propriedades mais complexas e superiores às mais elementares, isto é, de cima para baixo. Nas palavras de Vigotski (2009),

o desenvolvimento dos conceitos científicos começa no campo da consciência¹⁶ e da arbitrariedade¹⁷ e continua adiante, crescendo de cima para baixo no

¹⁵ Utilizaremos, nesta tese, o termo *conceito espontâneo*, tal como definido em Vigotski (2009). Entendemos a expressão *conceito cotidiano* como sinônimo de *conceito espontâneo*.

¹⁶ Para Vigotski (2009, p. 275), “tomar consciência de alguma operação significa transferi-la do plano da ação para o plano da linguagem, isto é, recriá-la na imaginação para que seja possível exprimi-la em palavras”.

¹⁷ De acordo com o Dicionário Houaiss da língua portuguesa, na rubrica de linguística, *arbitrariedade* significa “ausência de relação analógica entre o *significante* (forma) e o *significado* (conteúdo) no signo lingüístico (p.ex., o mesmo animal é chamado de *cachorro* em português, de *dog* em inglês, de *chien* em francês etc.)”. No caso do conceito científico, cujo desenvolvimento está associado à arbitrariedade por Vigotski, entendemos igualmente que ele se desenvolve de modo que o conteúdo de sua definição é

campo da experiência pessoal e da concretude. O desenvolvimento dos conceitos espontâneos começa no campo da concretude e do empirismo e se movimenta no sentido das propriedades superiores dos conceitos: da consciência e da arbitrariedade. (VIGOTSKI, 2009, p. 350)

Para o mesmo autor, o que estabelece a conexão entre essas duas linhas diametralmente opostas de desenvolvimento é o vínculo existente entre a ZDP e a NDR, na medida em que a tomada de consciência e a arbitrariedade dos conceitos, não desenvolvidas totalmente nos conceitos espontâneos dos alunos, estão situadas na ZDP, zona na qual o professor deve atuar para que ocorra a formação de conceitos científicos.

É interessante notar também que os processos de formação de conceitos espontâneos e científicos, ainda que distintos, estão relacionados, na medida em que a formação dos conceitos científicos pressupõe certo nível de elevação dos conceitos espontâneos. De acordo com Vigotski (2009, p. 350), “o conceito espontâneo deve atingir certo nível de seu desenvolvimento espontâneo para que seja possível descobrir a supremacia do conceito científico sobre ele”.

Vemos, assim, que a formação de tais conceitos tem importância não somente do ponto de vista da ciência (como uma apropriação dos elementos presentes na cultura letrada ou dos produtos de construções sociais e históricas humanas), mas também como auxílio ao desenvolvimento cognitivo do aluno, pois,

[...] se a apreensão de um conceito científico antecipa o caminho do desenvolvimento, isto é, transcorre em uma zona em que a criança ainda não tem amadurecidas as respectivas possibilidades, neste caso começamos a entender que a aprendizagem dos conceitos científicos pode efetivamente desempenhar um papel imenso e decisivo em todo o desenvolvimento intelectual da criança. (VIGOTSKI, 2009, p. 351 e 352)

Além disso, não devemos esquecer, como citado anteriormente, que, ainda que os conceitos científicos se formem no plano da consciência e da arbitrariedade, eles devem “descender” em direção à experiência cotidiana e à concretude (VIGOTSKI, 2009). Em outras palavras, os alunos devem ser capazes de realizar esse “movimento” em sua estrutura cognitiva, utilizando os conceitos científicos para explicar, com base na ciência, os fenômenos físicos do mundo que os cerca. Essa dinâmica pode auxiliar o estudante a atribuir um sentido pessoal ao conhecimento, pois é uma oportunidade para que ele

independente do nome que lhe é dado. Por exemplo, um mesmo conceito científico se chama *trabalho* em português e *work* em inglês.

perceba a relevância do conceito científico para sua vida cotidiana, o que pode facilitar o seu processo de aprendizagem.

Para Vigotski (2009), todo conceito é um ato real, específico e complexo de pensamento, que não pode ser apreendido por mera memorização. Para que ocorra a formação de um conceito, é necessário o desenvolvimento de várias funções mentais superiores, como a memória lógica, a atenção arbitrária, a abstração, a comparação e a discriminação. Ele argumenta que

[...] a formação de conceitos é um processo de caráter produtivo e não reprodutivo, que um conceito surge e se figura no curso de uma operação complexa voltada para a solução de algum problema, e que só a presença de condições externas e o estabelecimento mecânico de uma ligação entre a palavra e o objeto não são suficientes para a criação de um conceito. (VIGOTSKI, 2009, p. 156)

Interessa-nos, em especial, a formação de conceitos científicos, que são aqueles aprendidos de forma sistematizada no contexto escolar. De acordo com a lei geral vigotskiana do desenvolvimento do significado das palavras, a formação de conceitos científicos não termina, mas sim começa no momento em que o aprendiz tem o primeiro contato com um termo novo para ele ou com um significado diferente para uma palavra já conhecida.

No ensino de ciências, faz-se necessário também que os alunos compreendam as relações existentes entre os conceitos, os quais se associam por intermédio de leis e princípios, capazes de explicar, sob certas condições e dentro de limites de validade específicos, um dado comportamento de determinado fenômeno. Em especial, a Física, enquanto ciência que busca compreender a natureza, se estrutura como corpo de conhecimento valendo-se de argumentos empíricos e teóricos, muitas vezes explicitados por formulações matemáticas que tentam descrever o que ocorre em um dado fenômeno ou explicar as causas de sua ocorrência. Em todos os casos, os conceitos construídos auxiliam na compreensão do significado de tais relações e, consequentemente, no entendimento do fenômeno físico em estudo, que, por vezes, é bastante relacionado ao cotidiano dos alunos.

A título de exemplo, consideremos a primeira lei da Termodinâmica. Ela expressa o princípio geral da conservação da energia. Para tanto, os conceitos de calor, trabalho e energia interna se interrelacionam, por intermédio de uma equação matemática, a fim de

expressar as transformações de energia que podem ocorrer em um sistema termodinâmico. Também a equação fundamental da Calorimetria estabelece uma relação entre a quantidade de energia transferida a um corpo, na forma de calor, e a variação de temperatura que ele sofre, devido a essa energia. Vê-se, assim, que os conceitos de energia, calor e temperatura estão envolvidos na compreensão do fenômeno do aquecimento ou do resfriamento de um corpo.

Diante dos argumentos sobre a necessidade de aprendizagem tanto de conceitos como de leis, princípios e modelos descritivos, podemos perguntar: como promover tais aprendizagens durante as aulas de Física? Entendemos que o ensino por investigação pode contribuir para esse processo, conforme será evidenciado mais adiante neste texto, o que justifica também a escolha dessa perspectiva para nortear o trabalho do professor em sala de aula nesta pesquisa.

Na próxima subseção, argumentamos sobre a necessidade de que, para além dos conteúdos científicos, o ensino de Física seja pensado também como possibilidade de promover o desenvolvimento de habilidades por parte dos estudantes.

2.6.2 Desenvolvimento de habilidades

Existe um entendimento, defendido por grande parte da área de pesquisa em ensino de ciências e expresso nos textos de documentos oficiais sobre educação, tanto em nível nacional como internacional, de que, além de possibilitar a aprendizagem de conhecimento científico escolar, o ensino de ciências deve também contribuir para o desenvolvimento de habilidades e competências por parte dos estudantes (BRASIL, 2002; WU e HSIEB, 2006; DUARTE et al., 2006; ETKINA, KARELINA e RUIBAL-VILLASENOR, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010). Nas palavras de Etkina, Karelina e Ruibal-Villasenor (2008):

de acordo com informes recentes de educação em ciências e em engenharia, os estudantes têm que adquirir não somente compreensão conceitual e quantitativa dos princípios físicos, mas também habilidades do processo da ciência que são necessárias para construir modelos explicativos, pelo raciocínio com base em observações e dados, elaborar experimentos que testem hipóteses, resolver problemas abertos complexos e trabalhar em grupo com outras pessoas. [...] Assim, nós sugerimos que é possível usar o contexto da Física para ajudar os alunos a desenvolver habilidades que eles irão utilizar mais tarde em suas

vidas. (ETKINA, KARELINA e RUIBAL-VILLASENOR, 2008, p. 1, tradução nossa)

Mas o que se entende por *habilidades*?

De acordo com Maia e Justi (2008) e Valente (2002), não existe consenso na literatura da área de ensino de ciências sobre a diferenciação entre os termos *competência* e *habilidade*, nem sobre as relações existentes entre eles. Os próprios PCN+ Ensino Médio, na parte de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, apontam a dificuldade de se definir as duas palavras:

não há receita, nem definição única ou universal, para as competências, que são qualificações humanas amplas, múltiplas e que não se excluem entre si; ou para a relação e a distinção entre competências e habilidades. (BRASIL, 2002, p. 15)

Foge também ao escopo do presente trabalho analisar e problematizar as definições existentes para ambos os termos, tal como o fizeram Maia (2009), Valente (2002) e Primi et al. (2001). Temos a compreensão geral de que as habilidades estão relacionadas a um domínio da ordem do *saber como fazer*, caracterizando os processos de aprendizagem, pois é por intermédio do desenvolvimento delas que os alunos constroem conhecimentos. Já as competências são mais gerais, caracterizam-se por um processo de desenvolvimento mais longo e elaborado, pois se relacionam a uma formação mais global do indivíduo enquanto cidadão. Demandam, por vezes, o desenvolvimento de algumas habilidades, a fim de que possa ocorrer a formação das competências entendidas como necessárias para a vida em sociedade.

Assim, assumimos que utilizamos, nesta pesquisa, as concepções de competências e habilidades presentes em dois documentos oficiais brasileiros: o Documento Básico 2000 do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) (BRASIL, 1999) e as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+ Ensino Médio), na parte de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (BRASIL, 2002). De acordo com o primeiro documento, as “competências são as modalidades estruturais da inteligência [...] As habilidades decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do ‘saber fazer’ ” (BRASIL, 1999, p. 5). Complementando a definição acima, os PCN+ Ensino Médio, na parte de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, apresentam que se pode, “[...] de forma geral, conceber cada

competência como um feixe ou uma articulação coerente de habilidades” (BRASIL, 2002, p. 15).

Consideramos as competências como modalidades estruturais da inteligência, ou seja, como algo cujo desenvolvimento demanda maior grau de subjetividade para ser avaliado. Por isso, neste trabalho, recorreremos às habilidades enquanto construtos que de alguma forma expressam elementos cuja essência, em nosso entendimento, está no plano interpessoal, permitindo ao indivíduo relacionar-se com as situações que lhe são colocadas.

No que se refere a habilidades gerais, que podem permear o ensino de várias disciplinas, a Portaria nº 318 do Ministério da Educação, de 22/02/2001, que dispõe sobre o ENEM, apresenta 21 habilidades que são avaliadas no exame, as quais entendemos que devem ser desenvolvidas pelos estudantes na escola. Identificamos que quatro delas (I, IV, IX e XIX) relacionam-se mais fortemente ao ensino de Física e aos objetivos das atividades investigativas utilizadas nesta tese para a aprendizagem inicial dos estudantes e para sua avaliação, quais sejam (BRASIL, 2001, p. 2):

I - Dada a descrição discursiva ou por ilustração de um experimento ou fenômeno, de natureza científica, tecnológica ou social, identificar variáveis relevantes e selecionar os instrumentos necessários para realização ou interpretação do mesmo.

IV - Dada uma situação-problema, apresentada em uma linguagem de determinada área de conhecimento, relacioná-la com sua formulação em outras linguagens ou vice-versa.

IX - Compreender o significado e a importância da água e de seu ciclo para a manutenção da vida, em sua relação com condições socioambientais, sabendo quantificar variações de temperatura e mudanças de fase em processos naturais e de intervenção humana.

XIX - Confrontar interpretações diversas de situações ou fatos de natureza histórico-geográfica, técnico-científica, artístico-cultural ou do cotidiano, comparando diferentes pontos de vista, identificando os pressupostos de cada interpretação e analisando a validade dos argumentos utilizados.

Já no que tange às habilidades especificamente científicas, Wu e Hsieh (2006) identificaram quatro habilidades desenvolvidas pelos estudantes no que se refere à construção de explicações durante uma atividade investigativa: *identificar relações causais, descrever o processo de raciocínio, usar dados como evidências e avaliar explicações*. Na pesquisa realizada por Etkina, Karelina e Ruibal-Villasenor (2008), encontramos as seguintes habilidades científicas, também no contexto do ensino por investigação, mas algumas delas com enfoque em atividades experimentais: *identificar hipóteses, avaliar hipóteses teóricas, avaliar os efeitos de hipóteses, representar ideias de múltiplas formas, fazer uma previsão com base em uma ideia em teste, avaliar incerteza experimental, distinguir entre hipótese e previsão*. Já Sadrolashrafi e Rafea (2012) desenvolveram uma taxionomia para as habilidades de investigação, que envolvem os domínios da *coleta de dados, da formação de conceitos, da pesquisa e validação, da resolução do problema, da comunicação científica e do pensamento crítico*.

Além das habilidades relativas à aprendizagem de ciências no contexto do ensino por investigação, elencadas acima, que são de caráter cognitivo, apontamos também para a necessidade de desenvolvimento da metacognição dos estudantes, conforme mencionado anteriormente neste texto. Maia (2009) apresenta as atividades de modelagem científica como uma possibilidade para que se desenvolvam o que denomina *habilidades metacognitivas* nos estudantes, porém indica que outras abordagens devem ser investigadas no que concerne à promoção dessas habilidades.

Assumindo as habilidades metacognitivas como importantes habilidades a serem desenvolvidas junto aos estudantes, reconhecemos a necessidade de estudos futuros que investiguem diferentes alternativas para promover o desenvolvimento dessas habilidades em outras atividades no contexto do ensino de Ciências, uma vez que não se deva considerar que esse desenvolvimento decorra exclusivamente da participação em atividades de modelagem. (MAIA, 2009, p. 194)

Entendemos que o ensino por investigação, perspectiva de ensino que norteia esta pesquisa, pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades (tanto cognitivas como metacognitivas) por parte dos alunos. Defendemos esta concepção porque, participando de uma atividade investigativa, os estudantes não só têm a oportunidade de se aproximar e se apropriar do conhecimento científico necessário para a explicação do fenômeno em estudo, mas, para que isso aconteça, é necessário que desenvolvam *formas* de participar

da atividade e de resolver o problema colocado (as quais podem ser específicas da ciência ou permear diferentes áreas do conhecimento, auxiliando-os não só no contexto escolar, mas também em sua vida cotidiana). Em outras palavras, para resolver um problema de caráter investigativo, é necessário que os aprendizes utilizem habilidades, que, acreditamos, podem ser desenvolvidas durante a realização das próprias atividades investigativas.

Além disso, considerando-se a aprendizagem ao longo do tempo, nossa expectativa é que o desenvolvimento de habilidades metacognitivas, por intermédio do ensino por investigação, permita ao estudante, em situações distintas das de aprendizagem inicial, (i) ter consciência do que sabe ou não; (ii) refletir sobre uma nova questão colocada; (iii) pensar em que elementos, dentre aquilo que ele sabe, podem ser úteis para resolvê-la; (iv) desenvolver formas de acesso àquilo que ele desconhece, mas que pensa ser relevante para o novo problema; (v) criar estratégias para resolvê-lo.

Sabemos que o processo de desenvolvimento de habilidades, como qualquer outro tipo de aprendizagem, não é imediato, necessitando de diferentes contextos e momentos de interação para ser construído. A esse respeito, Etkina, Karelina e Ruibal-Villasenor (2008, p. 1, tradução nossa) afirmam que “é muito importante documentar como atividades específicas ajudam os alunos a desenvolver as habilidades desejadas e ter resultados de pesquisas que mostrem quanto tempo leva para esses estudantes desenvolverem essas habilidades complexas”. Por isso, atentos a essa necessidade colocada, nossa pesquisa tem como foco tentar identificar algumas possíveis habilidades desenvolvidas pelos estudantes ao longo de seu processo de aprendizagem por intermédio do ensino por investigação.

Tendo apresentado alguns aspectos que consideramos serem necessários à aprendizagem de Física no contexto escolar, passamos a descrever, na seção seguinte, a abordagem de ensino que norteia este trabalho, entendendo que o ensinar e o aprender estão intrinsecamente ligados e que as relações entre eles nos auxiliam a ampliar nossa compreensão sobre o fenômeno educativo.

2.7 Ensino por investigação

Tendo apresentado os principais elementos que acreditamos serem necessários à compreensão do processo de aprendizagem escolar de Física ao longo do tempo, passamos a descrever agora a perspectiva que temos como base para nortear as atividades em sala de aula, por meio das quais acreditamos possibilitar a aprendizagem dos estudantes. Trata-se do *ensino por investigação*, conforme já anunciado anteriormente neste texto.

Realizamos uma breve revisão da literatura sobre essa perspectiva de ensino, apresentamos suas características e potencialidades e relacionamos o ensino por investigação à aprendizagem de ciência na escola. Para tanto, utilizamos as ideias vigotskianas sobre aprendizagem, conceitos espontâneos e científicos e formação de conceitos científicos.

As pesquisas em ensino apontam que os alunos aprendem mais sobre ciência e desenvolvem melhor seu conhecimento conceitual quando realizam investigações científicas, tanto no laboratório como com problemas de lápis e papel (HODSON, 1992).

Saraiva–Neves, Caballero e Moreira (2006) afirmam que atividades de natureza investigativa se relacionam com uma visão construtivista do ensino. Além disso, Borges (2002) afirma:

uma alternativa que temos defendido há mais de uma década, e mais recentemente temos investigado e utilizado com nossos alunos, consiste em estruturar as atividades de laboratório como investigações ou problemas práticos mais abertos, que os alunos devem resolver sem a direção imposta por um roteiro fortemente estruturado ou por instruções verbais do professor. (BORGES, 2002, p. 21)

Rodrigues e Borges (2008) mencionam que o ensino por investigação começou a ser pesquisado e debatido amplamente no Brasil somente após os Parâmetros Curriculares Nacionais (1998), o que faz com que essa abordagem ainda não esteja bem estabelecida em nosso país. Os autores citam Sá et al. (2007) para afirmarem que existem poucos artigos publicados sobre o tema.

Entretanto, Araújo e Abib (2003) analisaram os trabalhos sobre atividades experimentais publicados entre 1992 e 2001 na *Revista Brasileira de Ensino de Física*, na

Física na Escola e no *Caderno Catarinense de Ensino de Física* e constataram que 28,8% deles eram de verificação e que a porcentagem de artigos sobre atividades experimentais de demonstração e de investigação era a mesma (35,6%). Assim, ainda que as atividades de verificação e demonstração constituam mais de 60% dos trabalhos analisados e geralmente estejam inseridas numa abordagem mais tradicional do ensino, atividades experimentais de investigação começam a aparecer como propostas facilitadoras de aprendizagem com base em métodos dialógicos em que o aluno é sujeito de seu aprendizado.

Mais recentemente, Sá, Lima e Aguiar (2011) apontam também que já se pode perceber um interesse crescente pela temática do ensino por investigação entre pesquisadores e educadores da área de ciências, mesmo com um pequeno número de artigos publicados especificamente sobre o tema. Os mesmos autores afirmam que o termo *ensino por investigação* é polissêmico na literatura e identificam alguns consensos, entre os quais, que

a atividade investigativa é uma estratégia de ensino, entre outras, que o professor pode utilizar para diversificar sua prática no cotidiano escolar. Essa estratégia pode englobar quaisquer atividades (experimentais ou não), desde que elas sejam centradas no aluno, propiciando o desenvolvimento de sua autonomia e de sua capacidade de tomar decisões, avaliar e resolver problemas, ao se apropriar de conceitos e teorias das ciências da natureza. (SÁ, LIMA e AGUIAR, 2011, p. 99)

Ademais, ainda que afirmem que não existe um exemplo por excelência que dê conta de abranger todos os elementos envolvidos em uma atividade investigativa, Sá, Lima e Aguiar (2011) apontam algumas de suas características no ambiente escolar: construir um problema; aplicar e avaliar teorias científicas; propiciar a obtenção e a avaliação de evidências; valorizar o debate e argumentação; permitir múltiplas interpretações. Consideramos tais características e aquelas presentes em Azevedo (2004), como será visto a seguir, para elaborar as atividades de coleta de registros desta tese.

Ao participarem de uma atividade investigativa, os estudantes devem não somente observar fenômenos e manipular informações ou experimentos, mas também formular hipóteses, refletir e discutir em grupo, coletar dados, explicar os argumentos utilizados e relatar suas conclusões para a resolução do problema, ou seja, participar de etapas características de uma investigação científica (AZEVEDO, 2004). Em outras palavras,

por intermédio do ensino por investigação, os alunos podem aprender ciência e participar de processos que envolvem procedimentos análogos aos científicos, podendo aprender também sobre a natureza da ciência e sobre suas formas de construção.

Em uma atividade investigativa, é proposto inicialmente um problema aberto¹⁸, ou seja, uma pergunta é colocada de forma ampla e o mais próximo possível do cotidiano dos alunos, a fim de estimular sua curiosidade científica e motivá-los para a investigação. Os estudantes, então, começam a formular hipóteses para tentar resolvê-lo. Com base nas hipóteses e para testá-las, o professor pode sugerir, dependendo da atividade, a realização de um experimento, a análise de dados ou informações disponibilizados, a leitura de um texto, a exibição de um vídeo, o uso de uma simulação computacional, entre outras estratégias. Os estudantes se organizam em grupos e realizam alguma dessas atividades. Cada grupo analisa as informações coletadas, discute internamente e elabora uma resposta ao problema. Por fim, cada grupo apresenta para toda a turma sua proposta de resposta à questão e os grupos debatem entre si a fim de encontrarem coletivamente a melhor solução e os argumentos mais consistentes para justificá-la.

O debate (tanto a interação dentro dos grupos como entre toda a turma) e a realização da atividade em si são orientados e mediados pelo professor, que, mais do que um mero “fornecedor” de respostas prontas, deve propor questionamentos e reflexões, identificar inconsistências e estimular a participação de todos (PEREIRA e AGUIAR, 2006).

Pesquisas sobre como os alunos aprendem durante atividades investigativas, sejam elas experimentais ou não (LOCATELLI e CARVALHO, 2005; CAPECCHI e CARVALHO, 2006; LOCATELLI e CARVALHO, 2007; MAXIMO-PEREIRA, SOARES e ANDRADE, 2011), e propostas de tais atividades (CARVALHO, 1999; BOSS et al., 2009; MAXIMO-PEREIRA, 2010; BELMONT, MAXIMO-PEREIRA e LEMOS, 2012) estão cada vez mais presentes na literatura recente na área de ensino de ciências no Brasil. Esses estudos apontam o ensino por investigação como uma abordagem que pode possibilitar a aprendizagem *de* ciência e *sobre* ciência, a realização de trabalho colaborativo e o desenvolvimento do poder de argumentação dos estudantes.

¹⁸ De acordo com Jiménez-Aleixandre *et al.* (2003, p. 249), um problema aberto “[...] nem sempre significa uma variedade de soluções, mas ter que decidir (e justificar) cada passo dado para resolver o problema”.

De acordo com Sandoval (2005), o termo investigação:

[...] geralmente se refere ao processo de fazer perguntas, gerar e buscar estratégias para investigar essas questões por intermédio da geração de dados, análise e interpretação dos mesmos e a partir deles tirar conclusões, comunicando-as e aplicando-as de volta à questão original e talvez a novas questões que surjam. [...] De uma perspectiva epistemológica, investigação é simplesmente o processo de fazer ciência. De uma perspectiva instrucional, investigação é uma forma de organizar as atividades em sala de aula. (SANDOVAL, 2005, p. 636, tradução nossa)

Assim, o ensino por investigação difere da investigação na ciência porque o primeiro é uma forma de organizar as atividades de aprendizagem e de avaliação com o objetivo de promover a aprendizagem *de* ciência e *sobre* ciência.

Em uma perspectiva epistemológica, de acordo com Bachelard (2001, p. 166) “[...] todo conhecimento é resposta a uma questão”. Tendo claras as aproximações e os distanciamentos entre a construção do conhecimento científico escolar e a produção de ciência pelos cientistas, o trabalho investigativo deve partir de um problema aberto que faça sentido para o aluno e possibilite a construção de um novo conhecimento.

Do ponto de vista da aprendizagem, Vigotski (2009) nos aponta que o *problema* é um elemento central para a construção do conhecimento. Ele sinaliza que “a memorização de palavras e a sua associação com os objetos não leva, por si só, à formação de conceitos; para que o processo se inicie, deve surgir um problema que só possa ser resolvido pela formação de novos conceitos” (VIGOTSKI, 2009, p. 157). A noção de problema na obra de Vigotski, de acordo com Gehlen e Delizoicov (2012),

está vinculada ao processo de humanização e, numa dimensão epistemológica, está relacionada com o objeto de conhecimento. Isto é, o problema assume um papel na gênese da criação e apropriação de signos, assim como é o mediador nas relações entre sujeito e objeto de conhecimento. (GEHLEN e DELIZOICOV, 2012, p. 59)

Tal noção de problema vai ao encontro da perspectiva bachelardiana sobre o processo de construção da ciência, de acordo com a qual o problema “é a gênese da produção de novos conceitos científicos, bem como da disseminação desses conceitos” (GEHLEN e DELIZOICOV, 2013, p. 47). Assim, o problema passa a englobar não apenas o aspecto conceitual, mas também uma dimensão epistemológica, que coloca em

evidência a importância do problema na produção do conhecimento e em sua apropriação.

No entanto, Vigotski não especificou em seus estudos que características o problema deve ter para ser utilizado em contextos de ensino e aprendizagem. De acordo com Gehlen e Delizoicov (2013),

[...] Vygotsky¹⁹ não apresenta os critérios de seleção de problemas, apenas os produtos do seu enfrentamento, isso é, a conceituação científica, dado o papel que ela desempenha no desenvolvimento cognitivo. Assim, Vygotsky não esclarece a maneira pela qual esses problemas podem ser eleitos e nem como eles devem ser abordados, como mediadores, no contexto pedagógico. (GEHLEN e DELIZOICOV, 2013, p. 47)

Diante dessa indefinição, como as atividades investigativas partem de um problema aberto que faça sentido para os alunos, conforme afirmado anteriormente, consideramos, nesta tese, que tal problema pode realizar a mediação inicial entre o objeto do conhecimento e o sujeito (GEHLEN e DELIZOICOV, 2012). Assim, entendemos que o ensino por investigação apresenta características que podem contribuir para o processo de formação de conceitos científicos e para que os alunos se aproximem de formas de produção de conhecimento que caracterizam processos de construção da ciência.

Somente quando o aluno é colocado diante de uma situação problemática que necessite de um dado conceito para ser compreendida e/ou resolvida é que tem início a formação desse conceito. De acordo com Chamizo e Izquierdo (2005), os conceitos científicos surgem de situações problemáticas e, portanto, necessitam de um contexto real no qual possam ser aplicados e por intermédio do qual seja possível atribuir sentido a eles. Quanto ao ensino de conceitos científicos no âmbito escolar, Vigotski (2009) afirma que:

a experiência pedagógica nos ensina que o ensino direto de conceitos sempre se mostra impossível e pedagogicamente estéril. O professor que envereda por esse caminho costuma não conseguir senão uma assimilação vazia de palavras, um verbalismo puro e simples, que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos na criança, mas, na prática, esconde o vazio. Em tais casos, a criança não assimila o conceito, mas a palavra, capta mais de memória que de pensamento e sente-se impotente diante de qualquer tentativa de emprego consciente do conhecimento assimilado. No fundo, esse método de ensino de conceitos é a falha principal do rejeitado método puramente escolástico de ensino, que substitui a apreensão do conhecimento vivo pela apreensão de esquemas verbais mortos e vazios. (VIGOTSKI, 2009, p. 247)

¹⁹ Optamos por manter a escrita do nome do autor conforme consta no trabalho original citado.

Por isso, entendemos que, participando de uma atividade investigativa, os estudantes podem entrar em contato com um conceito científico não de forma descontextualizada e meramente verbalística, mas em um contexto que demande deles a necessidade de formação e utilização desse conceito.

Em especial, as atividades utilizadas neste trabalho (MAXIMO-PEREIRA, 2010), que versam sobre os conceitos de calor e temperatura e sobre fenômenos térmicos, foram elaboradas considerando-se a necessidade da formação de conceitos científicos para palavras (*calor, temperatura, energia, trabalho*, entre outras) que são usadas em nosso dia a dia com significado distinto e para as quais são atribuídos diferentes sentidos.

Além disso, o ensino por investigação pressupõe o trabalho coletivo, a discussão e o intercâmbio de significados entre os alunos e deles com o professor, o que concorda com a ideia vigostkiana de que “o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros” (VIGOTSKI, 2007, p. 103).

Nessa perspectiva de ensino, conforme já mencionado anteriormente neste texto, o papel do professor é provocar questões, mediar a discussão, apontar inconsistências, colocar questionamentos, indicar caminhos para a construção coletiva do conhecimento, possibilitar a participação de todos. Nos termos de Vigotski, o docente realiza as mediações necessárias para promover a aprendizagem, atuando como parceiro mais capaz (VIGOTSKI, 2007).

As interações sociais, enquanto veículos de comunicação do plano interpessoal para o intrapessoal, são também uma característica marcante do ensino por investigação, pois ele deve propiciar aos estudantes momentos para argumentar em favor de uma ideia, identificar pontos positivos e negativos de uma afirmação, avaliar a validade de argumentos utilizados. Tais procedimentos são essenciais para avançar, com o auxílio do professor e dos demais colegas, na busca de uma explicação com base na ciência para a resolução do problema proposto.

2.8 Síntese

Ao longo das seções anteriores da *Fundamentação Teórica*, apresentamos a concepção de aprendizagem que defendemos e elencamos os elementos que consideramos relevantes para a compreensão da aprendizagem de Física ao longo do tempo. Explicitamos também o que entendemos que deve ser aprendido pelos alunos nas aulas de Física do Ensino Médio e apresentamos como a perspectiva do ensino por investigação se insere neste trabalho, articulando-a à aprendizagem de ciências.

Temos clara a complexidade de nosso fenômeno de investigação e de sua amplitude e abrangência. Por isso, sentimos a necessidade de recorrer a diferentes elementos teóricos, coerentemente relacionáveis (em nosso ponto de vista) para um panorama geral do que pretendemos estudar.

Nosso objetivo nesta seção é fortalecer a articulação das ideias até então expostas, na tentativa de construir um corpo de conhecimento teórico, coeso e coerente, cujas interrelações sejam explicitadas ao leitor e evidenciadas por argumentos que nos permitam defender a necessidade dos elementos elencados para a compreensão do fenômeno educativo que queremos investigar.

Para estudarmos a aprendizagem de Física ao longo do tempo via ensino por investigação, pensamos serem necessários, de forma geral, os seguintes elementos: memória, interação social, cognição, afetividade e metacognição.

Quando nos referimos a um processo de aprendizagem que ocorre ao longo de um tempo mais ou menos longo, a presença da memória nos parece essencial. Para Vigotski, a memória lógica é uma função psicológica superior, desenvolvida pelo indivíduo por intermédio da aprendizagem. Em outras palavras, os alunos aprendem a fazer memória de fatos, situações, conceitos, etc. na escola e em outros ambientes de interação social. Isso lhes permitirá ou não aprender determinado conteúdo ou desenvolver determinada habilidade. Mas o que lhes permite fazer memória? São as interações sociais que possibilitam ao indivíduo acessar o mundo e reconstruí-lo internamente.

A escola, assim como outros contextos de convívio social, é mais um exemplo de espaço em que os indivíduos interagem entre si de modo eminentemente discursivo e com

os elementos da cultura (da disciplina estudada e da própria instituição escolar) também de forma mediada. Assim, investigar as interações entre os estudantes e deles com o professor é algo que permite algum tipo de aproximação com a relação fundamental estabelecida por Vigotski (2009) entre pensamento e linguagem, na busca pela compreensão de como os sujeitos estruturam seu pensamento, estabelecem relações e se apropriam daquilo que é difundido em sala de aula.

No caso do processo de ensino e aprendizagem, os conhecimentos construídos e as habilidades desenvolvidas coletivamente, via interação social, são ou não incorporados à estrutura afetivo-cognitiva do indivíduo dependendo do sentido que lhes for atribuído por ele e de que quão profícuas forem as interações sociais. Mas que tipo de interação social possibilita a aprendizagem?

Consideramos que somente aquelas que afetam positivamente o indivíduo contribuem para isso. Logo, a afetividade é um elemento igualmente importante, pois concordamos também com Vigotski em que o indivíduo não é só cognição, mas é também afeto. No caso da sala de aula, devemos lembrar que o estudante não é simplesmente uma máquina de “absorver” conteúdos, assistir a aulas e fazer provas, mas sim um sujeito com um “estar no mundo” da família, dos amigos e também da escola. Assim, variáveis de todos esses âmbitos certamente influenciam os processos de ensino e aprendizagem em sala de aula.

Além disso, ao investigar se os alunos conseguem retomar conhecimentos ao longo do tempo, devemos considerar que, para tal, eles devem reconhecer se sabem ou não determinado assunto, se lembram ou não determinada explicação, se conseguem ou não utilizar, com mais ou menos dificuldade, o que lhes foi ensinado. Assim, a metacognição nos parece igualmente importante. Elaborada com base nos estudos sobre memória, a cognição voltando-se para a própria cognição auxilia os estudantes em suas aprendizagens e pode nos indicar pistas interessantes para ampliarmos nossa compreensão sobre esse processo ao longo do tempo.

Na tentativa de estabelecer relações entre as dimensões cognitiva, afetiva e metacognitiva e reafirmar a importância delas para a pesquisa em ensino de ciências, concordamos com Chacón (2003, p. 13), quando afirma que

no âmbito do ensino, reconhece-se a grande influência que as variáveis afetivas exercem na construção do conhecimento dos estudantes. No entanto, na

pesquisa escolar, a aprendizagem foi medida pelas conquistas acadêmicas nos aspectos cognitivos. Mesmo reconhecendo que os resultados afetivos, procedentes da metacognição e da dimensão afetiva do indivíduo, determinam a qualidade da aprendizagem, esses estudos não foram incorporados até a, relativamente, pouco tempo.

Por fim, defendemos que o ensino e a aprendizagem são processos intrinsecamente relacionados, de modo que a compreensão de um deles sem o outro nos fornece apenas uma visão parcial e incompleta do processo como um todo. Entendemos que a aprendizagem de conceitos, modelos, leis e princípios físicos e o desenvolvimento de habilidades constituem os objetivos centrais do ensino de Física no Ensino Médio. Para a consecução de tais objetivos, devemos considerar a perspectiva de ensino utilizada (que influencia as práticas pedagógicas), o tipo de interação que se estabelece entre os alunos e deles com o professor, o desenvolvimento das atividades e os resultados da aprendizagem ao longo do tempo.

Por isso, apresentamos o ensino por investigação, perspectiva por nós escolhida, em consonância com os outros elementos de nossa *Fundamentação Teórica* e com os resultados da pesquisa em ensino de ciências. A literatura dessa área nos aponta as potencialidades do ensino por investigação, tanto para a aprendizagem de conceitos, modelos, princípios e leis como para o desenvolvimento de habilidades.

Na tentativa de esquematizar as relações que fazemos entre os elementos teóricos considerados, apresentamos a Figura 1.

Figura 1. Síntese geral da Fundamentação Teórica.

Consideramos que o fenômeno da aprendizagem escolar, o qual nos dedicamos a estudar, tem sentido somente no contexto (social, histórico e cultural) em que se dá. Por isso, o *Contexto* foi representado graficamente pelo retângulo maior, que engloba todos os elementos constituintes do esquema.

A perspectiva do *Ensino por Investigação* permeia o processo de aprendizagem como um todo, por isso, foi graficamente representado por um retângulo intermediário. Ele é um “pano de fundo” dinâmico, que influencia os processos de aprendizagem e se relaciona fortemente a eles.

Entendemos que a *Aprendizagem* de Física ao longo do tempo, na perspectiva do ensino por investigação, deve envolver *Conceitos*, *Habilidades*, *Modelos, princípios e leis da Física*. Os cinco elementos teóricos de base considerados (*Memória*, *Interação social*, *Cognição*, *Afetividade* e *Metacognição*) foram colocados nos vértices de um pentágono em que a *Aprendizagem* é o elemento central. Como entendemos que tais

elementos estão relacionados, eles estão interligados uns aos outros pelos lados e diagonais do pentágono.

Tendo estabelecido o que consideramos que seja uma fundamentação teórica adequada à compreensão do fenômeno que temos por objetivo estudar neste trabalho, passamos a nos dedicar, no capítulo seguinte, ao modo como a pesquisa é entendida e foi realizada nesta tese, ou seja, à nossa metodologia de investigação.

3. METODOLOGIA

“Caminante, no hay camino, se hace camino al andar”. (Antonio Machado, poeta espanhol)

Neste capítulo, apresentamos as questões metodológicas relativas à pesquisa desenvolvida nesta tese. Utilizamos o trabalho de Martins (2007) como contribuição para o entendimento (1) da natureza da pesquisa que desenvolvemos; (2) das implicações metodológicas e analíticas desse entendimento; (3) de nossa inserção no campo de observação.

Compartilhamos com essa autora a ideia de que toda investigação é uma interação discursiva. De acordo com ela,

isto quer dizer que em todas as etapas de uma investigação é preciso considerar fatores tais como as condições sociais de produção – imediatas e remotas – das interações, tais como lugares sociais e posições enunciativas dos participantes, imagens que estes constroem a respeito de si mesmos e dos seus interlocutores, posicionamentos em relação aos temas em questão. (MARTINS, 2007, p. 299)

Em outras palavras, os distintos momentos que caracterizam a pesquisa (tais como apropriação da fundamentação teórica, trabalho de campo, observação dos participantes investigados, coleta de registros, análise de dados, escrita do texto, para citar somente alguns) constituem-se, nessa concepção, em interações discursivas, pois, ao interagir com todas essas etapas da pesquisa, o pesquisador a constitui, problematizando seu papel e a natureza dos dados e construindo seus resultados com base na fundamentação teórica adotada.

Uma primeira implicação dessa ideia para nossa pesquisa foi a necessidade de realizarmos um estudo piloto, que aparece no APÊNDICE E da tese. Além de ser mais um critério de rigor para a investigação principal da tese, o estudo piloto foi uma oportunidade de delinear nossos instrumentos de coleta de registros, realizarmos um exercício de construção de dados e algumas análises preliminares.

A concepção de pesquisa como interação discursiva também implica em que chamemos *registro*, e não *dado*, a tudo aquilo que foi coletado no trabalho de campo com vistas a fornecer elementos que nos auxiliem a responder nossas questões de pesquisa.

Gravações em áudio e vídeo, textos escritos, resolução de avaliações escritas, respostas a questionários, anotações em caderno de campo, todos esses materiais são considerados registros. Entendemos que eles nunca retratam fielmente uma realidade, muito menos de forma neutra e ausente de intencionalidade. Tampouco são os registros uma explicitação objetiva e inquestionável do que aprenderam ou não os alunos. Ao contrário, para Martins (2007, p. 299),

devemos caracterizá-los como reveladores de um olhar e portadores de uma intenção, e como uma etapa da construção dos dados. Os dados são, portanto, construídos na interação entre investigador e os cenários – teórico e empírico – da pesquisa e não existem de forma independente do observador nem podem ser objetivamente acessados e descritos.

Assim, em concordância com essa autora, consideramos o termo *dado* em nossa pesquisa como sendo o resultado de um processo de construção com base nos registros de observação. Por conseguinte, explicitaremos na *Análise de dados* os procedimentos de construção dos dados da pesquisa.

Uma terceira implicação da pesquisa como interação discursiva é a de que “[...] o contexto, a cultura e as interações entre investigador e sujeitos da observação devem ser problematizados em todas as fases da investigação” (MARTINS, 2007, p. 297). Sendo assim, apresentamos em nossa *Metodologia* as questões éticas que permeiam a investigação, o paradigma de pesquisa adotado e as características da investigação realizada. Além disso, posteriormente situamos o leitor no contexto característico do campo de pesquisa (tanto no que se refere à instituição de ensino e à turma observada como ao docente e às razões de escolha desse contexto), pois pensamos que tais elementos são importantes para a delimitação do estudo e para que se possa atribuir sentido aos dados e análises feitas com base neles.

Por fim, apresentamos também as atividades de coleta de registros aplicadas tanto no momento inicial de observação (*Atividades* de A a M de 2012) como na coleta final (*Atividades* de 1 a 10 de 2013), explicitando de que modo elas se relacionam a nossos pressupostos teóricos e a nossos objetivos de pesquisa.

3.1 Caracterização geral da pesquisa

No que se refere aos procedimentos que realizamos para a materialização da pesquisa principal da tese, levamos em conta os critérios éticos da investigação que tem como sujeitos pessoas em seus contextos sociais, históricos e culturais. Utilizamos como orientação para a condução do contato com o campo de investigação e para o desenvolvimento dos protocolos de pesquisa o documento *Padrões éticos na pesquisa em educação: primeiro documento*, elaborado pelo Comitê de Ética na Pesquisa da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo²⁰.

Realizamos contatos iniciais com o professor que seria o regente da disciplina de Física II, no ano letivo de 2012, em uma das turmas de curso Técnico Integrado ao Ensino Médio de uma instituição federal de ensino. Ele se propôs a participar da pesquisa, utilizando algumas atividades de ensino por investigação em suas aulas, e permitiu a realização da mesma com seus alunos. Em seguida, solicitamos, junto à instituição de ensino, autorização para a realização da pesquisa, mencionando a ciência e a concordância do docente, o período de realização da pesquisa, a turma a ser investigada, os objetivos gerais da investigação, o caráter participante da observação a ser realizada e os instrumentos de coleta a serem utilizados. Explicitamos, também, quais seriam os critérios éticos a serem adotados com os sujeitos de pesquisa, sobre os quais trataremos a seguir.

Juntamente com este documento, anexamos uma carta de apresentação, contendo informações relativas a nosso perfil profissional-acadêmico assim como formas de contato conosco para maiores esclarecimentos. Após a análise desses documentos, a instituição nos forneceu, em modelo elaborado por nós, um termo de concessão de autorização para a realização da pesquisa.

A investigação que apresentamos nesta tese contou com a participação de alunos e do professor da turma investigada. No caso de alunos menores de 18 anos, seus responsáveis nos forneceram termos de autorização para a utilização de falas e registros

²⁰ Disponível em http://www3.fe.usp.br/pgrad/PDF_SWF/Documento_Comite_de_Etica.pdf (acesso em 13 de setembro de 2012).

escritos e para uso de imagem em fotografia e filmagem. Alunos maiores de 18 anos e o professor assinaram seus próprios termos de autorização, cujo conteúdo era idêntico ao dos alunos menores de idade. Nos dois tipos de termos foi dada ciência aos participantes da realização de trabalhos de pesquisa com as informações por eles fornecidas.

Todos os documentos relativos aos critérios éticos da pesquisa que foram por nós mencionados encontram-se no Apêndice A do presente texto. Para garantir o anonimato dos sujeitos, os nomes dos alunos foram substituídos por Aluno 1, Aluno 2, etc.

Sobre a concepção de ciência que temos e que norteou nossa investigação, entendemos que o conhecimento científico se constrói por intermédio do trabalho do homem enquanto sujeito social, em um dado momento histórico e em uma dada cultura. Uma metodologia de pesquisa bem estruturada e critérios de rigor são essenciais para que o conhecimento produzido pela pesquisa possa ser caracterizado como científico e reconhecido pela comunidade de cientistas enquanto tal.

Entendemos que a pesquisa em ensino de ciências engloba as ciências ditas “exatas” no que diz respeito ao conhecimento específico que será objeto de aprendizagem por parte dos estudantes (em nosso caso particular, tal conhecimento é a Física). A construção desse tipo de conhecimento científico possui seus critérios de validade²¹ e de fidedignidade²² e caracteriza-se por metodologias de pesquisa específicas, ainda com forte cunho positivista.

Todavia, os processos de ensino e aprendizagem de qualquer tipo de conhecimento são eminentemente humanos, já que envolvem pessoas, ou seja, seres que pensam, são conscientes, possuem sentimentos e utilizam a linguagem e os símbolos (MOREIRA e CALEFFE, 2008). Ademais, o ensinar e o aprender possuem também uma forte dimensão social, pois englobam sujeitos em interação uns com os outros em um dado contexto, abarcando uma multiplicidade de variáveis fortemente correlacionadas, as quais, dificilmente, conseguem ser isoladas ou, muito menos, controladas. Tal caracterização ampla do fenômeno educativo demanda, por conseguinte, metodologias de pesquisa, critérios de rigor e limites de validade específicos das áreas das ciências humanas e sociais.

²¹ Segundo Carvalho (2006, p. 28), “a validade diz respeito ao planejamento geral do experimento”.

²² “A fidedignidade relaciona-se à precisão de nossas medidas (um termômetro deve marcar sempre o mesmo valor para uma mesma temperatura de um objeto)” (CARVALHO, 2006, p. 28).

Com base nessas considerações e levando em conta o fenômeno que queremos estudar e os objetivos de nossa investigação, realizamos uma pesquisa interpretativa, que, para Costa e Costa (2011, p. 36), “é a pesquisa que busca esclarecer que fatores contribuem de alguma forma para a ocorrência de um fenômeno”. Isso significa que a pesquisa interpretativa permite que sejam feitas inferências sobre fatores que, relacionados, podem auxiliar na compreensão do fenômeno estudado em um dado contexto. No entanto, o fenômeno e o contexto estão, muitas vezes, tão intrinsecamente imbricados que este último nunca é totalmente previsto ou controlado pelo pesquisador, mas deve ser bem descrito e caracterizado, a fim de que as análises feitas sejam rigorosas e tenham validade.

Tal escolha se justifica também porque nossas perguntas de pesquisa objetivam uma explicação interpretativa do que investigamos. Além disso, queremos contribuir para ampliar a compreensão que se tem sobre o fenômeno da aprendizagem de Física, ao longo do tempo, na situação específica caracterizada pela perspectiva do ensino por investigação, com alunos de Ensino Médio. Para tanto, isso nos leva, inevitavelmente, a interpretar, com base nos dados, aquilo que consideramos como tendo sido aprendido por eles em momentos posteriores aos da aprendizagem inicial. Sempre que possível, tentamos também estabelecer algumas relações entre diferentes momentos do processo de ensino e aprendizagem e aquilo que os alunos conseguem retomar durante a realização de novas atividades, o que também caracteriza nossa pesquisa como interpretativa.

Assim, no que tange à abordagem de pesquisa, utilizamos, nesta tese, a abordagem qualitativa (LÜDKE e ANDRÉ, 1986). Essa opção se deve, inicialmente, a nosso entendimento de que, em termos de paradigma de investigação, a realidade sobre a qual queremos pesquisar não possui existência objetiva, ou seja, ela é sempre socialmente construída. Ademais, entendemos também que o fenômeno educacional, como qualquer fenômeno sócio-histórico-cultural, não é dado *a priori*, pois o que é investigado relaciona-se ao próprio processo de investigação.

A escolha da abordagem qualitativa também se justifica porque temos interesse tanto no processo de aprendizagem dos estudantes como nos produtos desse aprendizado. Além disso, entendemos que nossa investigação é consoante com os aspectos de uma pesquisa qualitativa tal como definem Moreira e Caleffe (2008, p. 73), na medida em que

ela “explora as características dos indivíduos e cenários que não podem ser facilmente descritos numericamente. O dado é frequentemente verbal e é coletado pela observação, descrição e gravação”. Também consideramos que “[...] são muito utilizadas as anotações de campo e transcrições de conversações” (MOREIRA e CALEFFE, 2008, p. 61).

No que concerne a como se materializa a pesquisa qualitativa em nossa investigação, realizamos um estudo de caso, que, para Ludke e André (1986),

é o estudo de *um* caso, seja ele simples e específico [...] O caso é sempre bem delimitado, devendo ter seus contornos claramente definidos no desenrolar do estudo. O caso pode ser similar a outros, mas é ao mesmo tempo distinto, pois tem um interesse próprio, singular. (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p. 17)

Outra característica de nossa pesquisa que a enquadra em uma abordagem qualitativa é sua natureza não-generalizável, porém com resultados que podem ser transferidos, ou seja, aplicados em outros contextos (COSTA e COSTA, 2011). No que se refere ao fato de pesquisas qualitativas e, em especial, estudos de caso fornecerem pouca base para uma generalização científica, concordamos com Yin (2001), quando afirma que

os estudos de caso, da mesma forma que os estudos experimentais, são generalizáveis a proposições teóricas, e não a populações ou universos. Nesse sentido, o estudo de caso, como o experimento, não representa uma “amostragem”, e o objetivo do pesquisador é expandir e generalizar teorias (generalização analítica) e não enumerar frequências (generalização estatística). (YIN, 2001, p. 29)

O estudo de caso que realizamos também pode ser compreendido enquanto tal considerando-se a definição proposta por Yin (2001, p. 32), de acordo com quem “o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

Quanto às características desta pesquisa que tornam possível considerá-la um estudo de caso (LUDKE e ANDRÉ, 1986; YIN, 2001), destacamos a *ênfase na interpretação em contexto*, que pretendemos realizar na análise de dados, e a *busca por retratar a realidade de forma completa e aprofundada*, por conta da duração da observação participante realizada, que será descrita mais adiante neste texto. Além disso, a *existência de uma ampla gama de fontes de informações* e a *tentativa de utilizar a fundamentação teórica que escolhemos como estrutura básica por intermédio da qual podemos identificar novos aspectos ainda não contemplados* na literatura são também

outros dois aspectos considerados por Ludke e André (1986) como sendo característicos de um estudo de caso. De acordo com Yin (2001),

em geral, os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. (YIN, 2001, p. 19)

Como entendemos que nossa investigação também apresenta tais características, uma vez mais justificamos a escolha do estudo de caso para o desenvolvimento de nossa pesquisa.

O caso a que nos dedicamos diz respeito à aprendizagem de aspectos relativos à Física Térmica por estudantes de Ensino Médio que tiveram contato, ao longo de um semestre letivo, com a perspectiva do ensino por investigação durante a realização das atividades de aprendizagem sobre esse tema. Acreditamos que um dos elementos que marcam a singularidade do caso que nos dedicamos a estudar é o acompanhamento do processo de aprendizagem dos estudantes ao longo do tempo, com coletas de registros de variadas formas e em diferentes momentos, em especial, um ano após a aprendizagem por intermédio das atividades investigativas. Além disso, a utilização das atividades de aprendizagem elaboradas por nós previamente (MAXIMO-PEREIRA, 2010) é mais uma característica que especifica o caso em estudo, já que tais atividades ainda não foram utilizadas, de forma conjunta e articulada, em uma pesquisa ampla sobre a aprendizagem dos estudantes por intermédio delas. As características do contexto (alunos, docentes, instituição de ensino e sua estrutura e organização), descritas na próxima seção deste texto, também conferem singularidade ao caso estudado.

Por tudo isso, concordamos com Ludke e André (1986) quando afirmam que o interesse do estudo de caso

[...] incide naquilo que ele tem de único, de particular, mesmo que posteriormente venham a ficar evidentes certas semelhanças com outros casos e situações. Quando queremos estudar algo singular, que tenha um valor em si mesmo, devemos escolher o estudo de caso. (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p. 17)

No que se refere à postura do pesquisador e aos procedimentos metodológicos por ele utilizados, compartilhamos com Martins (2007, p. 307) a ideia de que, “se consideramos a pesquisa como uma interação discursiva, desde os estágios iniciais de

coleta de informações até os resultados finais, então o papel do investigador terá de ser problematizado e analisado”.

Concordamos com Ludke e André (1986, p. 5) em que o pesquisador nunca se situa “em uma posição de neutralidade científica, pois está implicado necessariamente nos fenômenos que conhece e nas consequências desse conhecimento que ajudou a estabelecer”. Entendemos, em consonância com o paradigma subjacente à abordagem qualitativa, que o pesquisador nunca é neutro, pois a sua observação é sempre (e necessariamente) permeada pela estrutura conceitual de que dispõe, por sua experiência acadêmico-profissional e pelo conjunto das interações pelas quais passou ao longo de sua vida. Além disso, sem conhecimentos teóricos subjacentes, qualquer observação é esvaziada de objetivo e de sentido.

Um paradigma de pesquisa com orientação positivista, que defende que investigar não afeta o que está sendo investigado e que pressupõe a neutralidade do pesquisador, considera que a validade de uma pesquisa como a que realizamos está comprometida. Contudo, considerando que o planejamento da pesquisa influencia em sua validade (conforme afirmado por Carvalho (2006) e citado anteriormente neste texto), devemos planejar a investigação de forma a considerar o pesquisador (com seus interesses e sua fundamentação teórica subjacente) como mais um elemento que a constitui.

Acreditamos, também, que a credibilidade da pesquisa qualitativa que realizamos, mesmo considerando a subjetividade do pesquisador, reside no fato de que reconhecemos as possibilidades e limitações desse tipo de abordagem e que utilizamos critérios para controlar o caráter subjetivo da pesquisa. A esse respeito, concordamos com as ideias defendidas por Ludke e André (1986):

uma postura mais equilibrada parecer ser a daqueles que, reconhecendo a impossibilidade de separar os valores pessoais do processo de pesquisa, sugerem alguns cuidados especiais no sentido de controlar o efeito da subjetividade. Uma das formas de controle é a revelação, pelo pesquisador, de seus preconceitos, valores, pressupostos, de modo que as pessoas possam julgar o seu peso relativo no desenvolvimento do estudo. Na medida do possível, o pesquisador deve revelar ao leitor em que medida ele foi afetado pelo estudo, explicitando as mudanças porventura havidas nos seus pressupostos, valores e julgamentos. É importante que ele deixe claro os critérios utilizados para selecionar certo tipo de dados, e não outros, para observar certas situações, e não outras, e para entrevistar certas pessoas, e não outras. (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p. 51)

Por isso, iremos explicitar, sempre que julgarmos pertinente e relevante, nossos critérios de escolha de sujeitos investigados, de momentos de sala de aula descritos e de dados analisados.

Para Costa e Costa (2011, p. 39), o pesquisador orientado por uma abordagem qualitativa é um “interpretador da realidade, imerso no contexto”. Compartilhamos dessa concepção e entendemos que ele deve estar imerso no fenômeno de interesse, mantendo-se sempre atento para observar, ouvir e anotar tudo aquilo que considerar relevante para o estudo, interpretando o que registra de acordo com os conhecimentos teóricos que possui e com as ferramentas analíticas de que dispõe. Portanto, o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação investigada, por intermédio do trabalho de campo, é mais uma característica de nossa pesquisa que é compatível com a pesquisa qualitativa (LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

No que se refere ao tipo de observação realizada, optamos pela observação participante em uma turma de 2º ano do Ensino Médio e Técnico Integrado durante as aulas regulares de Física. Segundo Moreira e Caleffe (2008, p. 201), “a observação participante é uma técnica que possibilita ao pesquisador entrar no mundo social dos participantes do estudo com o objetivo de observar e tentar descobrir como é ser um membro desse mundo”.

Considerando uma concepção positivista de pesquisa, haveria preocupação com possíveis influências e alterações nos registros obtidos, por conta da presença da pesquisadora no curso das interações entre os alunos e deles com o docente. Entretanto, estamos de acordo com Martins (2007) quando afirma que

[...] a presença do pesquisador no cenário empírico não modifica este cenário, mas sim o constitui. Em outras palavras, o cenário empírico não é algo dado e externo, ele existe enquanto tal a partir da presença e do interesse do pesquisador. (MARTINS, 2007, p. 305-306)

Assim, nosso pressuposto de pesquisa enquanto um fenômeno eminentemente discursivo nos permite afirmar que “entre as condições de produção das interações discursivas registradas está a presença de uma pesquisadora que observa e participa das interações mesmo quando permanece calada” (MARTINS, 2007, p. 308). Tal consideração reafirma que a observação participante é adequada à concepção de pesquisa que adotamos nesta tese.

Durante o trabalho de campo realizado em sala de aula, atuamos como observadora participante, tendo a identidade revelada tanto aos estudantes como ao professor regente e aos demais profissionais e setores da escola desde o início da pesquisa. Adotamos essa postura em consonância com os critérios éticos desta pesquisa, mencionados anteriormente neste texto, e porque concordamos com Moreira e Caleffe (2008), quando afirmam que

alguns pesquisadores (Bogdan e Biklen, 1994²³; Hitchcock e Hughes, 1995²⁴; Patton, 1987²⁵) advogam que a melhor estratégia ainda é ser um observador revelado desde o início do trabalho de campo e argumentam que essa estratégia é, do ponto de vista moral e prático, a melhor maneira de realizar uma observação participante. (MOREIRA e CALEFFE, 2008, p. 202)

Quanto à duração da observação participante, a fim de acompanharmos de perto e de forma aprofundada os momentos que constituíram o processo de aprendizagem escolar dos estudantes, realizamos a observação dos alunos investigados, em 2012, durante as aulas ministradas ao longo de um semestre letivo. Retornamos em 2013, aproximadamente um ano após as primeiras observações, para acompanhar as atividades de retomada durante duas semanas. Tal procedimento também é coerente com nossa preocupação em dar validade ao estudo realizado, pois uma maior duração e frequência das observações nos permitem chegar a conclusões de forma mais embasada e a resultados mais consistentes. De acordo com Ludke e André (1986),

é evidente que um longo período de permanência em campo, como em geral ocorre nos estudos antropológicos e sociológicos, que se estendem por anos a fio, aumenta a possibilidade de inferências, interpretações e conclusões acuradas, pois há tempo para corrigir falsas interpretações, rever o rumo das inferências e reorientar os focos de atenção. A regra geral do bom senso parece ser esta: quanto maior o período de estada no campo, maior a probabilidade de resultados acurados, o que consubstanciará a validade das informações. (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p. 51)

No que se refere à coleta de registros do campo de investigação, o caráter processual, não linear e não imediato da aprendizagem demandaram que os registros fossem obtidos de variadas formas e em distintos momentos do processo de aprendizagem dos estudantes. Essa caracterização da forma de coleta de registros também

²³ BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 1994. 336 p.

²⁴ HITCHCOCK, G.; HUGHES, D. *Research and the Teacher*. 2. ed. London: Routledge, 1995. 370 p.

²⁵ PATTON, M. Q. *How to use qualitative methods in evaluation*. Newbury Park, CA: Sage, 1987. 176 p.

está relacionada à validade dos dados e à confiabilidade dos resultados obtidos, ainda que, Ludke e André (1986) afirmem que:

não existem critérios absolutos, neutros e não-arbitrários para determinar o que é válido e o que não é. O máximo que se pode exigir, tendo em vista os próprios pressupostos da pesquisa qualitativa, é que haja certo consenso, num determinado momento, sobre a veracidade daquilo que foi apreendido e relatado (Smith, 1984)²⁶. (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p. 52)

3.2 Contexto

Para que seja possível materializar a pesquisa que nos propusemos a desenvolver, atribuindo-lhe um sentido concreto, iremos contextualizá-la explicando as causas da escolha do *locus* de investigação, justificando-as no contexto de nossos objetivos de pesquisa e do fenômeno que queremos estudar. Apresentamos também as características de nosso campo de investigação, tanto no que se refere à instituição de ensino como ao professor e aos alunos da turma investigada.

A pesquisa de campo realizada ocorreu na Baixada Fluminense, em um dos *campi* de uma instituição federal de ensino, a qual foi criada em 1994. De acordo com o *Plano de Desenvolvimento Institucional* (PDI) 2009-2013 da instituição, sua missão é “promover a formação profissional e humana, por meio de uma educação inclusiva e de qualidade, contribuindo para o desenvolvimento do país nos campos educacional, científico, tecnológico, ambiental, econômico, social e cultural”. Sobre a concepção de sujeito e sociedade defendida pela instituição em seu *Projeto Pedagógico Institucional* (PPI), o documento afirma que ela

tem como proposta formar sujeitos contextualizados em seu tempo, críticos, participativos, justos e conscientes dos valores morais e éticos, que possam construir um caminho de dignidade e liberdade, capazes de uma atuação autônoma no mundo do trabalho, na política e nas relações sociais.

No que se refere ao Ensino Médio, ele se insere de forma integrada aos dois cursos técnicos oferecidos nesse *campus*: o curso Técnico em Química e o curso Técnico

²⁶ SMITH, J. The Problem of Criteria for Judging Interpretive Inquiry. *Educational Evaluation and Policy Analysis*. v. 6, n. 4, p. 379-391, 1984.

em Controle Ambiental. A modalidade de curso Técnico Integrado ao Ensino Médio é oferecida de forma semestral, com um total de oito semestres ou quatro anos. O acesso dos alunos ao curso Técnico Integrado ao Ensino Médio da instituição era feito por intermédio de prova de seleção.

A grade curricular dos cursos de Ensino Técnico Integrando ao Ensino Médio na instituição *locus* da pesquisa apresentava quatro disciplinas de Física, ao longo dos quatro primeiros períodos. As disciplinas Física I e Física II possuíam seis tempos (períodos) de aulas semanais, de 45 min cada. As disciplinas Física III e Física IV possuíam quatro tempos de aula semanais, também de 45 min cada.

É interessante notar que uma instituição federal de ensino tem objetivos educacionais mais amplos para o Ensino Médio do que as escolas comuns, pois a formação técnica é integrada ao ensino propedêutico. Ademais, a instituição prevê que os alunos se envolvam também em atividades de pesquisa e extensão, como afirma o próprio PPI da instituição *locus* da pesquisa:

[...] o ensino, a pesquisa e a extensão devem se constituir como uma tríade integrada e indissociável na formação de técnicos, tecnólogos, graduados e profissionais pós-graduados, voltados para o desenvolvimento científico, tecnológico e cultural do país e para a transformação da sociedade. Assim, é mister o envolvimento dos alunos em projetos de pesquisa e extensão, que enriquecem sua formação, dando-lhes vida e sentido.

Por conta do perfil da instituição e da formação técnica, além de frequentarem as aulas, alguns alunos da turma participavam, no contra turno, de projetos de pesquisa em outras instituições ou realizavam estágios em sua área de formação técnica em empresas. Os alunos também tinham o hábito de realizar atividades experimentais em laboratório, por conta das disciplinas de seus cursos técnicos e das disciplinas científicas do ensino propedêutico.

Alguns fatores nos motivaram a escolher esse *locus* de pesquisa. No que diz respeito à instituição de ensino, as atividades investigativas por nós elaboradas (MAXIMO-PEREIRA, 2010) já haviam sido aplicadas, em nosso estudo piloto, em outra instituição federal de ensino, também localizada na Baixada Fluminense, com alunos de Ensino Médio e Técnico de perfil sócio-econômico e com ingresso na instituição semelhantes aos da instituição *locus* da pesquisa. Como obtivemos bons resultados em relação à aprendizagem dos estudantes com essa experiência, conforme pudemos

verificar em algumas pesquisas previamente realizadas (MAXIMO-PEREIRA e SOARES, 2010; MAXIMO-PEREIRA, SOARES e ANDRADE, 2011), isso também contribuiu positivamente para a escolha da instituição.

Como objetivamos investigar a aprendizagem desencadeada por atividades investigativas sobre Física Térmica, acompanhamos uma turma de 30 alunos de ambos os cursos técnicos durante as aulas da disciplina Física II, que versava sobre conteúdos relativos à Hidrostática e à Física Térmica. Realizamos novas coletas finais nas primeiras aulas da mesma turma, agora na disciplina Física IV, aproximadamente um ano depois das coletas iniciais. Nesse segundo momento, havia 41 alunos, sendo que 22 deles eram os mesmos inicialmente observados. Todos eram alunos do Curso Técnico em Química.

Os conteúdos ministrados, na disciplina Física II, para a turma investigada foram os que se seguem: pressão; empuxo; teorema de Arquimedes; princípio de Pascal; temperatura; lei zero da termodinâmica; dilatação; calor; equação fundamental da calorimetria; calor sensível; calor latente; mudanças de fase; formas de propagação de calor; condutores e isolantes térmicos; trabalho; primeira lei da termodinâmica; equação de Clayperon; lei dos gases ideais; entropia; segunda lei da termodinâmica; máquinas térmicas; rendimento; fontes de energia.

Sobre o perfil do docente da turma investigada, ele licenciou-se em Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 2007, e concluiu o Mestrado Profissional em Ensino de Física pela mesma instituição, em 2010. Em sua dissertação, baseou-se na abordagem do ensino por investigação para a proposta didática que desenvolveu e implementou. Tem experiência como professor de Física de Ensino Médio em escolas das redes pública e privada.

Seu cargo na instituição da turma investigada é o de professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico, com jornada de 40 horas semanais, tendo ingressado na instituição no ano de 2010. Ministrava, à época da observação participante, disciplinas de Física do Ensino Médio e dos cursos de licenciatura em Física e em Química. Ele também era professor efetivo de Física da rede estadual de educação do Rio de Janeiro e da rede privada de ensino.

Como o docente, em sua dissertação de Mestrado, desenvolveu e aplicou em sala de aula atividades investigativas com alunos de Ensino Médio, pensamos que ele possuía

o perfil adequado para ser o docente da turma investigada. Nossa expectativa era que o professor já conhecesse a proposta do ensino por investigação e soubesse de que forma ele deveria atuar para fomentá-la em sala de aula.

Assim, o perfil profissional e acadêmico do docente e nossas impressões sobre ele foram os principais fatores que nos levaram à escolha do contexto de pesquisa. Entramos em contato com o professor, no final do ano de 2011, sobre a possibilidade de realização desta investigação em sua sala de aula. Ele prontamente se colocou à disposição para colaborar no sentido de utilizar algumas de nossas atividades investigativas com seus alunos, discutir conosco sobre sua aplicação e de nos deixar fazer observações e coletar registros.

Para tanto, solicitou à coordenação de Física da instituição que ministrasse aulas para uma turma de Física II no primeiro semestre de 2012 e as aulas da disciplina Física IV, no primeiro semestre de 2013, para a mesma turma, no que foi atendido. Esse comprometimento do docente e a disponibilidade da instituição no que se refere à escolha das turmas foram também fatores estruturais essenciais para que nossa pesquisa pudesse ser realizada.

Suas práticas usuais em sala de aula se caracterizavam pela busca de diálogo com os alunos, pelo fomento à discussão sobre questões relativas à Física e pelo estímulo à participação dos estudantes. O docente também usualmente apresentava exemplos em que eram utilizadas aplicações da Física no cotidiano e chamava a atenção dos alunos para as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

3.3 Características da coleta de registros

Os registros foram coletados em dois momentos. Inicialmente, foi realizada uma observação participante ao longo de um semestre letivo. Ela iniciou-se no primeiro dia de aula de Física II, em 19 de março e foi até 04 de junho de 2012, pois a instituição entrou em greve²⁷ a partir de 13 de junho. O reinício das aulas do 1º semestre ocorreu em 10 de

²⁷ No ano de 2012, houve uma greve nacional da rede federal de ensino, envolvendo professores, técnicos administrativos em educação e alunos.

setembro. Acompanhamos a turma até o final do semestre letivo, ocorrido em 08 de outubro.

Realizamos nova coleta de registros, com observação participante, na 2ª e 3ª semanas de aula do 1º semestre letivo de 2013 (dias 03 e 10 de junho). Vale registrar que todos os 41 alunos da turma participaram das atividades de retomada, sem que houvesse distinção entre os alunos que estavam também em 2012 e aqueles que só participaram das atividades de 2013. No entanto, tomamos o cuidado de solicitar ao docente que, sempre que possível, os grupos de alunos que trabalharam juntos em 2012 fossem mantidos e que os novos estudantes formassem grupos entre si. Para a análise de dados, os alunos que participaram somente em 2013 não foram considerados.

No que se refere à inserção da pesquisadora no contexto da observação participante e na coleta de registros, os alunos tinham ciência de que ela não era a professora da disciplina, ainda que, muitas vezes, se referissem a ela como *professora*, pois sabiam que ela era docente de Física em outra instituição. A pesquisadora ficava sentada junto aos estudantes, observando as atividades realizadas e interagindo com eles. Fazia anotações no caderno de campo ou colocava gravadores e câmeras para as coletas. Durante atividades experimentais ou outras atividades em grupo, como resolução de problemas ou leitura de textos, a pesquisadora circulava pelos grupos, esclarecendo dúvidas, colocando questões e atendendo ao chamado dos estudantes sempre que solicitada.

As atividades de aprendizagem de 2012 e de retomada de 2013, relativas à coleta de registros, foram desenvolvidas pelo docente junto aos estudantes no horário regular das aulas da turma. Ao longo delas, foram realizadas, pela pesquisadora, múltiplas coletas de registros, na tentativa de se conseguir a maior quantidade e variedade de informações possível para o entendimento do fenômeno em estudo. Além disso, variados registros facilitaram a triangulação de dados, o que permitiu fundamentar os resultados obtidos e aprofundar as conclusões elaboradas. De acordo com Lüdke e André (1986),

se o estudo pretende retratar o fenômeno de forma completa, é preciso que os dados sejam coletados numa variedade de situações, em momentos variados e com fontes variadas de informação. O pesquisador pode recorrer, para isso, às estratégias propostas por Denzin (1970)²⁸, que consistem na “triangulação”, ou seja, checagem de um dado obtido através de diferentes informantes, em

²⁸ DENZIN, N. K. *The Research Act in Sociology*. Chicago: Aldine, 1970.

situações variadas e em momentos diferentes. (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p. 52)

As gravações em áudio foram feitas colocando-se um gravador de voz para cada grupo e outro próximo ao professor. As gravações em vídeo foram realizadas com três câmeras fixas: duas focando em dois grupos escolhidos de forma aleatória (a câmera foi previamente posicionada e os grupos se sentavam onde desejassem) e outra focando em toda a turma.

Nossa preocupação com a variedade e tipos de registros vai ao encontro do que defende Carvalho (2006):

temos de ter o cuidado de triangular os dados, o que significa procurar [...] dados que possam favorecer visões distintas do mesmo fenômeno. Essa mesma preocupação é revelada também por Erickson (1998)²⁹, quando propõe que, para aumentar a credibilidade de evidências, uma análise documental, por meio de produções escritas dos alunos, poderá ser acrescentada à pesquisa, tendo em vista ampliar as fontes de informação. (CARVALHO, 2006, p. 28)

Como estudamos o processo de aprendizagem dos estudantes de um ano letivo para o outro, nossos registros de base para desencadear a pesquisa foram os coletados em 2013. Recorremos aos registros do ano de 2012 para tecer possíveis relações entre os dados de diferentes momentos e para ampliar nossa compreensão sobre o fenômeno que investigamos.

Coerentes com o caráter processual da aprendizagem, entendemos que não é possível analisar, de forma isolada, apenas as atividades realizadas em 2013, pois devemos considerar os diferentes momentos iniciais de aprendizagem e os percursos formativos dos alunos. De acordo com Mercer (2008),

métodos analíticos que não reconhecem ou consideram o desenvolvimento temporal da conversação, sua reflexividade e natureza coesiva ao longo de escalas de tempo maiores do que um episódio ou aula vão inevitavelmente falhar na captura da essência do processo educacional. (MERCER, 2008, p. 40, tradução nossa)

Tivemos registros de basicamente quatro tipos: transcrições das gravações de falas dos estudantes, do professor e da pesquisadora; anotações em caderno de campo;

²⁹ ERICKSON, F. Qualitative research methods for science education. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. (Org.). *International handbook of science education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 1998. p. 1157-1173.

documentos escritos (questionário dissertativo, síntese de reflexões, relatórios em grupo, provas e testes individuais, questões elaboradas e resolvidas); gravações de aulas em vídeo. Os registros mais explorados na pesquisa, ou seja, aqueles por intermédio dos quais construímos nossos dados para análise, foram os três primeiros. As gravações de aulas em vídeo foram utilizadas somente de forma secundária, para esclarecer dúvidas dos textos escritos, complementar as transcrições obtidas e fortalecer nossa argumentação. Devido ao grande volume de registros coletados, nem todos foram utilizados para esta pesquisa.

Para utilizar as falas dos estudantes, do professor e da pesquisadora, foi necessário transcrever as gravações. A esse respeito, Bauer e Gaskell (2008) afirmam que

uma boa transcrição deve ser um registro tão detalhado quanto possível do discurso a ser analisado. A transcrição não pode sintetizar a fala, nem deve ser “limpada”, ou corrigida [...] (BAUER e GASKELL, 2008, p. 251)

Assim, entendemos que as transcrições devem ser fiéis ao máximo, na medida do que é possível, às falas, “com a substituição de termos por sinônimos sendo terminantemente proibida” (CARVALHO, 2006, p. 35). Optamos por não fazer correções gramaticais nas falas transcritas, tentando realizar transcrições cuidadosas, por intermédio da escuta atenta e sistemática das gravações.

Realizávamos uma ou duas escutas gerais da atividade, para a transcrição da informação que considerávamos mais essencial nas falas. Posteriormente, íamos refinando o texto transcrito por intermédio da pausa e repetição de trechos curtos, a fim de captar o máximo de informação disponível, como pausas, vacilações, entonações, conversas paralelas às falas principais, etc.

Consideramos o procedimento da transcrição uma etapa inicial essencial para a constituição dos dados, pois a repetição das escutas nos permitiu certa impregnação pelos registros, de forma que, ao iniciar a construção dos dados, já tínhamos uma noção das temáticas abordadas e dos momentos em que poderia haver elementos relacionados a nosso objetivo de pesquisa.

Apesar de nosso esforço, temos consciência das limitações das gravações em áudio, pois, por intermédio delas, não é possível acessar os gestos, expressões faciais e ações corporais que podem acompanhar as falas dos sujeitos. No entanto, como temos

variados tipos de registros, optamos por analisar de forma sistemática as transcrições das falas gravadas e não toda a informação (sonora e visual) presente no vídeo.

Consideramos que as transcrições das falas dos estudantes ao longo da realização de atividades (de aprendizagem ou de retomada) são importantes porque é por intermédio de suas manifestações orais que os alunos nos dão a conhecer, de certo modo e em certa medida, aquilo em que estão pensando e as concepções que desenvolvem. Ademais, tal relevância está em consonância com a relação estabelecida por Vigotski (2009) entre pensamento e palavra, pois, para ele, o significado da palavra é, simultaneamente, tanto um fenômeno discursivo como intelectual.

O significado da palavra só é um fenômeno de pensamento na medida em que o pensamento está relacionado à palavra e nela materializado, e vice-versa: é um fenômeno de discurso apenas na medida em que o discurso está vinculado ao pensamento e focalizado por sua luz. É um fenômeno do pensamento discursivo ou da palavra consciente, é a *unidade* [grifo do autor] da palavra com o pensamento. (VIGOTSKI, 2009, p. 398)

Dito de outra maneira, é por conta dessa dinâmica existente entre o pensamento e a linguagem que as falas transcritas dos estudantes em interação podem nos fornecer elementos que nos permitam avaliar seus processos de aprendizagem. Para tanto, levamos sempre em consideração que a expressão do pensamento não é direta, mas sim mediada pela linguagem, tanto de forma oral como de forma escrita.

A linguagem não é um simples reflexo especular da estrutura do pensamento, razão por que não se pode esperar que o pensamento seja uma veste pronta. A linguagem não serve como expressão de um pensamento pronto. Ao transformar-se em linguagem, o pensamento se reestrutura e se modifica. O pensamento não se expressa mas se realiza na palavra. (VIGOTSKI, 2009, p. 412)

A presença de registros escritos nesta pesquisa se justifica não somente para ampliar a fidedignidade de nossa pesquisa, mas também porque a escrita é uma atividade fundamental para aprendizagem, pois, de acordo com Vigotski (2009),

a linguagem escrita contribui para o fluxo do discurso na ordem da atividade complexa. É nisto que se baseia o emprego de rascunhos. O caminho entre o esboço e o ato de passar a limpo é uma via de atividade complexa, mas até mesmo quando não há cópia fátua o momento da reflexão no discurso escrito é muito forte [...] (VIGOTSKI, 2009, p. 457)

Márquez e Prat (2010, p. 43, tradução nossa) seguem a perspectiva vigotskiana, quando afirmam que “[...] escrever é uma parte essencial nas atividades de aprendizagem.

A escrita exige reflexão, seleção de conteúdos e de formas de expressão próprias da linguagem científica para comunicar ideias elaboradas”. Além disso, com relação ao ensino de ciências, várias pesquisas têm indicado (NAGY-SILVA e BURIASCO, 2005; OLIVEIRA e CARVALHO, 2005; MÁRQUEZ e PRAT, 2010; SASSERON e CARVALHO, 2010; MAXIMO-PEREIRA, SOARES e ANDRADE, 2011) a importância de dados escritos para que possam ser estudados os processos de aprendizagem dos estudantes.

Sobre as atividades aplicadas para a coleta de registros, o docente da disciplina realizou com os alunos, nas aulas de Física II, algumas atividades investigativas elaboradas em nossa dissertação de Mestrado (MAXIMO-PEREIRA, 2010), que foram nomeadas nesta tese como *Atividades A, B, C, D, G, I e J*, e que estão disponíveis no Apêndice B na forma de *Guias de orientação para o professor*.

O professor da turma teve acesso a esses *Guias* desde nosso primeiro contato com ele, quando lhe explicamos a proposta de nossa pesquisa. O objetivo dos *Guias* é fornecer orientações para o professor sobre a realização das atividades investigativas em sala de aula. Contudo, o professor era livre para adaptar a atividade de acordo com suas necessidades e interesses, mantendo a ideia geral da abordagem do ensino por investigação. Assim, nem sempre a descrição da atividade no *Guia* coincide totalmente com o que ocorreu de fato em sala de aula. Sempre que necessário iremos explicitar, na análise dos dados, de que forma a atividade diferiu da proposta original ao ser aplicada com os alunos.

Sobre a validação dessas atividades, todas foram utilizadas no estudo piloto desta tese. Algumas delas foram descritas e tiveram seus dados analisados em alguns trabalhos já publicados, como a *Atividade A: Como saber que alguém está com febre?* (MAXIMO-PEREIRA, SOARES e ANDRADE, 2011), a *Atividade B: Colher de pau vs. Colher de metal* (MAXIMO-PEREIRA e SOARES, 2013) e as *Atividades I: Cozinhando feijão na panela de pressão* e *J: Observando a panela de pressão* (MAXIMO-PEREIRA e SOARES, 2010; MAXIMO-PEREIRA e SOARES, 2012).

Também foram coletados registros em atividades propostas pelo próprio docente, como avaliações escritas e relatórios de experimentos, e em atividades de caráter investigativo. Em uma delas (*Atividade E: Leitura de texto histórico sobre a natureza do*

calor), o docente trabalhou com um texto histórico adaptado, sobre o qual foram colocadas duas questões. Os alunos deveriam, em grupos, ler o texto, discutir entre eles e responder às perguntas. Ao final, o professor pediu que os grupos fornecessem as respostas elaboradas e houve um debate entre toda a turma com a mediação do professor. O tema do texto era a natureza do calor, considerando-se a oposição entre o conceito de calor enquanto fluido (modelo do calórico) e enquanto energia (associado ao movimento). O texto e as questões colocadas para sua reflexão foram extraídos pelo docente de um artigo científico da área de ensino de ciências (BRICCIA e CARVALHO, 2011), que consta no ANEXO A desta tese.

Outra atividade em que houve coleta de registros foi durante um seminário sobre planejamento energético (*Atividade M: Seminário sobre planejamento energético*), no qual, os alunos, em pequenos grupos, deveriam apresentar para toda a turma e o professor o resultado de uma pesquisa sobre os tipos de fontes de energia (hidroelétrica, termoeletrica, eólica, solar, nuclear, biomassa, etc.), considerando os seguintes elementos: características; prós e contras; localização e disponibilidade das fontes no país; leis e princípios físicos relacionados à transformação da energia em energia elétrica e sistemas de geração e distribuição, viabilidade econômica e impacto ambiental.

Uma peculiaridade do 1º semestre letivo de 2012 foi a questão da greve, pois os alunos investigados ficaram de 13 de junho a 10 de setembro sem aulas, ou seja, quase três meses sem um contato formal com a disciplina de Física II. Por conta disso, com o objetivo tanto de proporcionar aos alunos um momento de reflexão sobre o que tinha sido ensinado anteriormente na disciplina como de aprofundar os registros de nossa pesquisa, propusemos ao docente da disciplina a aplicação de um questionário por nós elaborado (*Atividade K: Atividade Diagnóstica de Física*, Apêndice C). Como, nesta pesquisa, interessa-nos a questão temporal e o caráter processual da aprendizagem, pensamos que focalizar o momento posterior à greve seria adequado para traçar um panorama geral sobre as ideias dos alunos sobre seu processo de aprendizagem e sobre seus conhecimentos. Ele foi respondido individualmente e sem consulta a nenhum tipo de material.

O Quadro 1 apresenta as atividades aplicadas em 2012 e suas características (momento em que foram realizadas; forma de participação dos alunos e disposição dos mesmos; registros coletados).

Quadro 1. Características das atividades de coleta de registros de 2012.

Data	Nome da atividade	Forma de participação dos alunos	Registros coletados	Disposição dos alunos
09/04/2012	Atividade A: Está com febre?	Pequeno grupo; grande grupo	Falas dos estudantes entre si e com o professor e a pesquisadora (pequeno e grande grupo); relatórios dos experimentos (escritos por cada grupo)	Pequenos semi-círculos; grande semi-círculo (no laboratório)
	Atividade B: Colher de pau vs. Colhe de metal			
11/04/2012	Atividade C: Panela com água no fogão	Pequeno grupo; grande grupo	Falas dos estudantes entre si e com o professor e a pesquisadora (pequeno e grande grupo); relatórios dos experimentos (escritos por cada grupo)	Pequenos semi-círculos; grande semi-círculo (no laboratório)
	Atividade D: Panela com mais água no fogão			
16/04/2012	Atividade E: Leitura de texto histórico sobre a natureza do calor	Pequeno grupo; grande grupo	Falas dos estudantes entre si e com o professor e a pesquisadora (pequeno grupo)	Pequenos semi-círculos; grande semi-círculo (em sala de aula)
25/04/2012	Atividade F: Avaliação parcial do 1º bimestre	Individual	Respostas escritas na avaliação	Em fileiras (em sala de aula)
07/05/2014	Atividade G: Tanque cheio de gasolina ao Sol	Grande grupo	Falas dos estudantes e do professor	Em fileiras (em sala de aula)
16/05/2012	Atividade H: Avaliação final do 1º bimestre	Individual	Respostas escritas na avaliação	Em fileiras (em sala de aula)

06/06/2012	Atividade I: Cozinhando feijão na panela de pressão	Pequeno grupo; grande grupo	Falas dos estudantes entre si e com o professor e a pesquisadora (pequeno e grande grupo)	Pequenos semi- círculos; grande semi-círculo (em sala de aula)
	Atividade J: Observando a panela de pressão			
10/09/2012	Atividade K: Atividade diagnóstica de Física	Individual	Respostas escritas a questionário com perguntas abertas	Em fileiras (em sala de aula)
01/10/2012	Atividade L: Avaliação final do 2º bimestre	Individual	Respostas escritas na avaliação	Em fileiras (em sala de aula)
08/10/2012	Atividade M: Seminário sobre planejamento energético	Pequeno grupo; grande grupo	Falas dos estudantes em grande grupo e do professor	Grande semi- círculo (em sala de aula)

A fim de estudar o processo de aprendizagem dos alunos ao longo do tempo, elaboramos atividades diferentes das atividades investigativas iniciais, mas que entendemos que mantêm a perspectiva investigativa. Seus objetivos centrais foram promover a retomada do que foi ensinado e avaliar a capacidade dos estudantes de utilizar os conhecimentos e habilidades, trabalhados inicialmente, em situações novas. Elas foram aplicadas pelo docente durante a 2ª e 3ª semanas de aula do 1º semestre de 2013.

Em termos de atividades de retomada, concordamos com Blanco e Mora (2012, p. 16) quando afirmam que “[...] se mostram adequadas aquelas atividades de aplicação nas quais os estudantes enfrentam situações-problema do contexto diferentes das que se utilizou no ensino” [tradução nossa]. Assim, pensamos que a mudança de situação de uso ou aplicação do que foi aprendido, que caracteriza as atividades de avaliação que desenvolvemos, permite que possamos compreender de que modo e em que medida o aluno se apropria (ou não) do que lhe foi ensinado.

Uma caracterização geral das atividades que aplicamos em 2013 aparece no Quadro 2. Nele apresentamos a data em que cada atividade ocorreu, o número e o nome da atividade, sua descrição, os registros obtidos por seu intermédio e a forma com a qual os estudantes estavam dispostos em sala de aula para realizá-la.

Quadro 2. Características das atividades de coleta de registros de 2013.

Data	Número da Atividade	Nome da atividade	Descrição da atividade	Forma de participação dos alunos	Registros coletados	Disposição dos alunos em sala
03/06/2013	Atividade 1	Sensibilização dos alunos para as situações de aprendizagem da disciplina Física II e para os assuntos nela trabalhados	O professor escreveu no quadro a palavra <i>calor</i> e pediu que os alunos dissessem o que recordavam por conta dessa palavra. O professor ia escrevendo no quadro o que os alunos falavam. Repetiu esse procedimento para a palavra <i>temperatura</i> . O professor pediu que os alunos discutissem em pequeno grupo e elaborassem sínteses dessas discussões.	Grande grupo; Pequenos grupos	Falas dos estudantes em grande grupo, com a mediação do professor; falas dos estudantes entre si e com o professor e a pesquisadora em pequeno grupo; texto escrito por cada grupo como síntese do que se lembravam das aulas de Física II	Grande semi-círculo; pequenos semi-círculos
03/06/2013	Atividade 2	Reflexão sobre a aprendizagem durante a disciplina Física II	O professor distribuiu um questionário aos alunos e pediu que eles o respondessem, considerando as aulas da disciplina Física II.	Individual	Respostas escritas a questionário com perguntas abertas	Em fileiras

03/06/2013	Atividade 3	Contraste entre os conceitos espontâneos e científicos de <i>calor</i> e <i>temperatura</i>	O professor propôs aos grupos de alunos a resolução da questão 50 da prova azul do primeiro dia de prova do ENEM de 2010. Informou que os grupos deveriam indicar também porque as outras opções de resposta disponíveis são incorretas. Após a resolução, cada grupo iria apresentar a sua solução para toda a turma, em forma de discussão coletiva.	Pequenos grupos; grande grupo	Falas dos estudantes em pequeno e em grande grupo	Pequenos semi-círculos; grande semi-círculo
03/06/2013	Atividade 4	Reflexão sobre a Atividade 3	O professor distribuiu um questionário aos alunos e pediu que eles o respondessem, considerando a atividade anterior.	Individual	Respostas escritas a questionário com perguntas abertas e fechadas	Em fileiras
10/06/2013	Atividade 5	Retomada pela memória do que foi vivenciado na disciplina Física II	O professor apresentou imagens de situações e conteúdos relativos à disciplina Física II. Os alunos deveriam comentar de que se lembravam ao ver aquelas imagens.	Grande grupo	Falas dos estudantes em grande grupo	Grande semi-círculo

10/06/2013	Atividade 6	Elaboração e resolução reflexivas de uma questão de Física II pelos estudantes	<p>O professor distribuiu três folhas de papel a cada estudante. Em uma delas eles deveriam elaborar uma questão relativa aos conteúdos trabalhados em Física II; na outra, eles deveriam resolver a questão; na terceira, deveriam escrever por que ou o que os levou a elaborar tal questão. Informou aos alunos que a resposta deveria ser discursiva, podendo ser uma questão numérica ou teórica.</p>	Individual	Questão elaborada, resolução e justificativa de porquê se ter elaborado tal questão (textos escritos em três folhas diferentes)	Em fileiras
10/06/2013	Atividade 7	Resolução da questão elaborada por outro colega de turma	<p>O professor entregou aleatoriamente aos alunos os problemas elaborados por eles, tomando o cuidado de que o aluno não recebesse o problema feito por ele mesmo. Informou que, caso os alunos não conseguissem solucionar o problema que receberam por alguma razão, poderiam escrever uma justificativa para a impossibilidade de resolvê-lo.</p>	Individual	Resolução escrita da questão elaborada por outro colega	Em fileiras

10/06/2013	Atividade 8	Como funciona a panela de pressão?	O professor entregou uma questão para que os estudantes a resolvessem. Trata-se das questões 32 e 33 da prova amarela do ENEM 1999, que foram transformadas em questões de resposta discursiva.	Individual	Respostas escritas a questões abertas	Em fileiras
10/06/2013	Atividade 9	O que influencia a ebulição da água?	O professor propôs aos grupos de alunos a resolução da questão 58 da prova azul do ENEM de 2010. Informou que os grupos deveriam indicar também porque as outras opções de resposta disponíveis são incorretas. Após a resolução, cada grupo iria apresentar a sua solução para toda a turma, em forma de discussão coletiva.	Pequenos grupos; grande grupo	Falas dos estudantes em pequeno e em grande grupo	Pequenos semi-círculos; grande semi-círculo
10/06/2013	Atividade 10	Reflexão sobre a Atividade 9	O professor distribuiu um questionário aos alunos e pediu que eles o respondessem, considerando a atividade anterior.	Individual	Respostas escritas a questionário com perguntas abertas e fechadas	Em fileiras

Passamos a descrever detalhadamente as atividades realizadas, explicitando seus objetivos para a coleta de registros da pesquisa e os elementos teóricos considerados para sua elaboração. No corpo do texto, aparecem as *Atividades 1, 2, 3, 4 e 6*, as quais foram consideradas na análise realizada. No Apêndice D, apresentamos a descrição das demais atividades.

Atividade 1: Sensibilização dos alunos para as situações de aprendizagem da disciplina Física II

Esta atividade teve por objetivo de ensino sensibilizar os alunos para os assuntos trabalhados no ano letivo anterior, a fim de que, coletivamente, pudessem retomar, de forma geral, o que foi visto, discutido e vivenciado nesse tempo. Desse modo, haveria uma aproximação dos alunos, de certa forma, daquilo que seria solicitado deles nas atividades seguintes de coleta de registros.

No que tange à validação desta atividade, a mesma foi apresentada em nosso grupo de pesquisa e utilizada no estudo piloto desta tese. Ela foi apresentada e teve seus dados analisados em trabalhos já publicados (MAXIMO-PEREIRA, 2012; MAXIMO-PEREIRA, 2011).

O professor da disciplina iniciou a atividade escrevendo no quadro-negro algumas palavras do cotidiano dos alunos, mas que faziam referência aos conteúdos e conceitos trabalhados no ano letivo anterior. As palavras utilizadas foram *calor* e *temperatura*.

A cada palavra escrita, o docente solicitou aos alunos que falassem o que lhes “viesse à cabeça” devido àquela palavra. Com esse procedimento, o docente tentou evocar, de forma mais espontânea, as memórias dos estudantes relacionadas ao que eles previamente estudaram.

No desenvolvimento da atividade (diferentemente do que foi obtido no estudo piloto desta tese, em que algumas falas inicialmente não tinham relação com os conteúdos trabalhados no ano anterior), os alunos investigados rapidamente perceberam o objetivo central da atividade e começaram a mencionar conceitos, leis e exemplos de situações físicas, além de episódios de sala de aula que ocorreram no ano anterior. O professor escreveu, então, sínteses das falas dos alunos no quadro-negro, ligando-as à

palavra que lhes deu origem. Após essa grande efervescência de ideias, o docente pediu aos alunos que associassem os conceitos, leis e exemplos escritos no quadro-negro.

Na etapa seguinte, os alunos foram divididos nos grupos e solicitados a discutirem, no interior de cada um deles, sobre o que se lembravam ou conseguiam retomar das aulas de Física do ano letivo anterior. Essa divisão em pequenos grupos visou suscitar a confrontação de ideias e o compartilhamento de significados entre os estudantes. Tendo por base a ideia vigotskiana de que o conhecimento é construído coletivamente via interação social, nossa hipótese é também de que a retomada do que foi ensinado ocorre mais facilmente na discussão coletiva, pela negociação de significados com os pares e com parceiros mais capazes.

Tanto o professor como a pesquisadora acompanhavam o trabalho dos grupos e faziam mediações, quando solicitados. Vale à pena destacar que o professor não solicitou que os alunos falassem especificamente somente sobre conteúdos da disciplina, de modo que eles estavam livres para expor tudo o que achavam relevante ou pertinente relativamente às situações de aprendizagem na disciplina Física II. Essa não-diretividade da tarefa solicitada foi esclarecida aos grupos pela pesquisadora ao longo da atividade e teve por objetivo tentar contemplar as múltiplas dimensões que acreditamos que envolvem o processo de aprendizagem.

Na última etapa, os grupos deveriam escrever o resultado de suas discussões, que poderiam conter informações relativas tanto a conteúdos de Física como a situações e fatos do ano letivo anterior que julgavam importantes serem mencionados.

Atividade 2: Reflexão sobre a aprendizagem durante a disciplina Física II

Após os primeiros contatos dos estudantes, de forma coletiva, com as temáticas cuja retomada seriam solicitadas deles nas atividades seguintes, a *Atividade 2* teve por objetivo promover uma reflexão por parte de cada aluno individualmente, levando-o a realizar algum tipo de síntese sobre o que foi discutido em forma coletiva. Com esta atividade, pensamos ser possível para os sujeitos da pesquisa a explicitação de elementos do plano intrapessoal, ou seja, suas reelaborações internas relativas tanto ao processo de

aprendizagem iniciado na disciplina Física II como aos aspectos levantados na discussão em grande e pequeno grupo, na *Atividade 1*.

A *Atividade 2* consistiu na resposta individual a um questionário (Apêndice C) aberto sobre as percepções dos alunos sobre seu processo de aprendizagem, tanto no que se refere àquilo que eles consideravam saber (ou não) como aos fatores que os levaram (ou não) a aprender, de acordo com seus próprios critérios. Como o questionário se referia ao que foi estudado no ano anterior (período de tempo relativamente longo), era solicitado também, em duas das perguntas, que os estudantes explicitassem se tinham tido contato, fora da escola, com alguma situação relativa ao que aprenderam em Física II e se tinham conseguido associar tal situação com que tinham aprendido. Como entendemos que o processo de aprendizagem envolve múltiplas interações com o conhecimento, que não necessariamente ocorrem no ambiente escolar formal e nos períodos de tempo destinados às aulas ou aos estudos dos conteúdos ministrados, tentamos contemplar esse fato por intermédio dessas duas questões.

É relevante mencionar também que consideramos que o indivíduo reelabora internamente o conhecimento construído coletivamente. Portanto, mesmo respondendo ao questionário de forma individual, os estudantes carregam naquilo que escrevem o conjunto de interações e conhecimentos que os constituem.

Sobre a validação do questionário, ressaltamos que ele foi adaptado em função de sugestões de outros pesquisadores e aplicado anteriormente a esta pesquisa em duas turmas de 2º ano do Ensino Médio de outra instituição federal de ensino, a fim de que se tivesse não somente a validação por pares, mas também por estudantes de nível de ensino e contexto semelhantes aos discentes investigados.

Atividade 3: Contraste entre os conceitos espontâneos e científicos de *calor* e *temperatura*

O objetivo desta atividade foi proporcionar aos alunos uma situação em que pudessem pensar sobre os conceitos científicos e cotidianos de *calor* e *temperatura* e utilizar conhecimentos e habilidades trabalhados na disciplina Física II para a solução de um novo problema: a questão 50 da prova Azul do ENEM 2010, apresentada e resolvida

em nossa análise de dados. O foco da questão é o contraste entre os conceitos espontâneos e científicos de calor e temperatura. Os grupos de alunos deveriam encontrar, entre as opções colocadas na questão, aquela que apresenta uma situação na qual os conceitos espontâneos de calor e temperatura não são adequados para explicá-la de forma satisfatória.

Sobre a aplicação da atividade em sala de aula, os alunos discutiram em pequenos grupos para indicar qual das opções descrevia uma situação em que o conceito cotidiano de calor ou de temperatura não explicava corretamente o que ocorria no fenômeno relatado. Foi solicitado aos estudantes que justificassem a escolha da resposta correta e explicassem por que o conceito cotidiano não poderia ser usado para descrever corretamente o que ocorria na situação assinalada por eles. Eles deveriam também analisar as outras opções para confirmar que a resposta correta era realmente a que tinha sido escolhida.

O professor e a pesquisadora observavam o trabalho dos alunos e faziam mediações quando solicitados, para esclarecer o objetivo da tarefa ou o enunciado da questão e para auxiliá-los na discussão.

Depois do debate no interior dos grupos, um representante de cada grupo deveria apresentar para a turma a resposta elaborada e os argumentos utilizados, desencadeando uma discussão coletiva final, mediada também pelo professor.

Sobre a validação desta atividade, a mesma foi apresentada em nosso grupo de pesquisa e utilizada no estudo piloto desta tese. A *Atividade 3* foi descrita e teve os dados escritos provenientes dela analisados em dois trabalhos já publicados, relativos ao estudo piloto (MAXIMO e ABIB, 2013; MAXIMO-PEREIRA e ABIB, 2012). Por tudo isso, acreditamos que tal atividade pode configurar-se em uma situação apropriada para novas atribuições de sentidos ao conhecimento científico escolar por parte dos estudantes.

Atividade 4: Reflexão sobre a Atividade 3

A *Atividade 4* consistiu na resposta individual a um questionário aberto (Apêndice C) sobre a resolução coletiva da questão aberta proposta na *Atividade 3*. Por intermédio dele, pretendíamos conhecer as percepções dos estudantes sobre o grau de dificuldade da

questão e os elementos aos quais eles atribuíam a possibilidade de resolver ou não a questão. Além disso, objetivávamos que eles evidenciassem de que forma acreditavam ter conseguido resolver (ou não) a questão proposta na *Atividade 3*, os conhecimentos que mobilizaram em tal resolução e suas relações com os assuntos tratados previamente na disciplina Física II.

O questionário foi validado por pares dentro de nosso grupo de pesquisa, que sugeriu algumas alterações de escrita nos enunciados e a inclusão de opções de resposta em uma das questões.

Atividade 6: Elaboração e resolução reflexivas de uma questão de Física II pelos estudantes

A *Atividade 6* consistiu em solicitar que os estudantes elaborassem, considerando os conhecimentos de que dispunham, uma questão relativa aos assuntos trabalhados na disciplina Física II e que propusessem a resolução da mesma. Eles deveriam também escrever por que ou o que os levou a elaborar tal questão, ou seja, uma justificativa para o fato de terem escolhido determinado assunto e elaborado a questão da forma como o fizeram.

Os estudantes realizaram a atividade em sala de aula, individualmente, sem consulta a nenhum tipo de material e sem recorrer à ajuda nem dos colegas nem do professor. Os alunos poderiam escolher qualquer assunto estudado por eles durante as aulas da disciplina Física II (2º período, aproximadamente um ano antes da solicitação da atividade). A questão formulada poderia ser respondida com cálculos, com texto escrito ou com ambos os elementos. A resposta deveria ser devidamente justificada (respostas de múltipla escolha não eram permitidas). Os alunos foram orientados a não elaborarem questões de resolução imediata nem com enunciados muito diretivos, pois eles não deveriam ter pressa para realizar a atividade, que durou cerca de 30 minutos.

Sobre a validação da *Atividade 6*, ela também foi discutida em nosso grupo de pesquisa, sendo apresentada e analisada em trabalhos já publicados (MAXIMO-PEREIRA e ANDRADE, 2014; MAXIMO-PEREIRA, 2014). Além disso, temos utilizado tal atividade em nossa prática docente no Ensino Médio desde 2009.

A Figura 2 apresenta as atividades que serão consideradas na análise de dados e o momento em que ocorreram durante a observação participante. Tais atividades caracterizaram o processo de aprendizagem dos estudantes investigados.

Figura 2. Atividades abordadas na análise e o momento em que ocorreram.

4. ANÁLISE DE DADOS

“O ato de conhecer não é obra exclusiva nem do sujeito, nem do objeto, nem mesmo da sua interação [direta], mas da ação do elemento mediador, sem o qual não existe nem sujeito nem objeto do conhecimento”. (PINO, 1997, p. 6)

Iniciamos este capítulo apresentando a forma de organização da análise de dados, como ela se relaciona com nossas questões de pesquisa e os registros nela considerados. Em seguida, caracterizamos e justificamos a escolha dos sujeitos investigados. Descrevemos também como os dados da pesquisa foram construídos e os procedimentos analíticos utilizados.

Ademais, apresentamos as categorias de análise utilizadas em nosso estudo, as quais foram construídas com base nos dados e em nossa fundamentação teórica. Ao final, realizamos a análise propriamente dita, a qual especifica o conteúdo das categorias de análise formuladas e nos dá subsídios para responder a nossas questões de pesquisa.

4.1 Organização da análise e sua relação com as questões de pesquisa

Diante de nossas perguntas de pesquisa, do nosso contexto de investigação, da multiplicidade e quantidade de registros de que dispomos e do caráter processual do fenômeno que investigamos, estabelecemos alguns *âmbitos de análise*, os quais foram utilizados como eixos norteadores para a organização de nossa análise de dados.

Para uma caracterização mais geral daquilo que os alunos retomavam das aulas de Física II de 2012, analisamos os dados considerando todos os alunos que participaram dos dois momentos, ou seja, das coletas de 2012 e 2013.

Já para investigar como os alunos construíram conhecimentos por intermédio da interação com seus pares, com professor e a pesquisadora, analisamos um pequeno grupo de alunos da turma investigada.

Considerando que toda aprendizagem desencadeia uma reconstrução interna, analisamos também, de forma individual, uma única aluna do grupo selecionado e estudamos o seu processo de aprendizagem, ao longo do tempo, sobre um conteúdo de Física específico.

Sendo assim, estabelecemos três *âmbitos de análise*: a *turma* como um todo, o *pequeno grupo* selecionado e uma *aluna* desse grupo. A escrita da análise foi estruturada de forma a seguir, respectivamente, esses três níveis, os quais nos orientaram na busca por respostas às nossas questões de pesquisa. Em especial, o âmbito do aluno nos permitiu buscar elementos para responder à segunda parte de nossa segunda questão de pesquisa, que versa sobre o processo de aprendizagem ao longo do tempo.

Considerando a grande quantidade e variedade de registros obtidos durante a pesquisa e os níveis em torno dos quais a análise foi organizada, apresentamos no Quadro 3 o recorte que fizemos, com uma síntese das características dos registros que efetivamente foram levados em conta para a resposta a nossas questões de investigação.

Quadro 3. Características das atividades de coleta de registros consideradas na análise de dados.

Âmbito de análise	Data	Número da Atividade	Nome da atividade	Descrição da atividade	Registro coletado
Turma	03/06/2013	Atividade 1	Sensibilização dos alunos para as situações de aprendizagem da disciplina Física II e para os assuntos nela trabalhados	O professor escreveu no quadro a palavra <i>calor</i> e pediu que os alunos dissessem o que recordavam por conta dessa palavra. O professor ia escrevendo no quadro o que os alunos falavam. Repetiu esse procedimento para a palavra <i>temperatura</i> . O professor pediu que os alunos discutissem em pequeno grupo e elaborassem sínteses dessas discussões.	Texto escrito por cada grupo como síntese do que se lembravam das aulas de Física II
	03/06/2013	Atividade 2	Reflexão sobre a aprendizagem durante a disciplina Física II	O professor distribuiu o questionário aos alunos e pediu que eles o respondessem, considerando as aulas da disciplina Física II.	Respostas escritas a questionário com perguntas abertas

Grupo	03/06/2013	Atividade 1	Sensibilização dos alunos para as situações de aprendizagem da disciplina Física II e para os assuntos nela trabalhados	O professor escreveu no quadro a palavra <i>calor</i> e pediu que os alunos dissessem o que recordavam por conta dessa palavra. O professor ia escrevendo no quadro o que os alunos falavam. Repetiu esse procedimento para a palavra <i>temperatura</i> . O professor pediu que os alunos discutissem em pequeno grupo e elaborassem sínteses dessas discussões.	Falas dos estudantes entre si e com o professor e a pesquisadora em pequeno grupo
	03/06/2013	Atividade 3	Contraste entre os conceitos espontâneos e científicos de <i>calor</i> e <i>temperatura</i>	O professor propôs aos grupos de alunos a resolução da questão 50 da prova azul do primeiro dia de prova do ENEM de 2010. Informou que os grupos deveriam indicar também porque as outras opções de resposta disponíveis são incorretas. Após a resolução, cada grupo iria apresentar a sua solução para toda a turma, em forma de discussão coletiva.	Falas dos estudantes entre si e com o professor e a pesquisadora em pequeno grupo
	03/06/2013	Atividade 4	Reflexão sobre a Atividade 3	O professor distribuiu o questionário aos alunos e pediu que eles o respondessem, considerando a atividade anterior.	Respostas escritas a questionário com perguntas abertas e fechadas

Aluno	10/06/2013	Atividade 6	Elaboração e resolução reflexivas de uma questão de Física II pelos estudantes	O professor distribuiu três folhas de papel a cada estudante. Em uma delas eles deveriam elaborar uma questão relativa aos conteúdos trabalhados em Física II; na outra, eles deveriam resolver a questão; na terceira, deveriam escrever por que ou o que os levou a elaborar tal questão. Informou aos alunos que a resposta deveria ser discursiva, podendo ser uma questão numérica ou teórica.	Questão elaborada, resolução e justificativa de por que se ter elaborado tal questão (textos escritos em três folhas diferentes)
-------	------------	-------------	--	---	--

Entendemos que os âmbitos de análise não são estanques, já que podem estar mais ou menos relacionados entre si ao longo do processo. Sobretudo entre os níveis do pequeno grupo e do aluno, há forte interrelação, visto que acreditamos que o indivíduo reelabora internamente o conhecimento construído coletivamente.

Sempre que necessário e pertinente, apresentamos também, ao longo da análise, dados das atividades de 2012 ou anotações de caderno de campo. Estabelecemos algumas relações entre os âmbitos de análise e entre resultados obtidos pela análise de diferentes atividades.

4.2 Sujeitos investigados

Da turma inicialmente investigada, 22 alunos permaneceram em 2013, os quais se constituíram em sujeitos de nossa pesquisa. Nas atividades realizadas coletivamente, esses alunos se dividiram em cinco grupos, mantendo-se, sempre que possível, os grupos de 2012. O professor da disciplina teve suas intervenções analisadas e discutidas somente

no sentido de tentar auxiliar o entendimento do processo dos estudantes, nosso foco principal.

Devido ao tempo disponível para a realização do doutorado, percebemos, ao longo de nosso trabalho de campo, que a quantidade de registros gerados e a amplitude de nossas questões de pesquisa demandariam, como em qualquer outra investigação, um recorte no que se refere aos sujeitos investigados. Escolhemos, assim, investigar em profundidade um pequeno grupo de alunos da turma, formado pelos Alunos 1, 3, 4, 16 e 19.

Entre os critérios adotados para a seleção do pequeno grupo, destacamos: o fato de o grupo de alunos ter participado de todas as atividades de coleta de registros, de 2012 e de 2013; o envolvimento de seus integrantes nas atividades; o interesse de grande parte dos alunos do grupo por aprofundar questões e tirar dúvidas, tanto com a pesquisadora como com o professor. Tais características do grupo escolhido foram obtidas por intermédio das observações participantes de 2012 e de 2013 e da escuta atenta das gravações do grupo durante as atividades de 2012.

Vale destacar que os alunos do grupo não foram aqueles que apresentaram melhor aproveitamento nas avaliações da disciplina Física II, ainda que tenham tido, na média, um desempenho de regular a bom nas mesmas. De acordo com o professor da disciplina, os alunos do grupo eram bons, participativos em aula, sabiam a matéria, faziam bons trabalhos, ainda que nem sempre isso se refletisse em suas notas.

Escolhemos aprofundar a análise da Aluna 16. Tal escolha se deveu ao modo como ela desenvolveu a *Atividade 6*, a seu êxito nessa atividade e também à possibilidade de serem identificados registros dela ao longo do tempo, os quais possibilitaram a análise que pretendíamos fazer para alcançar nossos objetivos de pesquisa.

4.3 Construção dos dados e procedimentos analíticos

Em consonância com nossa metodologia de pesquisa, consideramos que a natureza discursiva da pesquisa (MARTINS, 2007) fica também evidenciada na

construção dos dados, pois tal concepção influencia forte e diretamente esse processo. Nesse sentido, reiteramos que entendemos que os dados não estão, como se poderia supor, “dados” *a priori* no mundo, mas são construídos, por intermédio dos registros de pesquisa, na interação entre o pesquisador, o contexto da investigação e a fundamentação teórica. De acordo com Martins (2007),

o processo pelo qual os dados são construídos a partir dos registros de observação é, no entanto, ele próprio, um processo de construção de sentidos que exige dos investigadores a explicitação da natureza do seu interesse ao longo de todo o processo de investigação, desde os estágios iniciais de formulação de perguntas de pesquisa até as finais, em que são apresentados os resultados (Lemke, 1998b³⁰; Brown; Dowling, 1998³¹). (MARTINS, 2007, p. 300)

No que se refere às falas de estudantes, do professor e da pesquisadora durante as atividades, os dados construídos são fragmentos das transcrições em contexto. Já no que tange ao uso de documentos escritos, os dados são fragmentos do texto considerados não de forma isolada, mas em conexão dinâmica com todo o texto. Em ambos os casos, levamos em conta as condições de produção dos discursos, os papéis desempenhados pelos distintos atores envolvidos no processo, nossas perguntas de pesquisa e a fundamentação teórica adotada.

Como realizamos uma análise qualitativa de transcrições de falas e textos escritos, concordamos com Ludke e André (1986, p. 42) quando afirmam que “a análise de dados qualitativos é um processo criativo que exige grande rigor intelectual e muita dedicação. Não existe uma forma melhor e mais correta. O que se exige é sistematização e coerência do esquema escolhido com o que pretende o estudo”.

No que diz respeito ao que foi feito para se chegar à análise apresentada, olhamos³² para os dados tendo em mente nossas perguntas de pesquisa e tentamos enxergar³³ aquilo que nossa fundamentação teórica nos permitiu. Seguimos também o procedimento descrito por Ludke e André (1986):

³⁰ LEMKE, J. Analysing Verbal Data: Principles, Methods, and Problems. In: TOBIN, K; FRASER, B. (Orgs.). *International Handbook of Science Education*. Londres: Kluwer Academic Publishers, p. 1175-1189, 1998b.

³¹ BROWN, A. J.; DOWLING, P. C. *Doing research/Reading research: a mode of interrogation for education*. Londres: Falmer, 1998.

³² Usamos o verbo *olhar* aqui considerando seu significado primeiro no dicionário Houaiss da língua portuguesa (*dirigir os olhos para algo*).

³³ Usamos o verbo *enxergar*, de acordo com o mesmo dicionário, com o significado de *distinguir, perceber*.

depois de organizar os dados, num processo de inúmeras leituras e releituras, o pesquisador pode voltar a examiná-los para tentar detectar temas e temáticas mais frequentes. Esse procedimento, essencialmente indutivo, vai culminar na construção de categorias ou tipologias. (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p. 42)

Para responder à nossa primeira questão de pesquisa (*Situações e conhecimentos relativos às aulas de Física baseadas em ensino por investigação conseguem ser retomados por alunos de Ensino Médio no ano letivo seguinte? Que situações e conhecimentos são esses? Que dimensões da aprendizagem podem ser identificadas por intermédio deles?*) e à primeira parte da segunda questão (*Os conhecimentos científicos ensinados (conceitos, modelos, princípios, leis) e as habilidades desenvolvidas durante as aulas de Física baseadas em ensino por investigação conseguem ser mobilizados por alunos de Ensino Médio em novas situações/contextos no ano letivo seguinte? Que conhecimentos científicos e habilidades são esses?*), agrupamos os dados em categorias, o que nos forneceu um primeiro olhar para o fenômeno em estudo. Tal procedimento nos auxiliou também a compreender as variáveis presentes no problema e as características mais marcantes observadas.

Assim, realizamos inicialmente uma descrição detalhada dos dados e os agrupamos em categorias, nomeadas e definidas por nós, em sua grande maioria, ou já preexistentes na literatura. Conseguimos estabelecer um caminho desde os registros de que dispúnhamos até a construção do dado e sua categorização. Um esquema geral desse processo está esquematizado na Figura 3.

Figura 3. Esquema geral para a construção e análise de dados.

Diante de um determinado registro, levamos em conta o objetivo de pesquisa que tínhamos com o instrumento de coleta desse registro para a identificação do dado, que é um fragmento do registro. Considerando o contexto de produção do dado, da investigação

como um todo e nossa fundamentação teórica, aproximamo-nos dele por intermédio de algum tipo de descrição, que variou para cada atividade. Os dados foram relacionados às categorias de análise por intermédio de sua descrição, que permitiu identificar o conteúdo das categorias de análise. Para cada instrumento de coleta de registros escritos, esse caminho foi construído e explicitado ao longo da análise.

Contudo, entendemos que as categorias não encerraram a análise, mas serviram de base para a discussão que levantamos e para as tentativas de estabelecimento de relações entre os próprios dados e deles com a fundamentação teórica. Defendemos que, em consonância com Ludke e André (1986),

a categorização, por si mesma, não esgota a análise. É preciso que o pesquisador vá além, ultrapasse a mera descrição, buscando realmente acrescentar algo à discussão já existente sobre o assunto focalizado. Para isso ele terá que fazer um esforço de abstração, ultrapassando os dados, tentando estabelecer conexões e relações que possibilitem a proposição de novas explicações e interpretações. (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p. 49)

Para a segunda parte de nossa segunda questão de pesquisa (*Como os conhecimentos científicos retomados e as habilidades mobilizadas se relacionam com o processo de ensino e aprendizagem iniciado no ano anterior?*), o procedimento analítico que elaboramos para dar conta desse caráter temporal/processual que queríamos investigar foi a configuração do que denominamos *episódios de investigação*.

Um *episódio de investigação* consiste na reunião articulada de dados (provenientes de distintas fontes de coleta e de diferentes momentos do processo de ensino e aprendizagem) que evidenciem formas de interação que o estudante teve com os conhecimentos que retomou no ano de 2013 e compreensões suas sobre tais conhecimentos científicos ao longo do tempo, desde o ensino formal inicial em sala de aula, em 2012, até os momentos finais de coleta de registros, em 2013.

4.4 Categorias de análise

Nesta seção, apresentamos as categorias que foram construídas para serem utilizadas na análise de dados desta tese. Como tais categorias perpassaram toda a análise

feita nos múltiplos instrumentos de coleta utilizados, optamos por apresentá-las antes da análise propriamente dita, a fim de facilitar a leitura e evitar repetições nos vários momentos em que elas foram mencionadas.

É importante destacar que as categorias principais não são preexistentes na literatura, mas sim emergiram da relação que estabelecemos entre nossa fundamentação teórica e os dados analisados, conforme poderá ser observado ao longo do texto da análise das atividades de retomada consideradas.

Para estudar a forma como os estudantes realizaram, em 2013, suas retomadas relativas ao que estudaram e vivenciaram em 2012, estabelecemos duas categorias de memória enquanto função mental superior (VIGOTSKI, 2007), por nós denominadas *memória científico-afetiva* e *memória afetivo-vivencial*. Como as funções mentais superiores se diferem das funções elementares por serem mediadas pelo que chamamos de *elementos mediadores*, definimos duas outras categorias: *elementos mediadores da memória científico-afetiva* e *elementos mediadores da memória afetivo-vivencial*. Tais categorias se relacionam com as duas primeiras por permitir a compreensão sobre os modos pelos quais as retomadas pelas memórias foram realizadas pelos estudantes. Passamos a definir e explicar cada uma das categorias construídas.

Incluímos na categoria denominada *memória científico-afetiva* aquilo que o sujeito retoma dos momentos do ensino de Física e que guarda estreita relação com o conhecimento científico escolar e/ou é influenciado por ele. Grande parte desses dados refere-se, de forma geral, a conhecimentos estudados no ano anterior e a habilidades mobilizadas. Muito frequentemente os alunos utilizaram a linguagem científica para expressar seus conhecimentos, valendo-se de vocabulário específico da Física, o que reforça a presença da Física escolar nessa memória.

É importante notar que a *memória científico-afetiva* é permeada por conhecimentos compatíveis com a ciência escolar, os quais podem ser usados de diferentes formas pelos estudantes em suas retomadas posteriores ao momento de aprendizagem inicial.

A relevância da *memória científico-afetiva* para a aprendizagem pode ser evidenciada por contraste, ou seja, imaginando-se que não fosse possível interpretar a sua existência com base nos dados. Nesse caso, os estudantes não teriam se lembrando de

nada relativo ao que foi ensinado nas aulas de 2012 e, conseqüentemente, não teriam sido capazes de retomar, em situações novas, o que foi estudado anteriormente. Tal resultado demandaria uma investigação sobre as possíveis causas dessa não retomada, a qual seria um possível indicativo de não aprendizagem por parte deles. Assim, usando o argumento inverso, a *memória científico-afetiva* é um primeiro construto geral a indicar uma possível elaboração de conhecimento científico escolar por parte dos estudantes.

Assumimos que a retomada pela *memória científico-afetiva* ao longo do tempo é um indício de aprendizagem. No entanto, o sujeito pode ter aprendido conhecimentos para os quais não forneceu dados empíricos de retomada pela *memória científico-afetiva*, ou porque não considerou tais conhecimentos relevantes para a realização da tarefa ou porque eles não lhe foram exigidos. Pela análise dos dados, foi possível interpretar e caracterizar o conteúdo da *memória científico-afetiva*.

Defendemos a presença da dimensão da afetividade na memória que abrange aspectos científicos em concordância com nossa fundamentação teórica, pois, conforme já afirmado anteriormente neste texto, “[...] quem separou desde o início o pensamento do afeto fechou definitivamente para si mesmo o caminho para a explicação das causas do próprio pensamento [...]” (VIGOTSKI, 2009, p.16). Ademais, “dentre as implicações da afetividade no desenvolvimento humano, os estudos apontam [...] a relação indissociável com a cognição e a capacidade de afetar de maneira positiva ou negativa, o processo de ensino e aprendizagem” (CACHEFFO e GARMS, 2011, p. 9). Entendemos que a dimensão afetiva dessa memória pode aparecer algumas vezes de forma explícita e muitas vezes de forma implícita, mas que, na perspectiva vigotskiana do sujeito, ela estará sempre presente. Tal dimensão se refere ao modo como os sujeitos foram afetados pelas interações sociais que caracterizaram as atividades de ensino e aprendizagem.

Tudo aquilo que o sujeito retoma dos momentos do ensino de Física e que não tem relação explícita com o conhecimento científico escolar foi incluído na categoria denominada *memória afetivo-vivencial*. Tal memória não se refere diretamente a nenhum conhecimento científico escolar, mas evidencia o modo como o sujeito foi afetado por um conhecimento, por uma interação com o outro ou por uma dada situação relativa a seu processo de aprendizagem. Ela engloba situações vivenciadas e sentimentos relativos a elas que podem dar sentido às retomadas ou não pela *memória científico-afetiva*. A

memória afetivo-vivencial nesta tese se restringe ao processo educacional aqui analisado. Ela se refere tanto a situações em que os indivíduos foram afetados positiva como negativamente durante seu processo de aprendizagem.

Consideramos que os alunos foram afetados positivamente quando as relações que estabeleceram com o professor, com os demais colegas, com as situações de aprendizagem, com o conhecimento científico escolar e com seus próprios sentimentos colaboraram para suas aprendizagens. Foram afetados negativamente quando os mesmos elementos não auxiliaram em seu processo educativo.

O termo *vivencial*, utilizado na nomenclatura desta categoria, refere-se à importância também do aspecto cognitivo das interações sociais na constituição dessa memória. Entendemos que o aspecto cognitivo da *memória afetivo-vivencial* se faz presente à medida que o sujeito que sente e é afetado pelas relações sociais só o faz porque conhece, aprende e desenvolve a cada dia formas de estar no mundo e de se relacionar com os demais e com as situações sociais que lhe permitem ser afetados por elas. Assim, cognição e afetividade também estão relacionadas nessa memória.

Em termos teóricos, as categorias *memória científico-afetiva* e *memória afetivo-vivencial* visam associar a função psicológica superior relativa à memória, denominada por Vigotski (2007) como memória lógica, aos já indissociáveis aspectos afetivo e cognitivo humanos. Ao utilizar a perspectiva vigotskiana nesta tese, para tentar compreender como se dá a aprendizagem de Física ao longo do tempo, percebemos que elementos teóricos de nosso interesse apareciam de forma um pouco espaçada e não tão fortemente relacionada em sua obra. Portanto, sentimos a necessidade de estabelecer essas relações, sobretudo considerando os dados da pesquisa, que, em nosso entendimento, revelaram que as dimensões da memória, da cognição e da afetividade estão fortemente imbricadas na forma como os sujeitos realizam suas retomadas. Vale lembrar que essas categorias de memória são construtos teóricos que entendemos que auxiliam nossa análise; a memória em si, de fato, não é separada em blocos ou regiões dentro dos sujeitos, ou seja, os conhecimentos ou vivências dos estudantes não ocupam lugares próprios em uma ou outra memória, pois ambas estão fortemente associadas.

Os *elementos mediadores* das memórias expressam de que forma ou por intermédio de que fatores os alunos retomaram o que acreditamos que foi reconstruído

intrapsicologicamente (ou apropriado) por eles. Lembrando que “a mediação pode ser caracterizada como um processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação que deixa de ser direta e passa a ser mediada por tal elemento” (GEHLEN e DELIZOICOV, 2012, p. 61), os *elementos mediadores* são justamente os elementos intermediários mencionados pelos autores. Ao longo da análise das atividades, identificamos que *elementos mediadores* foram utilizados pelos estudantes no âmbito das duas memórias.

É interessante perceber que, para um mesmo conhecimento científico escolar, podem ser identificados diferentes elementos mediadores utilizados pelos estudantes. Por exemplo, suponhamos que identifiquemos que alguns alunos retomaram a primeira lei da termodinâmica. Ela seria o conhecimento científico escolar retomado pela *memória científico-afetiva*, e diferentes elementos mediadores poderiam ter sido usados: o nome da lei, o modelo matemático a ela associado, um exemplo dado pelo professor em que ela é válida, um experimento em que foi verificada a conservação da energia, uma situação compartilhada por um colega de turma em que houve a conservação da energia, entre muitos outros.

É importante destacar que a influência das interações sociais na formação das memórias aqui definidas se dá por intermédio dos elementos mediadores, pois eles, ao expressarem o que consideramos que o aluno utiliza para fazer suas retomadas, são um indicativo de como ocorreram as interações em sala de aula. Em outras palavras, como entendemos que o acesso ao conhecimento científico escolar nunca é direto, mas sim mediado por tais elementos, ao conhecê-los temos indícios de como foram as interações sociais que caracterizaram o processo de ensino e aprendizagem. No exemplo dado acima, possivelmente os alunos não mencionariam um experimento realizado ou uma situação compartilhada por um colega da turma se o modo como as interações ocorriam em sala de aula não permitisse que tais situações emergissem. Assim, entendemos que o papel do outro (por exemplo, do professor, da pesquisadora e dos demais alunos) na formação das memórias do sujeito está implícito nos elementos mediadores identificados.

4.5 Análise geral da turma

No âmbito da turma, foi feita a análise dos registros escritos da *Atividade 1* e as respostas ao questionário da *Atividade 2*, conforme apresentamos nas subseções 4.5.1 e 4.5.2.

4.5.1 Atividade 1: retomadas pela escrita coletiva

Iniciamos nossa análise da turma considerando o texto escrito pelos estudantes, em pequenos grupos, como síntese das discussões sobre o que se lembravam das aulas de Física II, na *Atividade 1* (Quadro 4).

Quadro 4. Características do registro obtido (texto escrito) com a *Atividade 1*.

Data	Número da Atividade	Nome da atividade	Descrição da atividade	Forma de participação dos alunos	Registros coletados
03/06/2013	Atividade 1	Sensibilização dos alunos para as situações de aprendizagem da disciplina Física II e para os assuntos nela trabalhados	O professor escreveu no quadro a palavra <i>calor</i> e pediu que os alunos dissessem o que recordavam por conta dessa palavra. O professor ia escrevendo no quadro o que os alunos falavam. Repetiu esse procedimento para a palavra <i>temperatura</i> . O professor pediu que os alunos discutissem em pequeno grupo e elaborassem sínteses dessas discussões.	Pequenos grupos	Texto escrito por cada grupo como síntese do que se lembravam das aulas de Física II

Diante do volume de registros obtidos e considerando nosso objetivo central com a análise desta atividade e o contexto da disciplina Física II, construímos os dados separando-os por temáticas comuns. As categorias de análise utilizadas para descrevê-los e o conteúdo das mesmas consideram nossa fundamentação teórica. A Figura 4 apresenta esse esquema de análise de forma esquemática.

Figura 4. Esquema de construção e análise de dados utilizado para o 2º instrumento de coleta da Atividade 1.

Analizamos os cinco grupos considerando as relações entre eles, de modo que as dimensões do grupo e de toda a turma encontram-se interligadas, pois, ao olhar os grupos como um todo, foi possível inferir sobre a turma.

Nomes dos assuntos estudados e modelos matemáticos como elementos mediadores

Observamos que os cinco grupos escreveram suas sínteses em formas de tópicos, com sentenças mais curtas ou mais longas, dependendo do grupo. Uma característica comum a todos eles foi a presença de menções aos *nomes dos assuntos estudados* no ano de 2012 como sendo algo de que os alunos se lembravam (Quadro 5).

Quadro 5. Nomes dos assuntos estudados em 2012 citados pelos grupos.

Grupos	Dados
Grupo 1	<i>Dilatação, Calorimetria, Equilíbrio Térmico, Gases Ideais, Hidroestática, Corrente de Convecção, Diferença de Pressão, Combustão do motor, Transferência de Energia (calor) – radiação, condução e convecção</i>

Grupo 2	<i>Mudanças de fase, Calorímetro, Constante dos gases, isotérmica, isobárica, isovolumétrica, isocórica, Termodinâmica, Dilatação e contração dos gases Corrente de convecção, Escalas, Tipos de fonte de energia (eólica, hidráulica, gás natural), Calor latente e calor sensível</i>
Grupo 3	<i>Dilatação - linear - volumétrica, Matriz Energética</i>
Grupo 4	<i>Matrizes Energéticas – Biomassa, Dilatação térmica, Corrente de convecção</i>
Grupo 5	<i>Prensa hidráulica, isolamento térmico, dilatação dos corpos, propagação de calor, fontes de energia, escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin, densidade, pressão</i>

Considerando todos os grupos, os assuntos mais citados por eles foram os seguintes: *dilatação, corrente de convecção, fontes de energia, propagação de calor, escalas termométricas, pressão e calor*. Entendemos que a lembrança ao nome dos assuntos estudados, considerada de forma isolada, neste instrumento de coleta que analisamos, não fornece uma informação completa sobre a aprendizagem dos estudantes. Fazemos essa inferência porque os nomes dos assuntos estudados podem ter sido retomados sem que tenha havido a explicação, por parte do grupo, de sua associação com situações que lhes dessem sentido.

No entanto, no caso do Grupo 1, tais nomes apareceram como sínteses do que foi discutido no pequeno grupo (como poder-se-á perceber mais adiante neste texto). Muito possivelmente isso pode ter ocorrido com outros grupos, não analisados por nós. Por isso, problematizando nossos dados relativos aos textos escritos, é interessante perceber que a análise da *Atividade 1* no âmbito do pequeno grupo, por intermédio da discussão entre os estudantes, pode complementar e clarificar a análise dos textos escritos que realizamos.

Identificamos que dois grupos citaram também *modelos matemáticos (relativos a leis, princípios ou conceitos físicos)* estudados em 2012 como sendo algo de que se lembravam (Quadro 6).

Quadro 6. Modelos matemáticos citados pelos grupos.

	Dados		Dados
Grupo 3	$\frac{PV}{t} = \frac{P_0V_0}{t_0}$	Grupo 4	$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0}$
	$PV = nRt$		$Pv = nrt$
	$q = mc\Delta T$		$Q = mc\Delta t$
	$q = mL$		
	$p = \frac{f}{A}$		

Os dois grupos não indicaram a que se referiam os símbolos (letras) utilizados em cada relação matemática escrita nem mencionaram a situação ou fenômeno físico que poderia ser descrito por cada um delas. Tais fatos, mais uma vez, não nos permitem inferir sobre a aprendizagem dos estudantes de forma mais profunda.

No entanto, entendemos que a menção aos *nomes dos assuntos* e aos *modelos matemáticos* estudados no ano de 2012 evidenciam os elementos mediadores responsáveis pela retomada de conhecimentos que permeiam, de alguma forma, a *memória científico-afetiva* dos estudantes.

Experimentos em perspectiva investigativa e exemplos dados pelo professor como elementos mediadores: indícios de apropriação do conhecimento científico escolar

Além dos *nomes dos assuntos* e dos *modelos matemáticos* estudados, houve também um terceiro conjunto de menções, por intermédio das quais interpretamos que os grupos expressaram algum conhecimento que consideraram ter aprendido, conforme pode ser observado no Quadro 7.

Quadro 7. Conhecimentos interpretados como tendo sido aprendidos por cada um dos grupos analisados.

Grupos	Dados (em itálico)
Grupo 1	<i>Rendimento de uma máquina térmica não pode chegar a 100%</i>
	<i>Transferência de Energia (Calor)</i>
Grupo 2	<i>Calor: forma de energia em transe*</i>
Grupo 3	<i>Quanto maior a profundidade maior a pressão atm.</i>
	<i>Energia - capacidade de realizar trabalho</i>
	<i>A energia não utilizada no trabalho se transforma calor.</i>
	<i>A curva de dilatação é diferente dos outros materiais. A água alcança sua densidade máxima a 3 °C*</i>
	<i>O ponto de ebulição da água em [local onde fica a escola] é cerca de 98 °C, por não estarmos a 1 atm e água não é pura.</i>
Grupo 4	<i>Me lembro do experimento da água (Não se pode medir temperatura com a mão).</i>
	<i>Calor Latente: sem variação de temperatura</i>
	<i>Calor Sensível: com variação de temperatura</i>
	<i>Quando a água chega de 0 à -4 °C ela se expande quando congela ao invés de diminuir*</i>
	<i>Quanto mais profundo, maior a pressão. Questão do sino da 2ª Avaliação.</i>
	<i>Em uma placa de metal, se fizermos um círculo e retirá-lo, se aquecer a placa e o círculo, ele encaixa porque ocorre o "fenômeno" da dilatação.</i>
	<i>O calor é transferido a partir da variação da vibração das moléculas que colidem uma com as outras...</i>
	<i>Sobre o ar condicionado. O ar mais quente é menos denso que o frio.</i>
	<i>Um corpo com temperatura T1 (quente) e outra com temperatura T3 (frio). Quando o corpo T1 "transferir" calor para o T3 eles vão atingir a temperatura intermediária T2</i>
	<i>Isolantes: Isopor, o ar, madeira</i>
	<i>O casaco de lã esquenta porque tem "espaço" pro ar, que é um bom isolante térmico.</i>
	<i>Sobre dilatação dos pisos da casa. Por isso que os pedreiros colocam uma separação ou fornecem um espaço entre os pisos porque no calor dilata. A mesma coisa é para as paredes da casa que quando resfriam provocam estalo.</i>

	<i>O fogão tem que ficar afastado da parede (se for de piso) porque a temperatura do fogão pode causar o estufamento da parede.</i>
	<i>Zero absoluto. É quando não tem mais movimento algum das partículas.</i>
	<i>Kelvin: 273 - 373</i>
	<i>Celsius: 0° - 100°</i>
Grupo 5	<i>Quanto menor a área maior a pressão.</i>
	<i>O casaco de moletom do Mikey da Aluna 18 retém mais calor do que um casaco jeans.</i>
	<i>A lã é um bom isolante térmico pois em seus "buracos" possui ar que retém mais calor</i>
	<i>Se aquecer a porca, ela dilata e consegue-se tirar o parafuso</i>
	<i>Os corpos líquidos também se dilatam, um exemplo em aula foi a gasolina</i>

Dentre os 29 conhecimentos considerados aprendidos, três deles (marcados com * no Quadro 7) apresentaram pequenas incorreções em relação ao conhecimento científico. Entendemos que quando o grupo 2 escreveu *Calor: forma de energia em transe* [grifo nosso], queria se referir ao fato de que o calor é uma forma de energia em *trânsito*. Já quando o grupo 3 escreveu que *a curva de dilatação é diferente dos outros materiais. A água alcança sua densidade máxima a 3 °C* [grifo nosso], o grupo reconheceu a dilatação anômala da água, só se equivocou na temperatura em que sua máxima densidade ocorre (4 °C). Mesmo com a incorreção no valor da temperatura, é interessante notar que o grupo relacionou diretamente, de forma implícita, o menor valor de volume da água à sua densidade máxima. O grupo 4 também se equivocou nos valores do intervalo de temperatura, ao afirmar que *quando a água chega de 0 à -4 °C* [grifo nosso] *ela se expande quando congela ao invés de diminuir*. O grupo descreveu de forma apropriada a dilatação anômala da água (ela se expande quando congela, ou seja, quando sua temperatura diminui), mas tal fenômeno ocorre quando a água é resfriada de 4 °C e 0 °C.

Considerando o modo como os conteúdos foram ensinados no ano anterior, conseguimos identificar, entre as 26 afirmações adequadas do ponto de vista científico, dois grupos: um que se refere a conteúdos abordados *em experimentos realizados na*

perspectiva investigativa nas aulas (Quadro 8) e outro que se refere a *exemplos dados pelo professor* durante a explicação dos conteúdos (Quadro 9).

Quadro 8. Conteúdos abordados em *experimentos realizados na perspectiva investigativa*.

Temáticas mencionadas	Grupos	Dados (em itálico)
Temperatura	Grupo 3	<i>O ponto de ebulição da água em [cidade em que se localiza a instituição de ensino] é cerca de 98 °C, por não estarmos a 1 atm e água não e pura.</i>
	Grupo 4	<i>Me lembro do experimento da água (Não se pode medir temperatura com a mão).</i>
Dilatação	Grupo 5	<i>Os corpos líquidos também se dilatam, um exemplo em aula foi a gasolina</i>

Sobre os conteúdos abordados em experimentos de caráter investigativo, temperatura e dilatação foram as temáticas citadas pelos grupos 3, 4 e 5. Inferimos que a afirmação do grupo 3 no Quadro 8 (*O ponto de ebulição da água em [cidade em que se localiza a instituição de ensino] é cerca de 98 °C, por não estarmos a 1 atm e água não e pura.*) se refere ao experimento realizado Atividade C (*Panela com água no fogão*), que ocorreu em 11 de abril de 2012 (de acordo com nosso caderno de campo), e cujo objetivo era que os alunos compreendessem o conceito de calor enquanto energia responsável por gerar tanto mudança de temperatura como mudança de fase à temperatura constante. Conforme consta em nosso caderno de campo, durante a realização do experimento, em 2012, os alunos da turma como um todo ficaram bastante impressionados com o fato de a água ter entrado em ebulição a 98 °C, pois eles esperavam que isso ocorresse somente a 100 °C, como constava no livro didático e como eles tinham aprendido nas aulas de Química.

O resultado do experimento e sua explicação parecem ter afetado positivamente os estudantes do grupo 3, pois eles retomaram os argumentos levantados à época para justificar tal resultado obtido, mas inesperado para os estudantes: o local de realização do experimento e a possível diferença na pressão atmosférica onde o experimento foi realizado e na pureza da água usada para o aquecimento. Entendemos, portanto, que a

realização da *Atividade C: Panela com água no fogão*, ocorrida em 11 de abril de 2012, possibilitou aos estudantes ampliar suas compreensões sobre medidas físicas e realização de experimentos (os quais nem sempre reproduzem os resultados previstos) e as concepções dos estudantes sobre o conhecimento científico, devido às incertezas nas medições e às diferentes condições em que os experimentos são realizados.

Sobre a afirmação do grupo 4 (*Me lembro do experimento da água (Não se pode medir temperatura com a mão)*), ela faz referência explícita à *Atividade A: Está com febre?*, ocorrida em 09 de abril de 2012, e cujo objetivo, entre outros, era verificar que o tato não é um bom instrumento de medição de temperatura. Os alunos do grupo citaram o resultado do experimento como tendo sido aprendido por eles, fato que, um ano após a realização da atividade, parece indicar que o experimento realizado e sua conclusão foram marcantes, afetando-os positivamente. Ademais, é interessante mencionar que essa foi a primeira atividade investigativa de caráter experimental que realizaram manipulando materiais e estando no laboratório de Física da escola. Tais fatores afetivos e relacionados ao contexto podem ajudar a compreender a retomada desse conhecimento pelo grupo 4.

O grupo 5, ao afirmar que *os corpos líquidos também se dilatam, um exemplo em aula foi a gasolina*, remeteu indiretamente à *Atividade G: Tanque cheio de gasolina ao Sol*, ocorrida, de acordo com nosso caderno de campo, em 07 de maio de 2012, e cujo objetivo era verificar que o aumento de temperatura pode gerar aumento de volume. A analogia entre a dilatação de dois líquidos (a água, estudada no experimento realizado, e a gasolina), empregada para a resolução do problema que deu origem à atividade investigativa, foi implicitamente retomada pelos estudantes, pois eles enfatizaram que os líquidos *também* se dilatam, parecendo que não esperavam, a princípio, que isso acontecesse.

No que se refere a *exemplos dados pelo professor* em sala de aula, os dados aparecem no Quadro 9.

Quadro 9. Menções a exemplos dados pelo professor em aula em 2012.

Temáticas mencionadas	Grupos	Dados (em itálico)
Densidade	Grupo 4	<i>Sobre o ar condicionado. O ar mais quente é menos denso que o frio.</i>
Dilatação	Grupo 4	<i>Em uma placa de metal, se fizermos um círculo e retirá-lo, se aquecer a placa e o círculo, ele encaixa porque ocorre o "fenômeno" da dilatação.</i>
		<i>Sobre dilatação dos pisos da casa. Por isso que os pedreiros colocam uma separação ou fornecem um espaço entre os pisos porque no calor dilata. A mesma coisa é para as paredes da casa que quando resfriam provocam estalo.</i>
		<i>O fogão tem que ficar afastado da parede (se for de piso) porque a temperatura do fogão pode causar o estufamento da parede.</i>
	Grupo 5	<i>Se aquecer a porca, ela dilata e consegue-se tirar o parafuso</i>
Isolamento térmico	Grupo 4	<i>Isolantes: Isopor, o ar, madeira</i>
		<i>O casaco de lã esquenta porque tem "espaço" pro ar, que é um bom isolante térmico.</i>
	Grupo 5	<i>O casaco de moletom do Mikey da Aluna 18 retém mais calor do que um casaco jeans.</i>
		<i>A lã é um bom isolante térmico pois em seus "buracos" possui ar que retém mais calor</i>

Há duas menções dos grupos 4 e 5, respectivamente, à questão do isolamento térmico. Ambos citaram o fato de a lã ser um bom isolante térmico e que, por isso, ela é utilizada para fazer casacos. Os dois grupos mencionaram também o porquê de a lã ter essa característica: a presença de ar entre os espaçamentos existentes em um tecido de lã. Mas de onde veio a retomada desse conhecimento?

Conhecimento científico escolar e sua relação com a perspectiva do ensino por investigação

A explicação sobre isolamento térmico foi dada pelo professor no dia 14 de maio de 2012, quando introduziu a temática da propagação de calor, em especial, da condução térmica. Apresentamos dados relativos a nosso caderno de campo (página 25), os quais ilustram a forma como o professor trabalhou a temática.

O professor escreve no quadro - Propagação de calor; pergunta sobre a temperatura ambiente e por que usamos casaco quando está frio.
Aluna 10: O casaco impede a troca de calor com o ambiente;
Aluna 7: A jaqueta jeans pega o "frio" todo da gente, eu fico com mais frio;
Aluna 1: Tem a ver com o coeficiente de condutividade térmica; Aluno 19: O casaco não esquento;
O professor diz que essa frase é verdadeira. Professor diz que o casaco de lã isola melhor do que o casaco jeans - cita as falas das Alunas 10 e 7;
Aluna 23 diz que com casaco não sente calor no verão;
Professor sintetiza: casaco isola; jeans é mau isolante; lã é bom isolante - tem ar dentro dela.

É interessante notar a forma como a explicação sobre o isolamento térmico foi conduzida pelo docente. Ele colocou uma pergunta aberta (*por que usamos casacos quando está frio?*), cujo conteúdo era próximo ao cotidiano dos alunos, e deixou que os estudantes se expressassem livremente sobre ela, colocando suas hipóteses de resposta ao questionamento. Algumas delas estão mais próximas do conhecimento científico (*Alunos 10, 1, 19 e 23*); outras, mais distantes (*Aluna 7*). No entanto, o professor não rechaçou diretamente nenhuma delas, considerando todas as falas, mas encaminhou a discussão em direção ao conhecimento científico utilizando as hipóteses das Alunas 7 e 10 para afirmar que o casaco de lã isola mais que o casaco jeans.

A dinâmica implementada pelo professor nas interações sociais estabelecidas com os alunos no trecho analisado é bastante característica da perspectiva do ensino por investigação, pois se iniciou com um problema aberto, houve a colocação de hipóteses pelos estudantes e o professor mediu a discussão em direção ao conhecimento científico. Ademais, o professor sintetizou as discussões ao final (*Professor sintetiza: casaco isola; jeans é mau isolante; lã é bom isolante - tem ar dentro dela.*), sendo esse momento de sistematização extremamente importante na perspectiva investigativa.

Uma evidência de que perspectiva do ensino por investigação favoreceu a aprendizagem foi o fato de o grupo 5 ter afirmado, na coleta de 2013, que o *casaco de moletom do Mikey da Aluna 18 retém mais calor do que um casaco jeans*. Fazemos essa inferência porque essa afirmação se opõe à concepção inicial não-científica de 2012 da Aluna 7: *A jaqueta jeans pega o "frio" todo da gente, eu fico com mais frio*. O termo “frio”, que sabemos que não tem sentido enquanto entidade física, foi utilizado pela aluna em sua hipótese inicial sobre a sensação que tinha de o casaco jeans “esquentar” menos que o de moletom. A explicação adequada do ponto de vista científico, feita em 2012 na perspectiva investigativa, foi retomada em 2013 pelo grupo 5, no qual estava a mesma Aluna 7.

A relação com o cotidiano, os experimentos em perspectiva investigativa, os exemplos do professor e questão presente em avaliação como elementos mediadores

Observamos que foi comum aos grupos a presença de relações entre a Física e o cotidiano, o que pode ser observado no Quadro 10.

Quadro 10. Relações com o cotidiano feitas pelos grupos.

Temáticas mencionadas	Grupos	Dados (em itálico)
Densidade	Grupo 4	<i>Sobre o ar condicionado. O ar mais quente é menos denso que o frio.</i>
Dilatação	Grupo 4	<i>Sobre dilatação dos pisos da casa. Por isso que os pedreiros colocam uma separação ou fornecem um espaço entre os pisos porque no calor dilata. A mesma coisa é para as paredes da casa que quando resfriam provocam estalo.</i>
		<i>O fogão tem que ficar afastado da parede (se for de piso) porque a temperatura do fogão pode causar o estufamento da parede.</i>

	Grupo 5	<i>Se aquecer a porca, ela dilata e consegue-se tirar o parafuso</i>
		<i>Os corpos líquidos também se dilatam, um exemplo em aula foi a gasolina</i>
Isolamento térmico	Grupo 4	<i>O casaco de lã esquenta porque tem "espaço" pro ar, que é um bom isolante térmico.</i>
	Grupo 5	<i>O casaco de moletom do Mikey da Aluna 18 retém mais calor do que um casaco jeans.</i>
		<i>A lã é um bom isolante térmico pois em seus "buracos" possui ar que retém mais calor</i>
Temperatura	Grupo 3	<i>O ponto de ebulição da água em [cidade em que se localiza a instituição de ensino] é cerca de 98 °C, por não estarmos a 1 atm e água não é pura.</i>
	Grupo 4	<i>Não se pode medir temperatura com a mão</i>

Observamos que o Quadro 10 (10 dados) apresenta todos os dados do Quadro 8 (três dados) e oito dos nove dados do Quadro 9. Em outras palavras, as relações com o cotidiano expressas pelos grupos de alunos em suas afirmações sobre o que consideraram ter aprendido englobam tanto as menções aos experimentos realizados em perspectiva investigativa como àquelas relativas aos exemplos dados pelo professor em sala de aula. Esses três elementos são aqueles por intermédio dos quais os grupos retomaram o conhecimento que consideraram ter aprendido, ou seja, foram os elementos mediadores da *memória científico-afetiva* enquanto função mental superior. Expressamos as relações entre eles por intermédio da Figura 5.

É importante ressaltar que nem sempre é possível, pelos dados, fazer inferências sobre os elementos mediadores utilizados pelos alunos em suas retomadas. Dos 26 dados que continham afirmações adequadas do ponto de vista científico, só foi possível identificar esses elementos de mediação em 12 deles. Tal fato, no entanto, não significa que tais elementos estejam ausentes; apenas não foi possível inferir sobre eles. Em outras palavras, os elementos mediadores podem estar implícitos, pois nem sempre o sujeito os expressa espontaneamente.

Figura 5. Elementos mediadores da *memória científico-afetiva* utilizados pelos grupos.

Os grupos 4 e 5 parecem ter considerado que aprenderam sobre dilatação, pois há, respectivamente, três e dois dados relativos à essa temática nos textos desses grupos. No entanto, são distintos os elementos de mediação de que os alunos se valeram para fazer essas retomadas.

Agrupando os dados em torno dessa temática (Quadro 11), observamos que o grupo 4 retomou a dilatação por intermédio da menção a três exemplos dados pelos professor em sala de aula. Dois desses exemplos tinham relação com o cotidiano.

Quadro 11. Dados e elementos mediadores na retomada da temática da dilatação.

Grupos	Dados (em negrito)	Elementos de Mediação
Grupo 4	<i>Em uma placa de metal, se fizermos um círculo e retirá-lo, se aquecer a placa e o círculo, ele encaixa porque ocorre o "fenômeno" da dilatação.</i>	Exemplos dados pelo professor
	<i>Sobre dilatação dos pisos da casa. Por isso que os pedreiros colocam uma separação ou fornecem um espaço entre os pisos porque no calor dilata. A mesma coisa é para as paredes da casa que quando resfriam provocam estalo.</i>	

	<i>O fogão tem que ficar afastado da parede (se for de piso) porque a temperatura do fogão pode causar o estufamento da parede.</i>	
Grupo 5	<i>Se aquecer a porca, ela dilata e consegue-se tirar o parafuso</i>	
	<i>Os corpos líquidos também se dilatam, um exemplo em aula foi a gasolina</i>	Experimento realizado na perspectiva investigativa

Já o grupo 5 mencionou tanto um exemplo dado pelo professor em sala de aula como um experimento realizado na perspectiva investigativa, sendo que ambos estavam relacionados ao cotidiano dos estudantes. Entendemos que esses dados em comparação expressam os distintos caminhos que caracterizaram a aprendizagem dos estudantes ao longo do tempo, pois os grupos foram afetados de diferentes modos pelas aulas ministradas no ano anterior.

Os grupos 4 e 5 afirmaram lembrar-se de *atividades desenvolvidas em aula*. São dados relativos ao grupo 4: *Me lembro do experimento da água (Não se pode medir temperatura com a mão); Experimento com o mergulhão pra medir a temperatura de ebulição da H₂O; Lembro do meu seminário que me passou de período sobre Matrizes Energéticas – Biomassa; Quanto mais profundo, maior a pressão. Questão do sino da 2ª Avaliação*. São dados relativos ao grupo 5: *Os corpos líquidos também se dilatam, um exemplo em aula foi a gasolina; Experiência feita em aula, onde uma vela se localizava na ponta de uma barra de ferro e na outra ponta havia cera. Observou-se que a cera derreteu; Seminário*.

Houve, assim, lembranças a questões presentes nas avaliações, a experimentos realizados em aula e ao seminário apresentado pelos alunos. Os experimentos citados foram realizados na perspectiva do ensino por investigação, assim como a atividade sobre a dilatação da gasolina.

O dado *Me lembro do experimento da água (Não se pode medir temperatura com a mão)* refere-se à *Atividade 1: Está com febre?*, conforme já analisado anteriormente. Focando nossa atenção na menção à atividade, há nesse dado o material usado no

experimento (*Me lembro do experimento da água*) e o objetivo da atividade (concluir que o tato não é um bom instrumento de medida de temperatura).

Um dos objetivos da *Atividade C: Panela com água no fogão*, qual seja, verificar que a temperatura de ebulição da água é constante, e o material utilizado na experiência (*Experimento com o mergulhão*) relativa a essa atividade são mencionados no dado *Experimento com o mergulhão pra medir a temperatura de ebulição da H₂O*.

Entendemos que, de forma geral, a *descrição do experimento* foi usada como elemento mediador para a retomada, pela *memória científico-afetiva*, dos experimentos realizados em perspectiva investigativa em 2012. Em especial, tal descrição envolveu o *material usado no experimento*, o *procedimento experimental utilizado*, o *fenômeno observado* e o *objetivo do experimento*.

Esse resultado concorda com conclusões (ainda não publicadas) de nosso estudo piloto, feito com dados de registros provenientes da mesma atividade aplicada, em 2011, com nossos próprios alunos, em um contexto semelhante ao desta tese. Nessa pesquisa, elencamos os seguintes elementos mediadores para a retomada de experimentos pela *memória científico-afetiva*, no âmbito da *descrição do experimento*: *material utilizado no experimento*; *descrição do arranjo experimental*; *analogia do experimento com uma situação cotidiana*; *fenômeno observado*; *problema colocado pela atividade investigativa*; *procedimento experimental realizado*; *objetivo da atividade*.

O dado *Experiência feita em aula, onde uma vela se localizava na ponta de uma barra de ferro e na outra ponta havia cera. Observou-se que a cera derreteu* refere-se ao experimento sobre condução térmica realizado em sala de aula, em 14 de maio de 2012, na perspectiva investigativa. Há nesse dado uma descrição do experimento realizado, com menções ao material e ao procedimento experimental utilizado (*uma vela se localizava na ponta de uma barra de ferro e na outra ponta havia cera*) e também ao fenômeno observado (*Observou-se que a cera derreteu*).

É interessante notar que as atividades desenvolvidas em aula foram citadas frequentemente em sua relação com o conteúdo específico da disciplina nelas envolvido. No dado *Quanto mais profundo, maior a pressão. Questão do sino da 2ª Avaliação*, o grupo 4 indicou uma situação em que a relação entre profundidade e pressão lhe foi

solicitada. Tal situação esteve, de fato, presente na segunda avaliação do primeiro bimestre de 2012, como aparece na Figura 6.

Figura 6. Questão do sino da 2ª avaliação, mencionada um ano depois.

O grupo destacou, assim, a importância de uma *questão presente em avaliação* não somente como verificação da aprendizagem dos estudantes (papel comumente atribuído a ela pelos próprios alunos e pelo professor), mas também, em longo prazo, como um elemento mediador para a retomada do conhecimento científico.

Relações afetivas positivas e negativas como elementos mediadores da memória afetivo-vivencial

No dado *Lembro do meu seminário que me passou de período sobre Matrizes Energéticas – Biomassa*, entendemos que o grupo expressou uma relação afetiva positiva com o seminário apresentado, já que ele foi visto como algo que ajudou na aprovação dos alunos (pelo menos, na aprovação de quem escreveu o texto, pois o fez na 1ª pessoa do singular). Assim, essa *relação afetiva positiva* foi o elemento mediador da retomada da atividade pela memória afetivo-vivencial.

Os alunos do grupo 3 expressaram elementos afetivos ao escreverem *Desespero; Medo; Passei!!! Uhulll!*. Entendemos que eles retomaram, pela memória afetivo-vivencial, os sentimentos e sensações vivenciados nas aulas de Física de 2012. Pelo

conteúdo desses dados, *relações afetivas positivas e negativas* parecem ter sido usadas como elemento mediador para essa memória.

No estudo piloto desta tese, relatado em parte em Maximo-Pereira (2011), verificamos a presença de muitos elementos afetivos nos dados, fato sobre o qual escrevemos à época:

nossa hipótese é que não há como desconsiderar essa dimensão da aprendizagem e que ela pode se manter mesmo em longo prazo (décadas após a escolarização). Tal ideia se baseia em um argumento empírico e em um argumento teórico: do nosso convívio social, percebemos que as pessoas que tiveram aulas de Física no Ensino Médio sempre relatam, mesmo muito tempo depois de saírem da escola, algum tipo de memória (infelizmente, nem sempre positiva) de suas aulas, de seu professor ou do ambiente de sala de aula; além disso, a própria característica socio-interacionista do processo de ensino-aprendizagem e a relação entre cognição e afetividade, identificada por Vygotsky³⁴, fundamentam a compreensão dessa dimensão. (MAXIMO-PEREIRA, 2011, p. 8)

Uma diferença importante entre o estudo piloto e esta tese diz respeito às condições de produção dos registros, o que pode explicar a significativa diferença entre a presença de aspectos afetivos nas duas investigações realizadas. No estudo piloto, docente e pesquisadora eram a mesma pessoa, a coleta de registros se deu no início do ano letivo de 2011, como uma oportunidade de revisão dos conhecimentos trabalhados pela mesma docente dois anos antes com os alunos. Ou seja, a coleta ocorreu dois anos após os contatos iniciais dos alunos com os conteúdos sobre calor e temperatura. Não havia em sala de aula um ambiente formal de pesquisa, o que pode ter deixado os alunos mais à vontade para mencionarem elementos afetivos.

No trabalho de campo relativo a esta tese, docente e pesquisadora eram duas pessoas distintas. O primeiro conduziu a proposição da atividade em sala e ambos interagiram com os grupos de estudantes ao longo da atividade escrita. As coletas de registros ocorreram no primeiro semestre de 2012 e no início do ano letivo de 2013, como uma oportunidade de revisão dos conhecimentos trabalhados em 2012, ou seja, um ano antes. Ao contrário do estudo piloto, havia em sala de aula um ambiente formal de pesquisa, com câmeras e gravadores. Ademais, os alunos envolvidos na pesquisa tinham

³⁴ Optamos por manter a escrita do nome do autor conforme consta no trabalho original citado.

consciência de que a atividade de coleta de registros tinha como finalidade a realização da tese da pesquisadora envolvida, pois ela poderia não ocorrer na aula regular do professor da turma se a pesquisa não estivesse sendo realizada. Por tudo isso, entendemos que houve menos menções a aspectos afetivos nos dados da tese nessa atividade porque os alunos investigados sabiam da pesquisa, por isso, foram mais objetivos em suas escritas, enfatizando aspectos cognitivos relativos à aprendizagem da disciplina.

No entanto, em outros dados, sobretudo em forma de transcrições de fala, os aspectos afetivos aparecem mais fortemente, como se pode observar ao longo de nossa análise por intermédio de outros instrumentos de coleta.

Síntese da análise realizada

Diante da análise dos textos escritos pelos grupos após a discussão sobre o que recordavam da disciplina Física II, os *nomes dos assuntos estudados*, os *modelos matemáticos (relativos a leis, princípios ou conceitos físicos) estudados* e as *atividades realizadas em aula* foram os elementos mediadores identificados em suas retomadas, pela *memória científico-afetiva*. Em especial, no que se refere às *atividades realizadas em aula*, os *exemplos dados pelo professor* e os *experimentos realizados na perspectiva investigativa* (tendo, na interseção entre esses dois elementos, as *relações com o cotidiano*) foram os elementos mediadores identificados nas retomadas de conhecimento científico escolar, o qual acreditamos que permeia a *memória científico-afetiva* dos estudantes. Na grande maioria dos dados analisados, tal conhecimento foi retomado de forma correta do ponto de vista científico pelos grupos, ou seja, as apropriações foram também pertinentes e adequadas às expectativas sociais (SMOLKA, 2000).

Esse resultado nos permite inferir que os alunos dos grupos, em geral, sabiam o que consideravam ter aprendido, o que está associado ao conhecimento metacognitivo sobre pessoas, pois eles parecem ter se reconhecido como seres cognitivos. Ademais, considerando que, nessa atividade, os alunos poderiam livremente escolher sobre o que iriam escrever, podemos formular a hipótese de que as manifestações espontâneas dos grupos sobre o que consideravam saber são situações propícias para que se observem indícios de apropriação do conhecimento científico escolar. Fazemos tal suposição porque

parece-nos que o aluno se sente mais confortável para expressar, ao seu modo, o que lhe é próprio do que a sua apropriação sobre um assunto que lhe é solicitado.

Foram retomados, pela memória afetivo-vivencial, *sentimentos e sensações vivenciados* à época e *atividades realizadas em aula*. Tais atividades foram consideradas retomadas por essa memória quando não houve uma explícita relação entre elas e o conhecimento científico escolar que lhes era subjacente.

Entendemos que, para que todas as retomadas ocorressem do modo como se deram, foi fundamental o tipo de mediação que o professor realizou em 2012, em consonância com sua perspectiva de ensino, pois são justamente características de sua forma de ensino (*exemplos dados pelo professor, relação com o cotidiano e experimentos realizados na perspectiva investigativa*) que os alunos utilizaram como elementos mediadores para a retomada do conhecimento trabalhado pelo docente um ano antes. Tal fato reitera o papel fundamental da perspectiva do ensino por investigação e das interações sociais promovidas pelo professor para a formação de um ambiente propício à aprendizagem de Física.

Muitas temáticas foram recorrentes nos grupos e elementos mediadores semelhantes também foram utilizados. Todavia, cada grupo de alunos imprimiu a sua marca ao conhecimento que evocou, citando exemplos que parecem tê-los afetado mais fortemente, experimentos mais marcantes, etc..

Sobre as temáticas mencionadas pelos grupos em seus textos (escolhidas com base na discussão previamente mediada pelo professor e no interior do próprio grupo), pensamos que a seleção do conhecimento científico escolar relativo a elas expressa algum tipo de relevância desses conhecimentos para os grupos. Para investigarmos como emergiram tais temáticas, analisamos as interações em pequeno grupo, em nosso segundo âmbito de análise para a *Atividade 1* (seção 4.6.1).

4.5.2 Atividade 2: reflexão escrita sobre a aprendizagem

Passamos a analisar as respostas escritas dos estudantes ao questionário com perguntas abertas, que é o instrumento de coleta da *Atividade 2: Reflexão sobre a*

aprendizagem durante a disciplina Física II, de 2013. Consideramos as respostas às perguntas 2 e 4 do questionário, como apresentado no Quadro 12.

Quadro 12. Características do registro obtido com a *Atividade 2*.

Data	Número da Atividade	Nome da atividade	Descrição da atividade	Forma de participação dos alunos	Registros coletados
03/06/2013	Atividade 2	Reflexão sobre a aprendizagem durante a disciplina Física II	O professor distribuiu o questionário aos alunos e pediu que eles o respondessem, considerando as aulas da disciplina Física II.	Individual	Respostas escritas às perguntas 2 e 4 do questionário com perguntas abertas

Consideramos as respostas de todos os alunos da turma em nossa análise, de modo que focamos nosso olhar em cada estudante, mas com o objetivo de ter um panorama geral de todos eles.

Perspectiva de ensino do professor, relações afetivas e conhecimento metacognitivo: o que colaborou para a aprendizagem

Para a análise das respostas à pergunta 2 (*O que você acha que influenciou para você aprender o que mencionou acima?*), seguimos o caminho expresso na Figura 7, ou seja, construímos dados que expressam os elementos que os alunos mencionaram como tendo-os influenciado a aprender e os identificamos com os conteúdos das categorias de análise.

Figura 7. Esquema de construção e análise de dados por intermédio das respostas à questão 2 do questionário.

Investigamos 20 sujeitos da turma (os Alunos 8 e 14 faltaram ou chegaram atrasados no dia da coleta dos registros, por isso, não aparecem nesta análise), o que gerou um grande volume de dados (Quadro 13). Assim, iremos apresentá-los e analisá-los em partes, agrupando elementos semelhantes para evidenciar categorias associadas aos dados.

Quadro 13. Dados relativos à pergunta 2 do questionário da *Atividade 2*.

Sujeitos	Dados
Aluna 1	<i>O professor, as aulas dinâmicas, as práticas feitas em laboratório</i>
Aluna 2	<i>Primeiramente o professor, que soube ensinar muito bem matéria; meu esforço; sempre estar estudando</i>
Aluno 3	<i>A maneira em que a matéria foi aplicada, aulas bem dinâmicas</i>
Aluno 4	<i>Experimentos em sala e no laboratório</i>
Aluno 5	<i>O assunto das matérias</i>
Aluna 6	<i>Aulas prática, exemplos em aula, o seminário</i>
Aluna 7	<i>As colocações com o dia a dia, experiências em sala de aula e laboratório, a forma de ensinar do professor</i>
Aluna 9	<i>Termos um excelente professor; aprender com exemplos do dia-a-dia, como da panela de pressão ou do azulejo e sua dilatação</i>
Aluna 10	<i>Os bons professores, as práticas e os trabalhos interativos</i>
Aluna 11	<i>Com certeza... o modo em que o professor deu a matéria, dando exemplos, trazendo exemplos do dia-a-dia, exemplos práticos do laboratório</i>
Aluna 12	<i>Ter ido às aulas e ter prestado atenção</i>
Aluno 13	<i>A forma que o conteúdo foi apresentado e os exemplos</i>

Aluno 15	<i>A forma de ensino e as explicações do livro</i>
Aluna 16	<i>Interesse pelos assuntos, facilidade com respeito às matérias e as associações com o cotidiano e com a parte química</i>
Aluna 17	<i>A dedicação dos professores, a vontade de aprender. Gostei muito, tenho até meu caderno do 2º período.</i>
Aluna 18	<i>As práticas feitas tanto em sala de aula como em laboratório. As explicações bem feitas em sala de aula. Explicações com a participação dos alunos.</i>
Aluno 19	<i>Passar de período</i>
Aluno 20	<i>As aulas e a vontade de passar de período</i>
Aluno 21	<i>Dedicação, boa aplicação dos conteúdos, bons professores</i>
Aluna 22	<i>As maravilhosas explicações do professor e meu interesse pela matéria</i>

Quanto ao que consideraram como os tendo influenciado a aprender, os alunos mencionaram, com muita frequência, as atividades de aprendizagem propostas pelo professor. Houve também quatro dados em que os estudantes somente mencionaram o professor (ou os professores), sem explicitar que características dele(s) e/ou de sua perspectiva de ensino levaram-nos a citá-lo(s) como os tendo influenciado a aprender.

No entanto, considerando cada um desses quatro dados em sua relação com os demais dados relativos a cada um dos alunos, vemos que os alunos acabaram apresentando, ainda que de forma implícita, por intermédio de outros dados, uma justificativa para a menção ao professor (Quadro 14). Por exemplo, a Aluna 1 citou *o professor, as aulas dinâmicas e as práticas feitas em laboratório* como sendo aquilo que a influenciou a aprender, ou seja, a presença do professor aparece atrelada às *características de sua perspectiva de ensino*. Ou seja, nesse exemplo, podemos inferir que as aulas dinâmicas e as atividades práticas feitas em laboratório são características da perspectiva de ensino do professor que levaram a Aluna 1 a mencioná-lo como tendo contribuído para a sua aprendizagem.

Quadro 14. Menções ao professor associadas a características de sua perspectiva de ensino.

Sujeitos	Dados (em <i>itálico</i>)	Características da perspectiva de ensino do professor	O professor
Aluna 1	<i>O professor</i>		X
	<i>As aulas dinâmicas</i>	X	
	<i>As práticas feitas em laboratório</i>	X	
Aluna 9	<i>Termos um excelente professor</i>		X
	<i>Aprender com exemplos do dia-a-dia, como da panela de pressão ou do azulejo e sua dilatação</i>	X	
Aluna 10	<i>Os bons professores</i>		X
	<i>As práticas</i>	X	
	<i>Os trabalhos interativos</i>	X	
Aluno 21	<i>Boa aplicação dos conteúdos</i>	X	
	<i>Bons professores</i>		X

Ainda que a perspectiva de ensino do professor esteja implícita na menção ao docente (como indicado no Quadro 14), observamos que tal menção pode estar de forma implícita na característica da perspectiva de ensino do docente citada pelo aluno (*a forma que o conteúdo foi apresentado com certeza...* (Aluno 13)) ou também de forma explícita (*o modo em que o professor deu a matéria* (Aluna 11)).

Entendemos que a presença explícita do professor nos dados dos Alunos 1, 9, 10 e 21 (Quadro 14) expressa, de alguma forma, que esses estudantes estabeleceram uma relação afetiva mais intensa com o professor e que tal tipo de relação contribuiu positivamente para suas aprendizagens, pelo menos, de acordo com o ponto de vista dos próprios estudantes. Além disso, mesmo nos dados relativos às características da perspectiva de ensino do professor, há, também, menções explícitas que revelam essa mais intensa relação afetiva com ele, como: *com certeza... o modo em que o professor deu a matéria* (Aluna 11); *as maravilhosas explicações do professor* (Aluna 22). Apresentamos todas as menções desse tipo no Quadro 15.

Quadro 15. Menções a características da perspectiva de ensino do professor em que o docente aparece explicitamente.

Sujeitos	Dados (em itálico)	Características da perspectiva de ensino do professor
Aluna 2	<i>Primeiramente o professor, que soube ensinar muito bem matéria</i>	X
Aluna 7	<i>A forma de ensinar do professor</i>	X
Aluna 11	<i>Com certeza... o modo em que o professor deu a matéria</i>	X
Aluna 17	<i>A dedicação dos professores</i>	X
Aluna 18	<i>As explicações bem feitas em sala de aula</i>	X
Aluna 22	<i>As maravilhosas explicações do professor</i>	X

Sobre os demais alunos, que não mencionaram, explícita ou implicitamente, o professor, não podemos afirmar se essa relação afetiva positiva foi mais intensa ou não, pois eles não a expressaram nos dados analisados. Ainda assim, as menções diretas ao professor e aquelas por intermédio das características de sua perspectiva de ensino apareceram em 10 dos 22 sujeitos investigados, o que nos permite afirmar que, de forma geral, as interações professor-aluno desencadeadas durante as aulas de Física II em 2012 possibilitaram que os estudantes estabelecessem com o professor relações afetivas positivas, que eles apontaram terem contribuído para suas aprendizagens.

No que diz respeito às menções aos *bons professores* (Aluna 10 e Aluno 21) e à *dedicação dos professores* (Aluna 17), entendemos que a presença dos professores (no plural) se refere ao docente da disciplina e à pesquisadora.

Ainda que tivéssemos esclarecido, desde o início da pesquisa, o papel da pesquisadora durante as aulas, os estudantes sabiam, pela formação acadêmica dela e por sua prática profissional, que se tratava de uma professora de Física, mesmo que em outro contexto e em outra instituição de ensino. Além disso, o caráter de observação participante da investigação realizada propiciou contatos frequentes, na sala de aula e em

outros espaços do ambiente escolar, entre a pesquisadora e os alunos, a fim de observar as atividades, esclarecer dúvidas quando solicitada pelos estudantes, fornecer exemplos adicionais, etc. Acreditamos que tais elementos do contexto da pesquisa podem ter influenciado os estudantes a se referirem à pesquisadora como professora.

Diante dos argumentos até então expostos, entendemos que, de forma geral, a *perspectiva de ensino do professor* (com maior ou menor ênfase ao professor em si) e as *características dos alunos* no que se referem à sua relação com seus próprios processos de aprendizagem são os elementos que parecem ter influenciado a aprendizagem dos estudantes.

Relacionando a descrição dos dados com nossos elementos teóricos de base e considerando o caráter fortemente metacognitivo da atividade analisada, entendemos que os dados construídos pela escrita dos estudantes podem ser associados aos conhecimentos metacognitivos sobre *pessoas, tarefas e estratégias*, nos termos de Flavell, Miller e Miller (1999) e Figueira (2003). Em outras palavras, entendemos que o conhecimento que o sujeito tem sobre ele mesmo enquanto ser cognitivo, sobre os critérios da atividade que vai realizar e sobre os modos mais adequados de realizá-la foram explicitados pelos estudantes quando mencionaram o que colaborou para suas aprendizagens.

Reunindo os dados que se referem a *características da perspectiva de ensino do professor* que auxiliaram os alunos em suas aprendizagens, observamos que muitos desses dados se relacionam com as atividades investigativas aplicadas durante a disciplina Física II, como, por exemplo: *experimentos em sala e no laboratório* (Aluno 4); *aulas práticas* (Aluna 6); *aprender com exemplos do dia a dia* (Aluna 9). Fazemos essa afirmação porque tais atividades aplicadas pelo professor eram, em sua maioria, experimentais e estavam associadas a fenômenos do cotidiano. Em várias delas os alunos tinham que realizar o experimento, manipulando instrumentos, o que se reflete no caráter prático expresso por eles. Assim, de forma geral, verificamos a presença do ensino por investigação permeando as características da perspectiva de ensino do professor mencionadas pelos alunos como sendo importantes para suas aprendizagens.

Voltando a analisar as *características da perspectiva de ensino do professor* como um todo, percebemos que elas estão associadas muito frequentemente ao *conhecimento metacognitivo sobre estratégias* (Quadro 16). Por exemplo, a Aluna 18 reconheceu

algumas das estratégias que julga relevantes para facilitar sua aprendizagem, quais sejam: a realização de atividades práticas (tanto em sala de aula como no laboratório); estar atenta às explicações do professor; a participação dos alunos durante as explicações do professor. Assim, entendemos que a aluna expressou seu conhecimento metacognitivo sobre estratégias.

Quadro 16. Dados que evidenciam conhecimento metacognitivo sobre estratégias e tarefas na menção a características da perspectiva de ensino do professor.

Sujeitos	Dados (em itálico)	Características da perspectiva de ensino do professor	Conhecimento metacognitivo sobre tarefas	Conhecimento metacognitivo sobre estratégias
Aluna 1	<i>As aulas dinâmicas</i>	X		X
	<i>As práticas feitas em laboratório</i>	X		X
Aluna 2	<i>Primeiramente o professor, que soube ensinar muito bem a matéria</i>	X		
Aluno 3	<i>A maneira em que a matéria foi aplicada</i>	X		X
	<i>Aulas bem dinâmicas</i>	X		X
Aluno 4	<i>Experimentos em sala e no laboratório</i>	X		X
Aluna 6	<i>Aulas práticas</i>	X		X
	<i>Exemplos em aula</i>	X		X
	<i>O seminário</i>	X		X
Aluna 7	<i>As colocações com o dia a dia</i>	X		X
	<i>Experiências em sala de aula e laboratório</i>	X		X
	<i>A forma de ensinar do professor</i>	X		X
Aluna 9	<i>Aprender com exemplos do dia-a-dia, como da panela de pressão ou do azulejo e sua dilatação</i>	X		X
Aluna 10	<i>As práticas</i>	X		X
	<i>Os trabalhos interativos</i>	X		X
Aluna 11	<i>Com certeza... o modo em que o professor deu a matéria</i>	X		
	<i>Dando exemplos</i>	X		X
	<i>Trazendo exemplos do dia-a-dia</i>	X		X
	<i>Exemplos práticos do laboratório</i>	X		X
Aluno 13	<i>A forma que o conteúdo foi apresentado</i>	X		X

	<i>Os exemplos</i>	X		X
Aluno 15	<i>A forma de ensino</i>	X		X
	<i>As explicações do livro</i>	X		X
Aluna 16	<i>As associações com o cotidiano e com a parte química</i>	X		X
Aluna 17	<i>A dedicação dos professores</i>	X		
Aluna 18	<i>As práticas feitas tanto em sala de aula como em laboratório</i>	X		X
	<i>As explicações bem feitas em sala de aula</i>	X		X
	<i>Explicações com a participação dos alunos</i>	X		X
Aluno 20	<i>As aulas</i>	X	X	
Aluno 21	<i>Boa aplicação dos conteúdos</i>	X		X
Aluna 22	<i>As maravilhosas explicações do professor</i>	X		X

Ainda no Quadro 16, identificamos apenas uma vez as *características da perspectiva de ensino do professor* com o conhecimento metacognitivo sobre tarefas (Aluno 20: *as aulas*). Nesse caso, o aluno identificou as aulas como o tendo influenciado a aprender, mas não explicitou que aspectos ou características dessas aulas contribuíram para tal. O estudante reconheceu que, de forma geral, um dos critérios possíveis a se seguir para conseguir aprender na escola é ir às aulas. Ou seja, ele remeteu à tarefa, mas não especificou a estratégia necessária para que a tarefa contribuísse, de fato, para a sua aprendizagem.

Já a Aluna 1, quando mencionou *as aulas dinâmicas* como sendo o que contribuiu positivamente para seu aprendizado, identificou que um meio mais provável de ela conseguir aprender é por intermédio de aulas dinâmicas, o que está associado ao *conhecimento metacognitivo sobre estratégias*.

Parece-nos relevante apontar que o dado relativo à Aluna 1 (*as aulas dinâmicas*), mencionado acima, difere pouco, em sua forma escrita, do dado relativo ao Aluno 20 (*as aulas*). Entretanto, tal diferença é crucial. Para o Aluno 20, a tarefa (a aula) é reconhecida como o elemento importante; para a Aluna 1, o modo como a aula é ministrada, ou seja, a

estratégia utilizada (a aula dinâmica) é que influencia a sua aprendizagem. Por conta dessa distinção é que mantivemos a coluna do *Conhecimento metacognitivo sobre tarefas* no Quadro 16, pois, ainda que quantitativamente uma única menção a esse tipo de metacognição não tenha relevância diante de tantas outras ao *conhecimento metacognitivo sobre estratégias*, qualitativamente essas exceções revelam importantes nuances. Interessa-nos não só categorizar os dados de maneira individualizada, mas também compreendê-los em sua relação com os demais.

É relevante notar que o aspecto dialógico mencionado pela Aluna 18 (*Explicações com a participação dos alunos*), tanto no que se refere às explicações do professor como à participação dos alunos em tais explicações, parece ser devido ao modo como o professor conduzia as suas aulas e também a características do ensino por investigação, perspectiva presente tanto nas atividades propostas por nós a ele como em sua própria prática profissional. Corroboram com nossa interpretação dados de nosso caderno de campo (Quadro 17), que expressam diferentes momentos em que o diálogo professor - aluno e a participação dos estudantes eram requeridos pelo professor.

Quadro 17. Dados do caderno de campo que indicam o aspecto dialógico na prática do professor em sala de aula.

Página	Data	Contexto	Dados (em itálico)
1	19/03/2012	Primeiro dia de aula: informações iniciais do professor sobre o que espera da interação dos alunos durante as aulas da disciplina Física II	O professor afirma que <i>valoriza o esforço e interesse dos alunos -> se frequentam as aulas, se são ativos, se participam das aulas, se perguntam e se prestam atenção</i>
2	19/03/2012	Aula inicial de Hidrostática: explicação da experiência de Torricelli	O professor <i>pede exemplos</i> aos alunos
5	26/03/2012	Aula de Hidrostática: demonstração experimental com características investigativas sobre o Princípio de Pascal	O professor faz no quadro o sistema da prensa hidráulica. <i>Aluna 10 pergunta</i> por que o tubo (êmbolo) com área maior sobe mais lentamente. O professor diz que a explicação que dará agora irá dar conta disso.

7	26/03/2012	Aula de Hidrostática: atividade experimental de caráter investigativo sobre se os corpos afundam ou não em água e por que isso ocorre; Tabela "Flutua ou Afunda" escrita no quadro, com os diferentes objetos presentes no experimento	<i>Professor avisa que os alunos levantarão hipóteses (explica a tabela e apresenta a atividade) e diz que os alunos devem anotar o que acham nas colunas. O professor apresenta cada um dos materiais. Pede que escrevam também as justificativas. Os alunos vão falando para cada objeto. É boa a discussão.</i>
14	18/04/2012	Aula de correção de lista de exercícios sobre Calorimetria	<i>Professor coloca os dados do problema 3 no quadro e pergunta o que é "calorímetro". Aluno 21 fala errado. Os alunos mostram que não sabem. O professor fala o que é.</i>

Conhecimento metacognitivo sobre estratégias, relação com o cotidiano e a formação de conceitos

Ainda no que se refere às estratégias identificadas pelos estudantes como tendo influenciado positivamente suas aprendizagens, há quatro menções às relações com o cotidiano, feitas pelo professor durante as explicações ou mesmo pelos próprios estudantes (Quadro 18), conforme também verificamos ao longo da observação participante realizada em 2012, na disciplina Física II.

Quadro 18. Dados que evidenciam a presença das relações com o cotidiano nas características da perspectiva de ensino do professor, nas características pessoais e sua associação com o conhecimento metacognitivo sobre estratégias.

Sujeitos	Dados (em itálico)	Características da perspectiva de ensino do professor	Características pessoais	Conhecimento metacognitivo sobre estratégias
Aluna 7	<i>As colocações com o dia a dia</i>	X		X
Aluna 9	<i>Aprender com exemplos do dia-a-dia, como da panela de pressão ou do azulejo e sua dilatação</i>	X		X
Aluna	<i>Trazendo exemplos do</i>	X		X

11	<i>dia-a-dia</i>			
Aluna 16	<i>As associações com o cotidiano e com a parte química</i>		X	X

A relação entre a Física e o cotidiano, citada pelos alunos como importante para que aprendessem, é também um elemento essencial na perspectiva vigotskiana para a aprendizagem de conceitos científicos, pois estes últimos, de acordo com ele, devem descender do campo da consciência e da arbitrariedade ao plano da concretude e da experiência pessoal (VIGOTSKI, 2009). Assim, entendemos que a relação com o cotidiano, nos termos vigotskianos, contribui para a formação de conceitos científicos e que tais relações foram estabelecidas pelo professor e pelos estudantes ao longo da observação participante realizada. Em síntese, esquematizamos essa consideração na Figura 8.

Figura 8. Esquema da relação entre Física e cotidiano considerando-se a perspectiva vigotskiana para a formação de conceitos.

Conhecimento metacognitivo sobre estratégias, experimentação e a perspectiva de ensino do professor

Os estudantes mencionaram, ademais, com bastante frequência, a influência positiva dos experimentos (ou atividades práticas) para a aprendizagem (Quadro 19).

Quadro 19. Dados que evidenciam a presença de experimentos nas características da perspectiva de ensino do professor e sua associação com o conhecimento metacognitivo sobre estratégias.

Sujeitos	Dados (em itálico)	Características da perspectiva de ensino do professor	Conhecimento metacognitivo sobre estratégias
Aluna 1	<i>As práticas feitas em laboratório</i>	X	X
Aluno 4	<i>Experimentos em sala e no laboratório</i>	X	X
Aluna 6	<i>Aulas práticas</i>	X	X
Aluna 7	<i>Experiências em sala de aula e laboratório</i>	X	X
Aluna 10	<i>As práticas</i>	X	X
Aluna 11	<i>Exemplos práticos do laboratório</i>	X	X
Aluna 18	<i>As práticas feitas tanto em sala de aula como em laboratório</i>	X	X

Tal fato corrobora e aprofunda resultados obtidos no estudo piloto desta tese (MAXIMO-PEREIRA, 2011), no qual também houve, dois anos após a instrução formal na escola, muitas menções dos estudantes aos experimentos realizados previamente. A presença da experimentação, no estudo piloto, ocorreu por intermédio de lembranças dos alunos, que foram evocadas pela *Atividade 1: Sensibilização dos alunos para as situações de aprendizagem da disciplina Física II e para os assuntos nela trabalhados*.

No caso da análise que fazemos considerando as respostas à pergunta 2 do questionário da *Atividade 2* da tese, entendemos que os alunos avançaram do nível da lembrança para a compreensão da importância dos experimentos para a sua aprendizagem, pois a menção à experimentação ocorreu na resposta à questão sobre o que eles consideraram que os influenciou a aprender, estando associada ao conhecimento metacognitivo sobre estratégias. De acordo com Oliveira (2010, p. 36 e 37), “os fatores que fazem com que os alunos gostem e sejam atraídos pelas atividades experimentais [...] também podem despertar a dúvida, a curiosidade, o desejo de compreender o porquê dos fenômenos observados”. Em outras palavras, as influências mútuas entre as dimensões cognitiva e afetiva foram evidenciadas na presença da experimentação como uma atividade que auxilia a aprendizagem dos alunos, pois, para a mesma autora, “da mesma

forma que o desenvolvimento do pensamento conceitual é fortemente influenciado pelos desejos e emoções, estes também são influenciados pelos conceitos internalizados ao longo da história individual e coletiva” (OLIVEIRA, 2010, p. 36).

Em ambos os casos, a menção aos experimentos por parte dos alunos, como já afirmávamos em MAXIMO-PEREIRA (2011, p. 9), “concorda com o que tem apontado a pesquisa em ensino de ciências sobre o papel essencial das experiências para a visualização de fenômenos científicos e como fator de motivação para os estudantes”.

Conhecimento metacognitivo sobre tarefas e pessoas e características pessoais

No que diz respeito ao conhecimento metacognitivo sobre tarefas, ele apareceu mais frequentemente relacionado às características de perspectiva de ensino do professor (Quadro 20).

Quadro 20. Dados que evidenciam conhecimento metacognitivo sobre tarefas associados a menções a características da perspectiva de ensino do professor.

Sujeitos	Dados (em itálico)	Características da perspectiva de ensino do professor	Conhecimento metacognitivo sobre tarefas
Aluno 5	<i>O assunto das matérias</i>	X	X
Aluna 12	<i>Ter ido às aulas</i>	X	X
Aluna 16	<i>Facilidade com respeito às matérias</i>	X	X
Aluno 20	<i>As aulas</i>	X	X

Os estudantes mencionaram também suas próprias características como tendo colaborado para suas aprendizagens, o que associamos ao conhecimento metacognitivo sobre pessoas (Quadro 21). Por exemplo, por intermédio dos dados *meu esforço* e *estar sempre estudando* (Aluna 2), entendemos que a aluna identificou que seu esforço pessoal e o fato de ela estar sempre estudando contribuíram para que aprendesse. Em outras

palavras, a aluna conhece as suas próprias características que a ajudaram a aprender, o que se relaciona com o conhecimento metacognitivo sobre pessoas.

Quadro 21. Dados que evidenciam conhecimento metacognitivo sobre pessoas na menção a características pessoais.

Sujeitos	Dados (em <i>itálico</i>)	Características pessoais	Conhecimento metacognitivo sobre pessoas
Aluna 2	<i>Meu esforço</i>	X	X
	<i>Sempre estar estudando</i>	X	X
Aluna 12	<i>Ter prestado atenção</i>	X	X
Aluna 16	<i>Interesse pelos assuntos</i>	X	X
Aluna 17	<i>A vontade de aprender</i>	X	X
	<i>Gostei muito, tenho até meu caderno do 2º período</i>	X	X
Aluno 19	<i>Passar de período</i>	X	X
Aluno 20	<i>A vontade de passar de período</i>	X	X
Aluno 21	<i>Dedicação</i>	X	X

No dado *Gostei muito, tenho até meu caderno do 2º período* (Aluna 17), o fato de a aluna ter gostado do que aprendeu é algo que ela reconhece como sendo importante para ter aprendido. Além disso, ela traz um elemento para justificar que gostou, de fato, do que aprendeu: mencionou que guardou o caderno relativo à matéria de Física II. A Aluna 17 parece ter estabelecido algum tipo de relação afetiva positiva com aquilo que aprendeu ou, ainda, que estabelecer algum tipo de relação afetiva positiva (*gostar muito*) com o que lhe é apresentado é um fator que a influenciou a aprender.

A perspectiva de ensino do professor e as características dos alunos: o que colabora para a aprendizagem?

Em uma análise comparativa entre os Quadros 16 e 21, é interessante notar que, enquanto houve (do total de 48 dados identificados na respostas à questão 2) 31 dados de

17 alunos em que eles atribuíram suas aprendizagens a características da perspectiva de ensino do professor (Quadro 16), houve apenas nove menções de sete estudantes a suas próprias características como importantes para o sucesso de suas aprendizagens (Quadro 21). A esse respeito, podemos interpretar que, pelo menos até este ponto da análise, os alunos conferiram maior importância ao modo como o professor ensinava do que a suas próprias características ou que o menor número de menções aos próprios alunos foi devido à possível dificuldade que eles podem ter encontrado para reconhecerem-se como seres cognitivos, ou seja, no desenvolvimento do conhecimento metacognitivo sobre pessoas.

Além disso, outra hipótese que podemos formular é a de que os alunos não reconheceram as diferentes situações e os múltiplos atores envolvidos em seu processo de ensino e aprendizagem, atribuindo frequentemente o que os levou a aprender apenas ao professor e às características de sua perspectiva de ensino. Fazemos essa consideração porque as relações entre os estudantes, as mediações de uns com os outros e as atividades propostas pelo docente que envolviam os alunos com seus pares (trabalhos em grupo, seminário, resolução de lista de exercício em grupo), as quais eram muito frequentes, não foram citadas pelos estudantes como tendo-os influenciado a aprender. O seminário proposto pelo professor, por exemplo, foi mencionado nos textos escritos da *Atividade 1* (analisados anteriormente) como sendo algo de que eles se lembravam das aulas, mas a sua associação com a aprendizagem não foi feita por nenhum aluno na resposta à pergunta 2 do questionário que aqui analisamos. Somente a participação dos estudantes na explicação do professor foi mencionada pela Aluna 18.

Podemos justificar a pertinência dessa hipótese considerando o contexto escolar historicamente instituído, no qual ao aluno não é atribuído o controle das ações ou o protagonismo do processo de ensino e aprendizagem. No paradigma hegemônico vigente nos diferentes níveis de ensino formal (e que também caracteriza a instituição de ensino em que ocorreu nossa investigação), o papel do professor é central, sendo ele o responsável por desencadear o processo de ensino e aprendizagem. Mesmo que muitas vezes ao longo de sua prática o professor da turma investigada tenha dado importância, voz e vez aos alunos, valorizado suas intervenções e compartilhado suas ações com os estudantes, tais elementos parecem não terem sido reconhecidos frequentemente por eles,

que acabaram reproduzindo, de certa forma, aspectos da cultura escolar que possivelmente permearam grande parte de sua formação, como a centralidade do professor no direcionamento do processo.

Síntese da análise da Questão 2

A análise das respostas dos 20 alunos da turma investigada à pergunta 2 (*O que você acha que influenciou para você aprender o que mencionou acima?*) do questionário permitiu identificar duas dimensões que influenciaram a aprendizagem dos estudantes, de acordo com seus próprios pontos de vista: características dos alunos (estudo, interesse, vontade de passar de ano, etc.) e características da perspectiva de ensino do professor (exemplos, experimentos, explicações, trabalhos práticos, entre outros).

O estabelecimento de relações entre o que era apresentado em sala de aula e o cotidiano dos alunos foi mencionado por eles como uma característica da perspectiva de ensino do professor que facilitou suas aprendizagens. Ademais, os estudantes também identificaram que, ao fazerem, eles mesmos, tais relações, isso também os influenciou positivamente. Por tudo isso, entendemos que a *relação com o cotidiano* parece ser um elemento que permitiu aos estudantes atribuir sentido ao conhecimento com o qual tiveram contato na disciplina Física II.

Os alunos também mencionaram bastante o professor e a influência positiva de sua forma de ensinar para a aprendizagem. As aulas dinâmicas, interativas e a participação dos estudantes foram características da perspectiva de ensino do docente frequentemente associadas ao êxito dos estudantes. As interações professor-aluno foram, assim, direta e indiretamente citadas nos dados. A Figura 9 apresenta um esquema-síntese da análise até então realizada.

Figura 9. Dimensões que influenciaram a aprendizagem dos estudantes investigados, na visão dos próprios alunos.

As características dos alunos se relacionaram com o conhecimento metacognitivo sobre pessoas, pois eles foram capazes de identificar suas potencialidades e seus interesses por determinado conteúdo ou forma de ensino. Já as características da perspectiva de ensino do professor influenciaram fortemente o desenvolvimento do conhecimento metacognitivo sobre tarefas e sobre estratégias por parte dos estudantes investigados, pois eles apontaram formas de ensino que favoreceram suas aprendizagens. Na Figura 10, esquematizamos nossas conclusões no aspecto metacognitivo.

Figura 10. Relação entre dimensões identificadas para o que influencia a aprendizagem e conhecimento metacognitivo.

Ainda sobre a perspectiva de ensino do professor, houve muitas menções à presença da experimentação como sendo um elemento que ajudou os alunos a aprender, o que nos leva a inferir que, para os estudantes, os experimentos realizados pelo professor, na perspectiva investigativa, deram sentido ao conhecimento por ele abordado. Tal fato concorda com os resultados da pesquisa realizada por Araújo e Abib (2003, p. 176), que afirmam que “[...] o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e **alunos** [grifo nosso] como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física”.

Consideramos que as mediações docentes, que materializaram a perspectiva do ensino por investigação na prática do professor regente da turma, mostraram-se frutíferas para a aprendizagem, segundo o entendimento dos próprios estudantes. Por isso, podemos afirmar que se estabeleceu uma relação afetiva positiva entre professor e estudantes, a qual, de acordo com esses últimos, facilitou suas aprendizagens. Na Figura 11, sistematizamos nosso entendimento sobre a importância do papel do professor, para os estudantes, na aprendizagem.

Figura 11. Síntese de nosso entendimento sobre o papel do professor inferido por intermédio dos dados fornecidos pelos estudantes.

Conhecimento metacognitivo, relações afetivas, o aluno e o contexto: o que não colaborou para a aprendizagem

Para a análise das respostas à pergunta 4 (*O que você acha que influenciou para você **não** aprender o que mencionou acima?*) do questionário da Atividade 2, seguimos o caminho expresso na Figura 12, bastante semelhante ao explicado na análise da pergunta 2.

Figura 12. Esquema de construção e análise de dados por intermédio das respostas à questão 4 do Questionário 1.

Do total de 20 sujeitos respondentes ao questionário, construímos dados com base nas respostas de apenas 12 deles. Os demais ou não responderam ou informaram que não havia nada que tivesse influenciado negativamente suas aprendizagens. Esses dados (ou as faltas deles) podem indicar ser mais difícil para os alunos expressarem o que não os ajudou a aprender do que aquilo que contribuiu positivamente para a aprendizagem, visto que, sobre esse último aspecto, todos os 20 sujeitos respondentes ao questionário se manifestaram na pergunta 2, já analisada anteriormente nesta tese.

Relacionando a descrição dos dados com nossos elementos teóricos de base e considerando o caráter fortemente metacognitivo da atividade analisada, como explicitado anteriormente, entendemos que os dados construídos pela escrita dos estudantes podem ser associados aos conhecimentos metacognitivos sobre *pessoas*, *tarefas* e *estratégias*, nos termos de Flavell, Miller e Miller (1999) e Figueira (2003).

Quanto ao que consideraram que os influenciaram a não aprender, os alunos mencionaram, com grande frequência, suas características pessoais. Também houve algumas poucas menções a elementos do contexto escolar como tendo dificultado a aprendizagem de determinados conteúdos e a características da perspectiva de ensino do professor. Tais dados concordam com a afirmação de Tassoni e Leite (2013) de que

as ações do professor, que constituem sua prática pedagógica, afetam a aprendizagem dos alunos e a relação que estes estabelecem com o

conhecimento. Os alunos interpretam as (re)ações dos professores e conferem um sentido afetivo à própria aprendizagem, ao conhecimento que circula e à sua imagem enquanto pessoa e estudante. (TASSONI e LEITE, 2013, p. 262)

Reunindo os 16 dados de dez alunos que se referem a características pessoais, que constituem a maioria dos dados analisados (Quadro 22), percebemos que eles refletem o desenvolvimento de conhecimento metacognitivo sobre pessoas (FIGUEIRA, 2003), pois, por intermédio desse conhecimento, o aluno se reconheceu como ser cognitivo, apontando suas dificuldades (*minha dificuldade em gravar fórmulas*) e suas próprias características que dificultaram a aprendizagem (*não estudei o suficiente*).

Quadro 22. Dados que evidenciam características pessoais e sua associação com o conhecimento metacognitivo sobre pessoas.

Sujeitos	Dados (em itálico)	Características pessoais	Conhecimento metacognitivo sobre pessoas
Aluno 3	<i>Incompetência minha</i>	X	X
	<i>Por não ter exercitado mais</i>	X	X
Aluna 10	<i>Tive bastante dificuldade com Física I</i>	X	X
Aluna 11	<i>Tenho um pouco de dificuldade em questões de gráfico, mas isso é um "problema" que vem do ensino fundamental</i>	X	X
Aluna 12	<i>Esqueci provavelmente por não ter usado</i>	X	X
Aluno 13	<i>Não relembrar</i>	X	X
	<i>Não fazer exercícios</i>	X	X
	<i>Não relacionar com coisas do cotidiano</i>	X	X
Aluna 17	<i>Nada vindo da sala de aula ou dos professores. Minha dificuldade mesmo</i>	X	X
Aluna 18	<i>Minha dificuldade em gravar algumas fórmulas</i>	X	X
Aluno 19	<i>Falta de atenção</i>	X	X
	<i>Falta de dedicação</i>	X	X
	<i>Falta de responsabilidade</i>	X	X

	<i>Falta de interesse pelos temas</i>	X	X
Aluno 20	<i>Não usar essas coisas no dia-a-dia</i>	X	X
Aluno 21	<i>Não estudei o suficiente</i>	X	X

Questões 2 e 4: análise comparativa

Considerando os dados relativos às questões 2 e 4, ou seja, sobre os elementos que os alunos identificaram que os influenciaram ou não a aprender, respectivamente, é interessante notar que, enquanto houve poucas menções a características dos próprios estudantes como importantes para o sucesso de suas aprendizagens (nove dados de sete alunos, no total de 48 dados dos 20 respondentes), há proporcionalmente muitas menções a características suas que dificultam a aprendizagem (16 dados de 10 alunos entre os 22 dados dos 12 respondentes). Assim, a análise isolada das respostas à questão 2 (*O que você acha que influenciou para você aprender o que mencionou acima?*) poderia indicar, conforme mencionado anteriormente, que os alunos expressariam dificuldade no que se refere ao conhecimento metacognitivo sobre pessoas. Todavia, houve grande número de menções a características dos próprios estudantes como tendo dificultado suas aprendizagens na questão 4. Como interpretar essa aparente contradição? Algumas hipóteses explicativas podem ser formuladas.

Uma possibilidade é a de que os alunos, no âmbito do conhecimento metacognitivo sobre pessoas, tenham mais facilidade de identificar o que prejudicou a aprendizagem do que aquilo que a auxiliou. Assim, os resultados negativos relativos à aprendizagem (mais do que os positivos) parecem ser um elemento afetivo importante para promover a reflexão dos estudantes sobre seus processos cognitivos.

Consideramos que os estudantes que aparecem no Quadro 22 podem ter expressado também um elevado nível de autocrítica, como citado pelo Aluno 19 sobre o que o levou a não aprender: *falta de atenção, falta de dedicação, falta de responsabilidade, falta de interesse pelos temas*.

Além disso, outra possível hipótese explicativa para esses dados seria que o tipo de relação que estabeleceram com o professor e com sua perspectiva de ensino influenciou a reflexão que fizeram sobre seus processos de aprendizagem. Na medida em

que temos identificado, ao longo desta análise, que se estabeleceu uma relação afetiva positiva entre o professor e os alunos, tanto devido, de forma geral, à proposta dialógica do professor como, de forma específica, à sua perspectiva de ensino, é razoável pensar que os alunos atribuiriam menos importância a características do professor e mais às suas próprias características no que se refere às suas dificuldades de aprendizagem. Discursos sobre dificuldades inerentes à forma de trabalho do professor em sala de aula e à sua relação com os estudantes não apareceram nos dados.

Também poderíamos atribuir o apagamento do professor no discurso dos estudantes sobre suas dificuldades de aprendizagem ao fato de que o docente encontrava-se na sala e era o professor da disciplina quando da coleta dos registros de 2013, aqui analisados. Em outras palavras, que, por questões éticas e de respeito, os alunos não “culpabilizariam” o professor por seus fracassos na aprendizagem de algum tópico específico. Todavia, devemos considerar também que a relação afetiva positiva identificada poderia igualmente aproximar professor e estudantes de tal forma a possibilitar um ambiente de confiança e respeito mútuos, no qual os alunos se sentissem seguros para, de forma respeitosa, crítica e fundamentada, identificarem elementos relativos à perspectiva de ensino do professor que consideraram que dificultaram suas aprendizagens.

A influência da perspectiva de ensino do professor: menções e apagamentos

Características da perspectiva de ensino do professor que prejudicaram a aprendizagem de determinado assunto da disciplina foram mencionadas apenas três vezes por uma única aluna: *o professor não entrou muito no assunto; não houve exercícios; não foi matéria de prova* (Aluna 22). Ela identificou também, em termos do conhecimento metacognitivo sobre estratégias, que fazer exercícios é algo importante para que aprenda; em termos de conhecimento metacognitivo sobre tarefas, a aluna relacionou o critério da atividade (cobrança de determinado tema na avaliação) à aprendizagem do mesmo, pois considera que, se o assunto fosse “cobrado” em uma prova, ela teria estudado e aprendido.

Ao afirmar que *o professor não entrou muito no assunto*, a Aluna 22 se expressou, em forma coloquial, que o fato de o professor não ter abordado muito o assunto a levou a não aprendê-lo. Portanto, entendemos que havia a possibilidade e a oportunidade de que mais alunos fizessem o mesmo, por conta das relações afetivas positivas estabelecidas entre professor e estudantes. Tal entendimento tem como base a resposta da mesma aluna à questão 2, analisada previamente, sobre o que teria auxiliado sua aprendizagem: *as maravilhosas explicações do professor; meu interesse pela matéria* (Aluna 22). Pela relação entre as duas repostas, entendemos que a aluna estabeleceu uma relação afetiva positiva com o professor, se interessou pela disciplina e, nesse contexto, conseguiu apontar características da prática do professor que pontualmente não contribuíram para sua aprendizagem, mas tal fato não indica uma “culpabilização” do docente, visto que, para ela, houve também *maravilhosas explicações do professor*. Ao contrário, ela valorizou as explicações do professor, pois, como ele *não entrou muito no assunto*, logo, ela não aprendeu. Se ele tivesse feito *suas maravilhosas explicações*, ela teria aprendido.

Por tudo isso, entendemos que as pouquíssimas menções à perspectiva de ensino do professor como tendo provocado problemas na aprendizagem dos estudantes ocorreram não pela presença do professor e de sua figura de autoridade na sala de aula no momento da coleta de registros; tampouco porque os alunos se sentiram constrangidos ou não dispunham de um ambiente propício para tais considerações; mas porque, de forma geral, os alunos, de fato, não atribuíram as dificuldades de aprendizagem encontradas à perspectiva de ensino do professor.

Um dado que fortalece tal conclusão é o relativo à Aluna 11 (*Tenho um pouco de dificuldade em questões de gráfico, mas isso é um "problema" que vem do ensino fundamental*). Ela promoveu o apagamento do professor como responsável pela dificuldade de aprender, mas identificou o que prejudicou a sua aprendizagem (o trabalho com gráficos e a interpretação dos mesmos) e localizou no tempo a origem de sua dificuldade (o ensino fundamental). Tal aluna expressou conhecimento metacognitivo sobre pessoas em forma bem elaborada e a sua não menção ao professor e a sua perspectiva de ensino ocorreram, de fato, porque ela atribuiu a outros elementos o seu problema de aprendizagem. Ademais, a dificuldade com gráficos no ensino fundamental

parece tê-la afetado fortemente e, mesmo que não tenha sido superada, auxiliou na compreensão de seu processo de aprendizagem atual.

Outro dado que corrobora com nosso argumento é relativo à Aluna 17 (*Nada vindo da sala de aula ou dos professores. Minha dificuldade mesmo*). A aluna apagou de forma explícita o papel dos professores (do professor e da pesquisadora, aqui também identificada como *professora* pela aluna), afirmando que nada vindo deles ou da perspectiva de ensino utilizada prejudicou a sua aprendizagem. Ela atribuiu o fato de não ter aprendido alguns tópicos à sua própria dificuldade.

É interessante notar que o apagamento do professor ocorreu de forma distinta no caso das Alunas 11 e 17. A primeira não o mencionou, mas justificou a sua ausência atribuindo a outros momentos da escolarização a sua dificuldade para aprender determinado assunto. Já a Aluna 17 o citou de forma textual justamente para reafirmar a não implicação dele no que considera que a levou a não aprender.

Dificuldades de aprendizagem, conhecimentos metacognitivos e afetividade

Características do contexto escolar foram mencionadas apenas pela Aluna 7 como sendo responsáveis por dificultar a sua aprendizagem sobre determinado conteúdo da disciplina (*Foi a última matéria; Muitas provas para estudar*). Tanto as menções às características da perspectiva de ensino do professor como às do contexto escolar, que totalizam seis menções de dois alunos do total de 12 respondentes, puderam ser associadas ao conhecimento metacognitivo sobre tarefas. Como tal situação ocorreu com pouca frequência nos dados, entendemos que os alunos fizeram igualmente poucas associações entre os critérios das atividades propostas para a aprendizagem e aquilo que dificultou a aprendizagem de um assunto específico da Física.

Ademais, a Aluna 7 afirmou também que *a pressão das últimas provas* dificultou sua aprendizagem ao final do semestre. Entendemos que, para essa aluna, o sentimento de pressão vivenciado à época fez com que ela estabelecesse uma relação afetiva negativa com a situação, e que tal relação foi o elemento mediador para a retomada do fato pela memória afetivo-vivencial.

É interessante notar também que, para outro aluno, poderia ocorrer que a pressão das provas finais fosse um fator que o levasse a estudar e a tentar aprender, ou seja, que ele estabelecesse uma relação afetiva positiva com a situação de pressão. Vemos, assim, que um mesmo acontecimento pode desencadear relações afetivas positivas ou negativas, isto é, ajudar ou prejudicar a aprendizagem, dependendo das *características pessoais* do aluno considerado.

Três alunos remeteram ao conhecimento metacognitivo sobre estratégias ao identificarem que não terem feito exercícios sobre os assuntos trabalhados foi algo que influenciou negativamente suas aprendizagens (*Por não ter exercitado mais* (Aluno 3); *não fazer exercícios* (Aluno 13); *não houve exercícios* (Aluna 22)). Ainda no âmbito das estratégias, apenas o Aluno 13 afirmou que *não relacionar com coisas do cotidiano* dificultou a sua aprendizagem. Sobre a importância da identificação de tais aspectos para a aprendizagem, concordamos com Andretta et al. (2010, p. 7) quando afirmam que “torna-se essencial que os alunos estejam conscientes dos seus estilos e estratégias de estudo e aprendizagem, que sejam incentivados a pensar sobre o que objetivam com o seu estudo e a avaliar a qualidade das abordagens adotadas [...]”.

No âmbito do conhecimento metacognitivo sobre pessoas, houve quatro alunos que relataram dificuldades com a disciplina Física: *tive bastante dificuldade com Física I* (Aluna 10); *tenho um pouco de dificuldade em questões de gráfico* (Aluna 11), *minha dificuldade mesmo* (Aluna 17); *Minha dificuldade em gravar algumas fórmulas* (Aluna 18). Diante dos problemas na aprendizagem de Física identificados pela literatura da área de ensino de ciências e de uma concepção (que parece ser mais ou menos consensual entre as pessoas comuns e que é bastante difundida socialmente) de que a Física é uma disciplina de difícil aprendizagem por parte dos estudantes de Ensino Médio, consideramos que houve poucas menções a tal dificuldade. Tal fato pode permitir, em nosso entendimento, duas interpretações.

A primeira seria que, de fato, de forma geral, os estudantes investigados não atribuíram dificuldade à aprendizagem de Física, o que, enquanto dado de pesquisa, seria inesperado e bastante interessante, necessitando de mais investigações (sobretudo no que se refere à perspectiva de ensino do professor e à sua prática em sala de aula) para ser interpretado. Já uma segunda interpretação possível seria aquela de acordo com a qual os

estudantes não mencionaram suas dificuldades ou as da disciplina simplesmente porque não as reconheceram. Nesse caso, o desenvolvimento de conhecimentos metacognitivos, em especial aquele sobre pessoas, não teria ocorrido de forma satisfatória.

Acreditamos que a primeira interpretação seja mais apropriada, pois conhecimentos metacognitivos foram identificados tanto nas respostas ao questionamento sobre o que influenciou os alunos a aprender como naquelas em que eles indicaram o que os levaram a não aprender.

Síntese da análise da Questão 4

A análise das respostas dos 12 estudantes da turma investigada à pergunta 4 (*O que você acha que influenciou para você **não** aprender o que mencionou acima?*) do questionário permitiu concluir que os alunos, em um pequeno número de casos, atribuíram suas dificuldades para aprender Física a características do contexto ou da perspectiva de ensino do professor. Mais frequentemente os estudantes identificaram algumas de suas próprias características como não tendo contribuído para suas aprendizagens.

Foi possível perceber também que as relações que os estudantes estabeleceram no ambiente escolar mais contribuíram do que prejudicaram suas aprendizagens, pelos menos na perspectiva dos próprios alunos. Fazemos essa afirmação porque as menções ao que não auxiliou a aprendizagem de Física II revelaram o protagonismo do aluno como sujeito da aprendizagem e o apagamento do professor, de sua perspectiva de ensino e do contexto escolar, já que houve pouquíssimas menções a esses três últimos elementos nos dados.

Esse é mais um argumento que fortalece nosso entendimento de que uma relação afetiva positiva foi estabelecida entre professor e alunos, de forma que estes últimos não reconheceram no docente ou em sua forma de ensinar as causas de sua dificuldade para aprender. Ademais, a quase ausência de características do contexto como tendo dificultado a aprendizagem nos abre a possibilidade de considerar que o ambiente escolar, de forma geral, em que os alunos estavam inseridos pôde ter colaborado para suas aprendizagens.

No que se refere a aspectos metacognitivos, identificamos que características pessoais influenciaram seu conhecimento metacognitivo sobre pessoas e que características do contexto e da perspectiva de ensino do professor tiveram influência no conhecimento metacognitivo sobre tarefas dos estudantes. Características pessoais e da perspectiva de ensino do professor incidiram sobre o conhecimento metacognitivo sobre estratégias.

A associação dos elementos que influenciam os alunos a não aprender a diferentes tipos de conhecimentos metacognitivos é um indício de que estes últimos estão relacionados entre si, tal como previsto por Flavell, Miller e Miller (1999). A Figura 13 esquematiza esses resultados.

Figura 13. Relação entre conhecimento metacognitivo e as dimensões identificadas para o que influenciou o aluno a não aprender.

Síntese geral sobre o que colaborou (ou não) para a aprendizagem: relações entre cognição, afetividade e metacognição

Diante da análise das respostas às perguntas 2 e 4 do questionário, o conhecimento metacognitivo sobre pessoas envolve *características pessoais*; o

conhecimento metacognitivo sobre tarefas abrange *características do contexto* e *características da perspectiva de ensino do professor*; já o conhecimento metacognitivo sobre estratégias relaciona-se a *características pessoais* e a *características da perspectiva de ensino do professor*.

Diferentes tipos de conhecimento metacognitivo parecem permear as memórias científico-afetiva e afetivo-vivencial dos estudantes. As retomadas associadas ao conhecimento metacognitivo sobre tarefas e estratégias ocorreram pelos seguintes elementos mediadores: *relação com o cotidiano, experimentos realizados em perspectiva investigativa, exemplos dados pelo professor*. Tal fato nos permite interpretar que esses tipos de metaconhecimento estão mais associados à *memória científico-afetiva*.

Já as retomadas de conhecimento metacognitivo sobre pessoas foram influenciadas fortemente por dois aspectos que entendemos que integram sua memória afetivo-vivencial: as *atividades realizadas em aula* e *sentimentos e sensações* vivenciados, tanto no ano anterior como ao longo da escolarização. Tais aspectos, neste caso, atuaram como elementos mediadores da retomada de conhecimento metacognitivo sobre pessoas. Interpretamos, assim, que o conhecimento metacognitivo sobre pessoas envolve os dois tipos de memória definidos neste texto, pois o conhecimento que o sujeito tem de si enquanto ser cognitivo (e também afetivo) é construído por intermédio dos sentimentos e sensações vivenciados nas interações sociais com os outros e com as situações de aprendizagem.

Tanto as *relações afetivas positivas* como as *negativas* foram identificadas como elementos mediadores para a retomada, pela memória afetivo-vivencial, de *sentimentos e sensações* vivenciados e *atividades realizadas em aula*.

Assim, de forma geral, as reflexões de caráter metacognitivo realizadas pelos estudantes estiveram associadas tanto a aspectos cognitivos (na medida em que a metacognição abrange também o conhecimento das formas por intermédio das quais o sujeito acredita que aprende mais facilmente) como afetivos, pois as vivências dos estudantes foram essenciais para a reflexão sobre seus processos de aprendizagem. Portanto, o conceito de afetividade, tal como o definimos, fez-se importante para explicar que as dificuldades de aprendizagem dos estudantes podem não somente estar

relacionadas a fatores cognitivos do sujeito que aprende, mas também às formas por intermédio das quais ele é afetado pelas relações que estabelece no ambiente escolar.

Sobre o papel do professor na relação afetiva positiva que defendemos que se estabeleceu, de acordo com os próprios alunos, durante a disciplina Física II, nossos resultados da análise conjunta das duas perguntas do questionário podem ser observados na Figura 14.

Figura 14. Papel de professor e alunos (de acordo com a percepção desses últimos) no que diz respeito ao que os influenciou a aprender ou não durante a disciplina Física II.

Ao mencionarem o que os levou a aprender, interpretamos que os alunos atribuíram certo protagonismo ao professor e a sua perspectiva de ensino, o que entendemos que pode ser devido à memória afetivo-vivencial, ou seja, à retomada do processo de aprendizagem iniciado no ano anterior por intermédio das relações afetivas positivas estabelecidas com o docente. Ademais, conforme também já evidenciado neste texto, os alunos podem não ter reconhecido as diferentes situações e os múltiplos atores envolvidos em seu processo de ensino e aprendizagem, o que se relaciona ao contexto escolar, fortemente influenciado pela concepção de que o professor é o centralizador do processo de ensino e aprendizagem.

Ao citarem o que dificultou suas aprendizagens, os alunos realizaram, em nosso entendimento, relativo apagamento do professor, o que também pode ser justificado pelas relações afetivas positivas estabelecidas entre eles. Ao mencionarem suas características pessoais como tendo dificultado suas aprendizagens, os alunos se reconheceram como seres cognitivos, o que aconteceu com mais frequência nesse caso do que quando eles se referiram àquilo que os auxiliou a aprender. Tal fato parece indicar que os alunos refletem mais sobre suas próprias características diante de situações de dificuldade de aprendizagem do que quando conseguem aprender, pelo menos de acordo com suas próprias percepções sobre esses processos.

É relevante lembrar que essas conclusões apresentadas se referem a nossa interpretação sobre a percepção dos alunos participantes da pesquisa sobre o que influenciou positivamente ou não suas aprendizagens, de acordo com o instrumento de coleta de registros considerado. Não fazemos essas considerações com base em nossa observação participante nem temos evidências que corroborem todas as afirmações dos estudantes sobre o que os ajudou ou não a aprender. Em outras palavras, o aluno acreditou ter aprendido determinado conteúdo por uma dada razão e analisamos isso por intermédio do instrumento de coleta considerado, o qual, em nosso entendimento, é necessário, mas não suficiente, para fazermos considerações ou inferências específicas sobre a aprendizagem de Física dos estudantes.

4.6 Análise do pequeno grupo investigado

No âmbito do pequeno grupo, foram analisadas as falas dos alunos durante as Atividades 1 e 3 e suas respostas ao questionário da *Atividade 4*. Tais análises são apresentadas nas subseções 4.6.1, 4.6.2 e 4.6.3.

4.6.1 Atividade 1: retomadas pela discussão coletiva

Para esta análise, consideramos as transcrições das falas dos estudantes durante a *Atividade 1* (Quadro 23).

Quadro 23. Características do registro obtido (transcrições de falas) com a *Atividade 1*.

Data	Número da Atividade	Nome da atividade	Descrição da atividade	Forma de participação dos alunos	Registros coletados
03/06/2013	Atividade 1	Sensibilização dos alunos para as situações de aprendizagem da disciplina Física II e para os assuntos nela trabalhados	O professor escreveu no quadro a palavra <i>calor</i> e pediu que os alunos dissessem o que recordavam por conta dessa palavra. O professor ia escrevendo no quadro o que os alunos falavam. Repetiu esse procedimento para a palavra <i>temperatura</i> . O professor pediu que os alunos discutissem em pequeno grupo e elaborassem sínteses dessas discussões.	Pequenos grupos	Falas dos estudantes entre si, com o professor e com a pesquisadora em pequeno grupo

Analizamos os integrantes do grupo de forma individual e também em sua relação uns com os outros, de modo que as dimensões do aluno e do grupo encontram-se interligadas, pois, ao olhar os sujeitos em interação, podemos inferir sobre o grupo como um todo.

Construímos os dados para a análise separando-os por temáticas comuns e considerando o contexto e nossa fundamentação teórica. As categorias de análise foram utilizadas para que fosse possível evidenciar o conteúdo das mesmas. A Figura 15 apresenta um esquema da análise feita, o qual é bastante semelhante ao apresentado na análise dos registros escritos pelos alunos na *Atividade 1*.

Figura 15. Esquema de construção e análise de dados utilizado para o 1º instrumento de coleta da Atividade 1.

O professor iniciou a proposição da atividade após a discussão no grande grupo (turno [1]) e o grupo analisado, composto pelos Alunos 1, 3, 4, 16 e 19, se manifestou como se pode ver abaixo.

[1] Professor: *Então, olha só... Agora vocês vão anotar em uma folha, vão trabalhar em grupo, pode ser em tópicos, tá? Que vocês vão anotar... Tudo aquilo que vocês lembram que viram em Física II.*

[2] Aluno 4: *Ih...*

[3] Aluno 19: *Tá na ementa, vê na ementa.*

[4] Professor: *Vão anotar...*

[5] Aluno 3: *Alguém lembra alguma coisa?*

[6] Aluno 19: *Hidráulica.*

[7] Aluno 4: *Rendimento.*

[8] Aluno 19: *Já falei uma coisa, agora, vocês...*

[9] Aluno 3: *Calorimetria.*

[10] Aluno 19: *Não sei, cara.*

[11] Aluno 4: *Põe o que tá no quadro, aí depois pensa no resto.*

[12] Aluno 3: *Calor, temperatura* [lendo o que está no quadro]

[13] Aluna 1: *Dilatação* [lendo o que está no quadro]

Essas falas iniciais dos estudantes do grupo poderiam indicar sua não adesão ao problema que lhes foi colocado, qual seja, escrever de que se lembravam do ano anterior da disciplina Física II. Entretanto, muito rapidamente os alunos se engajaram na atividade, sendo afetados pela proposta, de modo que a transcrição das falas dos estudantes gerou 532 turnos ao longo de 22min07s de gravação em áudio. Há 97 turnos para a Aluna 1, 61 turnos para o Aluno 3, 64 turnos para o Aluno 4, 107 turnos para a Aluna 16, 97 turnos para o Aluno 19, 33 turnos para o Professor e 73 turnos para a Pesquisadora.

Interações sociais, relações afetivas e o papel do professor no trabalho em grupo

Inicialmente, a Aluna 1, apoiada pela Aluna 16, questionou o professor sobre o fato de que os grupos formados deveriam ter os mesmos integrantes que os das atividades da disciplina Física II. A Aluna 1 utilizou como argumento um elemento afetivo, qual seja, o fato de ela e a Aluna 16 terem feito outras amizades ao longo do tempo.

[87]Aluna 1: Professor, não tem isso daí que não pode mudar de grupo...

[89]Aluna 1: ...Por que que não poder mudar?

[91]Aluna 1: Por que eu fiz, olha só, Professor, deixa eu contar...

[93]Aluna 1: Só que eu fiz novas amizades, como a Aluna 16 fez novas amizades...

[94]Aluna 16: É.

[95]Aluna 1: Entendeu? Ela, por exemplo...

[96]Aluna 16: É para ficar o mesmo grupo do segundo período ou...?

[97]Professor: É o mesmo grupo daquela época.

[98]Aluna 1: Tudo bem, Professor...

Interpretamos que as Alunas 1 e 16 acreditam que as relações interpessoais podem influenciar aspectos cognitivos, ou seja, a realização da atividade proposta pelo professor, por isso, pediram para formar outros grupos. No entanto, o professor informou que os grupos deveriam ser mantidos.

[99]Aluno 19: Esse grupo é muito chato.

[100] Aluna 1: Só que...

[101] Aluna 16: É.

[102] Aluno 3: [risos]

[103] Professor: São só dois dias...

[104] Aluna 16: Ou!

[105] Aluna 1: Ah, mas não vai ter mais não, só hoje?

[106] Professor: É, isso vai acontecer hoje e segunda-feira que vem.

[107] Aluna 1: Ah, mas...

[108] Professor: Depois a gente vai voltar à aula normal, com outros grupos.

A partir deste momento, o tom de ironia invadiu o grupo. Os alunos começaram a brincar entre si sobre a questão da formação dos grupos e o ambiente descontraído que se formou contagiou também o professor.

[109] Aluno 19: [irônico] Aí eu não preciso mais falar com eles...

[110] Aluna 16: Ah, tá.

[111] [risos]

*[112] Professor: [irônico] Aí você nunca mais precisa olhar para ele...
[risos]*

- [113] *Aluna 1: Pô, graças a Deus, Professor...*
 [114] *Aluna 16: [dirigindo-se a Aluno 19] Abusado!*
 [115] *Aluna 1: [irônico] Não aguento mais. Não aguento mais.*
 [116] *Professor: É só porque...*
 [117] *Aluna 16: Tá vendo, ela não me ama... Tô de mal, agora.*

Finalizando a conversa com os alunos do grupo, o professor argumentou que os grupos deveriam ser mantidos por conta da pesquisa realizada, que envolvia a retomada de conversas do ano anterior.

- [118] *Professor: ...Pra atividade da Pesquisadora... Tem que ter a mesma coisa do outro período.*
 [119] *Aluna 1: Por quê?*
 [120] *Aluna 16: [tom de aprovação] Porque é a Pesquisadora...*
 [121] *Professor: Porque os registros vão estar aqui...*
 [122] *Aluna 16: ...Eles estão em outro grupo.*
 [123] *Professor: São as conversas que vocês mais ou menos estão retomando daquela época, então, tem que ser as mesmas pessoas, entendeu?*
 [124] *Aluno 19: Ah... E tem como a gente ouvir as conversas de antes?*
 [133] *Professor: Vamo lá, esse grupo tem que ser mantido, tá?*
 [134] *Aluna 16: [tom de aprovação] Tá bom...*

A partir do turno [136], os alunos voltaram a falar sobre o tema da atividade e não retomaram esse problema inicial sobre a constituição dos grupos. Entendemos que a habilidade de *trabalhar em grupo* foi mobilizada pelos estudantes, pois, mesmo diante de possíveis diferenças pessoais, de falta de afinidade ou da vontade de estarem em outros grupos, os estudantes não encontraram dificuldade no gerenciamento do trabalho coletivo, envolvendo-se intensamente na discussão, como ficará evidenciado nos dados analisados a seguir. O episódio que aqui descrevemos ilustra que os aspectos afetivos, como defendido por nós neste trabalho, têm um importante papel no contexto educativo investigado.

É relevante destacar também a pertinência das mediações do professor para resolver o impasse criado no grupo e o ambiente agradável e descontraído que ele ajudou a construir com suas intervenções, o qual pode ter contribuído para manter o grupo participativo ao longo de toda a discussão que se seguiu. Sua atuação no grupo está em consonância com o que afirmam Leite e Tassoni (2002):

as relações de mediação feitas pelo professor, durante as atividades pedagógicas, devem ser sempre permeadas por sentimentos de acolhimento, simpatia, respeito e apreciação, além de compreensão, aceitação e valorização do outro; tais sentimentos não só marcam a relação do aluno com o objeto do conhecimento, como também afetam a sua auto-imagem, favorecendo a

autonomia e fortalecendo a confiança em suas capacidades e decisões. (LEITE e TASSONI, 2002, p. 136)

Conhecimento científico escolar retomado de 2012: visão geral

Foi possível fazer a delimitação de 15 temáticas mencionadas pelo grupo investigado, as quais denominamos: *motor à combustão interna; lei dos gases ideais; conceito termodinâmico de temperatura; relação entre pressão e temperatura de ebulição; propagação de calor por convecção; conceito de equilíbrio térmico; princípio de pascal aplicado à prensa hidráulica; dilatação anômala da água (exemplo do congelamento somente da superfície de um lago); dilatação térmica; densidade (exemplo do congelamento somente da superfície de um lago); conceito de pressão; conservação de energia em máquinas térmicas; rendimento de uma máquina térmica; moto perpétuo; formas de propagação de calor.*

As denominações das temáticas foram elaboradas com base no conhecimento específico da Física, nos dados analisados e nas observações participantes das aulas ministradas em 2012. É interessante notar que os alunos do grupo aprofundaram mais a discussão de algumas dessas temáticas do que de outras, de acordo com seus próprios interesses ou com a forma de intervenção do professor ou da pesquisadora, quando solicitados. Assim, os 15 conhecimentos identificados foram retomados de distintos modos pelo grupo.

Diante do exposto, considerando as 15 temáticas listadas previamente, organizamos a análise a seguir utilizando quadros (do 24 ao 34), nos quais aparecem dados relativos a elas, os tipos de memória evocados e os elementos mediadores utilizados.

Relações afetivas, elementos mediadores e o papel do problema na apropriação do conhecimento científico escolar

Nos dados relativos às temáticas *dilatação térmica* e *densidade*, ambas foram retomadas no contexto da dilatação anômala da água, fenômeno discutido pelos

estudantes, ainda que sem essa nomenclatura, no exemplo do congelamento somente da superfície de um lago (Quadro 24).

Quadro 24. Retomada da dilatação anômala da água e da dilatação térmica comum pelos estudantes do grupo analisado.

Conhecimento físico relativo à memória evocada	Turnos	Informantes	Dados (em itálico)	Elementos mediadores	Memórias evocadas
Dilatação anômala da água (exemplo do congelamento somente da superfície de um lago)	[171]	Aluna 1	<i>Ai, tinha um, tinha um... Aquele que a gente explicava do... do lago.</i>	Relação com o cotidiano	Memória afetivo-vivencial
	[187]		<i>Aquele negócio que tinha no lago...</i>		
	[189]		<i>Assim, do lago, que tinha...</i>		
	[191]	Aluna 1	<i>Que era frio e quente... Aí ficava assim, e aí virava gelinho, assim.</i>	Descrição do fenômeno	Memória científico-afetiva
	[198]		<i>É, que tinha o negócio do lago, que se em cima ficava aquela... aquele gelinho assim, que as pessoas até andam em cima.</i>	Relação com o cotidiano	
	[244]	Aluno 3	<i>O resfriamento quando chegava a quatro graus, se não me engano.</i>	Descrição do fenômeno	
	[245]	Aluna 16	<i>Eu lembro que quando chegava a zero [a temperatura], embaixo [no fundo do lago] tava mais.</i>		
[247]	Aluno 19	<i>De quatro graus para baixo ela [a densidade da água] começa a aumentar de novo.</i>	Explicação do fenômeno		
Dilatação térmica	[252]	Pesquisadora	<i>Em outros materiais, de quatro pra zero, o que aconteceria com esse material?</i>	Descrição do fenômeno	Memória científico-afetiva
	[253]	Aluno 19	<i>Dimi..., conti... continuaria diminuindo</i>		

	[254]	Pesquisadora	<i>Ele diminuiria, isso. E esse fenômeno de aumentar e diminuir, qual é o nome dele?</i>		
	[256]	Aluno 19	<i>Dilatação!</i>		

As primeiras menções ao exemplo do lago foram feitas pela Aluna 1, no turno [171]. O debate sobre o lago só se esgotou no turno [296], já com a participação da Pesquisadora, por solicitação dos estudantes.

No Quadro 24, a Aluna 1, ao afirmar, no turno [198], *que se em cima ficava aquela... aquele gelinho assim, que as pessoas até andam em cima*, utilizou a relação com o cotidiano e também uma possível lembrança da abordagem dessa temática ocorrida em 2012 para a retomada da dilatação anômala da água. A Aluna 16 usou como elemento mediador a descrição do que ocorria com a temperatura nas duas partes do líquido (a mais profunda e a mais superficial): *Eu lembro que quando chegava a zero, [a temperatura] embaixo [no fundo do lago] tava mais* (turno [245]). O Aluno 3 procurou explicar por que o fenômeno ocorre, retomando a importância da temperatura de 4 °C para a água (turno [244]). O Aluno 19 refinou essa explicação, definindo o intervalo em que a dilatação anômala ocorre (*De quatro graus para baixo ela começa a aumentar de novo*, turno [247]).

A descrição do fenômeno também foi usada pelo Aluno 19 em sua retomada da dilatação térmica. No entanto, neste caso, foi a mediação direta da Pesquisadora, colocando indagações (turnos [252] e [254]), que o levou a mencionar explicitamente a dilatação térmica nos materiais comuns, não anômalos.

O fenômeno da dilatação térmica nos materiais comuns surgiu com a intervenção da Pesquisadora, após a discussão sobre dilatação anômala da água. Como os alunos não haviam mencionado a dilatação térmica comum, somente a anômala, pensamos, enquanto pesquisadora, que seria importante diferenciar as duas formas de dilatação, lembrando que a água, entre 4 °C e 0 °C, constitui-se em uma exceção ao fenômeno normal da dilatação térmica.

Sobre o conceito de densidade (Quadro 25), a Pesquisadora mediou a discussão por intermédio da colocação de perguntas (turnos [288], [293] e [295]) que guiaram a

Aluna 16 e o Aluno 19 a compreender as relações entre temperatura, volume e densidade, que foram utilizadas para a explicação de por que se forma gelo apenas na superfície de um lago, quando a temperatura é baixa no local em que ele está situado.

Quadro 25. Retomada da densidade no exemplo do congelamento somente da superfície de um lago e do conceito de densidade.

Conhecimento físico relativo à memória evocada	Turnos	Informantes	Dados (em itálico)	Elementos mediadores	Memórias evocadas
Densidade (exemplo do congelamento somente da superfície de um lago)	[288]	Pesquisadora	<i>[...] Quando ela aumenta de tamanho, a tendência dela é subir ou é descer?</i>	Explicação do fenômeno	Memória científico-afetiva
	[289]	Aluna 16	<i>Quando ela aumenta?</i>		
	[290]	Aluno 19	<i>Subir.</i>		
	[291]	Aluna 16	<i>Subir.</i>		
	[292]	Aluno 19	<i>Densidade menor.</i>		
	[293]	Pesquisadora	<i>Subir por quê?</i>		
	[294]	Aluna 16 e Aluno 19	<i>Densidade é menor</i>		
	[295]	Pesquisadora	<i>Densidade menor. Por que a densidade é menor?</i>		
	[296]	Aluno 19	<i>Porque tá maior com a mesma massa</i>		
Conceito de densidade	[325]	Aluna 16	<i>É... A densidade é contrária ao volume...</i>	Modelo matemático	Memória científico-afetiva
	[327]		<i>D é igual a m sobre V.</i>		

O conceito de densidade foi também retomado enquanto modelo matemático pela Aluna 16, nos turnos [325] e [327], o que indica que o grupo se valeu também da linguagem matemática para se referir ao conceito. No caso do exemplo da dilatação anômala da água, os alunos expressaram essa relação de proporcionalidade inversa entre densidade e volume com suas palavras: *Densidade é menor* (Alunos 16 e 19, turno [294]); *Porque tá maior com a mesma massa* (Aluno 19, turno [296]). É interessante notar que o conceito de densidade é formalmente apresentado no grupo posteriormente à discussão sobre o exemplo do congelamento da superfície do lago.

Por tudo isso, a análise geral do exemplo do congelamento da superfície de um lago (Quadros 24 e 25) indica que o conhecimento científico adquiriu sentido para os alunos na medida em que ele foi necessário à explicação de uma situação concreta, que foi colocada e entendida como um problema para os alunos em 2012. Considerando que, para Vigotski (2009), a formação de um conceito só ocorre por intermédio de um problema que lhe dê sentido, a retomada da situação do congelamento da superfície de um lago, além de evidenciar a relação afetiva positiva que os alunos estabeleceram com ela, revela algum nível de apropriação sobre a explicação científica do fenômeno da dilatação, da dilatação anômala da água, do conceito de densidade e das relações entre esses conhecimentos. O exemplo do congelamento da superfície do lago parece ser, portanto, o problema, colocado em 2012, que deu sentido ao conceito de densidade e ao fenômeno da dilatação anômala da água para os integrantes do grupo. Essa interpretação pode justificar o fato de os estudantes terem se interessado tanto por esse exemplo em especial, dedicando tantos turnos de fala à sua discussão, e até terem solicitado a presença da Pesquisadora para entendê-lo por intermédio tanto da dilatação térmica como da densidade.

Processo de aprendizagem, o papel do problema e a perspectiva de ensino do professor

Diante da análise feita, cabe o questionamento: como a colocação do problema do congelamento da superfície do lago, em 2012, colaborou para que ele pudesse dar sentido ao conhecimento científico para os estudantes?

A abordagem do tema da dilatação iniciou-se com a *Atividade G: Tanque cheio de gasolina ao Sol*, em 07 de maio de 2012. Depois da conclusão do experimento, o professor sistematizou no quadro a dilatação de líquidos:

Professor coloca no quadro o tópico dilatação de líquidos; Alunos observam atentos à explicação;

Aluna 1 pergunta e professor responde que a borracha se dilata ao ser resfriada (dados do caderno de campo, página 21).

O exemplo da dilatação da água de um lago foi trabalhado em sala de aula pelo professor no dia 07 de maio de 2012. Seguem os dados de nosso caderno de campo (página 22):

Professor escreve sobre dilatação anômala da água (faz o gráfico);
Aluna 2: [sobre o congelamento do lago] "A água embaixo não está congelada, porque vi isso no filme 'A bela e a fera'.";
Aluna 2 e Aluna 9 lembram da garrafa pet "estufada";
Aluna 1 pergunta o porquê da dilatação anômala da água -> professor cita a modificação das pontes de hidrogênio;
Alguns alunos duvidam que o gelo seja um bom isolante térmico; Professor explica os ciclos de convecção que ocorrem com a água em um lago -> Aluna 2 pede para explicar de novo;
Aluno 8 e Aluna 9 discutem corretamente entre eles;
Aluna 1 pergunta o que a densidade tem a ver com o fenômeno explicado.

Como pode ser observado nos dados, os alunos utilizaram o conhecimento sobre dilatação anômala da água, associado ao exemplo do congelamento da superfície de um lago, para a compreensão de outros exemplos, de seu cotidiano (filme *A bela e a fera*, garrafa *pet* estufada), o que evidencia o movimento do conhecimento científico escolar do campo da consciência e da arbitrariedade em direção à concretude e à experiência pessoal (VIGOTSKI, 2009).

Ademais, os alunos discutiram entre si com argumentos adequados cientificamente e relacionaram o fenômeno explicado a conceitos anteriormente estudados (densidade, Aluna 1). Assim, os estudantes tomaram para si a discussão proposta pelo professor e conseguiram estabelecer relações entre conhecimentos, fatos que evidenciam uma tentativa de apropriação de conhecimentos por parte deles.

Os estudantes também solicitaram a explicação do professor sobre a ocorrência do fenômeno; questionaram a informação de que o gelo era um bom isolante térmico; pediram nova explicação por não terem entendido a explicação inicial do professor. Tais fatos indicam a presença do diálogo com o professor como uma característica das interações sociais estabelecidas entre ele e a turma. Ademais, a habilidade de *fazer perguntas* parece ter sido desenvolvida pelos alunos, o que permitiu que se posicionassem como sujeitos ativos em seu processo de aprendizagem.

Conforme já mencionado em análise anterior, o estabelecimento de diálogo entre professor e alunos e a formulação de perguntas são aspectos que estão em consonância com a perspectiva de ensino do professor. Ademais, os aspectos afetivos envolvidos nas

interações sociais parecem ser valorizados pelo docente, pois afirmou que considerava importantes o esforço, o interesse e a participação dos alunos em suas aulas.

Entendemos que todas essas relações aluno-aluno e aluno-professor, sintetizadas em nosso caderno de campo, permitiram aos alunos atribuir sentido ao conhecimento científico apresentado e discutido pelo (e com) o professor. Os estudantes, pelas suas atitudes na discussão, parecem ter reconhecido a compreensão da dilatação anômala da água como um problema, de fato, para eles, o qual os afetou positivamente, ou seja, contribuiu para suas aprendizagens, devido à dinâmica construída em sala de aula. Fazemos essa inferência porque não somente tiveram intensa e efetiva participação na construção coletiva do conhecimento neste momento inicial, mas também porque a forma como ele foi retomado em 2013 revelou algum nível de apropriação dessa discussão por parte do grupo investigado, conforme analisado.

Memória afetivo-vivencial, elementos mediadores e o ensino por investigação

Exemplos de menções relativas ao que foi denominado por nós como memória afetivo-vivencial podem ser vistos no Quadro 26. No caso do conceito termodinâmico de temperatura, a Aluna 1 retomou a lembrança a uma atividade em que os alunos colocavam a mão na água (turno [74]) e na qual só ela conseguiu chegar à resposta (turno [70]). Recorrendo à coleta de registros realizada em nossa observação participante de 2012, identificamos que a Aluna 1 se referiu à *Atividade A: Está com febre?*, realizada em 09 de abril de 2012.

Quadro 26. Retomada, pela memória afetivo-vivencial, por parte do grupo analisado.

Conhecimento físico relativo à memória evocada	Turnos	Informantes	Dados (em itálico)	Elementos mediadores	Memórias evocadas
Conceito termodinâmico de temperatura	[70]	Aluna 1	<i>Ah, eu lembro muito de uma atividade que só eu consegui chegar à resposta.</i>	Resultado positivo na realização da tarefa	Memória afetivo-vivencial
	[72]	Aluna 1	<i>Não foi, não teve uma atividade dessa...</i>	Procedimento experimental	

	[74]		<i>...que a gente botava a mão na água?</i>	realizado	
Relação entre pressão e temperatura de ebulição	[78]	Aluna 16	<i>Teve aquela do feijão, eu lembro da aula do feijão, da panela de pressão, do vídeo...</i>	Relação com o cotidiano	Memória afetivo-vivencial

É importante notar que categorizamos tais dados como memória afetivo-vivencial porque não se pode identificar, por intermédio deles, o conhecimento retomado pela aluna. O resultado positivo na realização da tarefa e o procedimento experimental realizado foram os elementos que permitiram à Aluna 1 retomar a atividade, mas não é possível inferir sobre que conhecimento relativo à atividade a aluna retomou ou o que, de fato, ela considerava ter aprendido por intermédio de tal atividade.

Semelhante exemplo foi fornecido pela Aluna 16, que retomou a *Atividade I: Cozinhando feijão na panela de pressão* e a *Atividade J: Observando a panela de pressão*, realizada em 06 de junho de 2012, para a qual foi apresentado um vídeo sobre o funcionamento da panela de pressão. As palavras *feijão*, *panela de pressão* e *vídeo* (turno [78]) nos levaram a fazer a inferência de que se tratava dessas atividades, na quais foi trabalhada, entre outros aspectos, a relação entre pressão e temperatura de ebulição.

Elementos mediadores da *memória científico-afetiva*

Considerando o assunto *máquinas térmicas*, conhecimentos físicos relativos a elas (relação com a primeira e segunda leis da termodinâmica e a equação geral dos gases ideais $\left(\frac{P_o V_o}{T_o} = \frac{PV}{T}\right)$, utilizada para explicar as transformações gasosas que caracterizam o funcionamento das máquinas) foram mencionados de forma apropriada pelos alunos do grupo (Quadro 27). O Aluno 4 se lembrou de que uma máquina não pode aproveitar 100% da energia que lhe é fornecida, fato que foi associado pelo Aluno 19 à inexistência das chamadas *máquinas ideais* pelo Aluno 4, com funcionamento infinito. Os Alunos 3 e 4 elaboraram explicações adequadas cientificamente sobre o porquê de não existir tal tipo máquina (turnos [402] e [406]).

Quadro 27. Retomada da conservação de energia em máquinas térmicas.

Conhecimento físico relativo à memória evocada	Turnos	Informantes	Dados (em itálico)	Elementos mediadores	Memórias evocadas
Conservação de energia em máquinas térmicas	[386]	Aluna 1	<i>Máquinas térmicas.</i>	Lei física	Memória científico-afetiva
	[387]	Aluno 4	<i>Aqui é primeira lei, a segunda lei...</i>		
	[388]	Aluno 19	<i>Não tem a ver com pivitipovotó isso aí?</i> [referindo-se à equação geral dos gases ideais]	Modelo matemático	
	[395]	Aluno 4	<i>[...] Eu lembrei que uma máquina não pode aproveitar... é... 100% de energia.</i>	Identificação do fenômeno	
	[396]	Aluno 19	<i>Inexistência de máquinas...</i>		
	[397]	Aluno 3	<i>Ideais?</i>		
	[398]	Aluno 19	<i>Não, é... Aquelas máquinas infinitas.</i>	Explicação do fenômeno	
	[402]	Aluno 3	<i>É porque perde calor pelo contato com o ar.</i>		
	[403]	Aluno 19	<i>Primeira lei da termodinâmica...</i>	Lei física	
	[405]		<i>Não lembro qual é.</i>		
	[406]	Aluno 4	<i>Não só com o ar... Barulho também perde energia.</i>	Explicação do fenômeno	
	[407]	Aluna 1	<i>Nada na natureza... se cria...</i>		

Além de terem sido retomados diferentes aspectos relativos às máquinas térmicas, distintos elementos de mediação foram também utilizados pelos estudantes para tal retomada. Essas duas características revelam que os alunos foram capazes de estabelecer, durante a atividade analisada, múltiplas e variadas relações entre os conhecimentos de física e suas aplicações à descrição e explicação adequadas do funcionamento da máquina térmica. Entendemos, portanto, que os alunos se valem da *memória científico-afetiva* para suas afirmações.

Sobre a lei física associada ao funcionamento da máquina térmica, o Aluno 19, no turno [403], confirmou a pertinência da primeira lei da termodinâmica, já citada pontualmente pelo Aluno 4 (turno [387]); no entanto, o Aluno 19 disse não se lembrar do que diz a lei (turno [405]). Esse fato reforça nossa defesa de um olhar crítico sobre os dados da pesquisa e a ideia de que devemos sempre questionar e tentar revelar o que está subjacente a eles. Dito de outra forma: poderíamos ingenuamente pensar que a mera menção a uma lei ou princípio físico indica que o aluno aprendeu tal conhecimento ou que sabe como utilizá-lo em determinada situação. O Aluno 19 nos esclareceu que isso nem sempre acontece. Já o Aluno 4 não nos forneceu elementos explícitos sobre qual seria a sua compreensão das leis citadas por ele, mas, no turno [406] (em que o Aluno 4 complementou o Aluno 3, no turno [402]), ele aplicou a conservação da energia à máquina térmica de forma cientificamente apropriada.

O modo compartilhado como os alunos reconstruíram seu entendimento sobre o rendimento de uma máquina térmica (Quadro 28) ilustra que a colocação de questionamentos de um integrante do grupo para outro sobre algo afirmado por este último (turno [416]) foi bem recebida e trabalhada pelos estudantes, servindo para mobilizá-los em torno da temática em discussão e para refinar a fala do Aluno 4. A habilidade de *fazer perguntas* foi mobilizada pelo grupo.

Quadro 28. Retomada do rendimento de uma máquina térmica.

Conhecimento físico relativo à memória evocada	Turnos	Informantes	Dados (em itálico)	Elementos mediadores	Memórias evocadas
Rendimento de uma máquina térmica	[415]	Aluno 4	<i>O rendimento não pode ser maior que 100%.</i>	Descrição do fenômeno	Memória científico-afetiva
	[416]	Aluno 19	<i>Maior? Que 100%? Como que você quer fazer isso?</i>		
	[418]	Aluna 1	<i>Não consegue nem ser igual.</i>		
	[426]	Aluno 19	<i>O rendimento não pode chegar a 100%.</i>		
	[427]	Aluno 4	<i>De uma máquina.</i>		
	[428]	Aluno 3	<i>De uma máquina térmica.</i>		

Por fim, diante do incômodo do Aluno 19 com a falta de um nome adequado para as máquinas que funcionam continuamente, ele recorreu ao professor para saber o nome de tais máquinas (turno [435], no Quadro 29).

Quadro 29. Retomada da temática do moto perpétuo pelo Aluno 19, com a mediação do professor.

Conhecimento físico relativo à memória evocada	Turnos	Informantes	Dados (em itálico)	Elementos mediadores	Memórias evocadas
Moto perpétuo	[429]	Aluno 19	<i>Professor, professor!</i>	Identificação do fenômeno	Memória científico-afetiva
	[435]		<i>Como é que se chama aquelas máquinas que têm.. Aquelas máquinas infinitas...</i>		
	[436]	Professor	<i>Moto perpétuo...</i>		
	[437]	Aluno 19	<i>É, moto perpétuo.</i>		
	[438]	Professor	<i>Têm funcionamento contínuo. Tu lembra disso, cara?</i>		
	[439]	Aluna 1	<i>Eu não vou lembrar, não.</i>	Livro didático de Física	Memória afetivo-vivencial
	[441]	Aluno 19	<i>Era isso ou estudar a matéria que ia cair na prova.</i>		
	[445]		<i>Eu lembro que tava num pedacinho assim, no canto.</i>		

A temática do moto perpétuo, surgida no grupo, parece não ser familiar à Aluna 1 (turno [439]). Até o professor surpreende-se com a lembrança do Aluno 19 sobre esse conteúdo (turno [348]), que, de acordo com nossos registros do caderno de campo, não foi abordado nas aulas de 2012. Todavia, o Aluno 19 parece ter estabelecido uma relação afetiva com tal conhecimento, o que justifica sua necessidade de retomar o termo *moto perpétuo*. Fazemos essa inferência porque o aluno se lembrou da parte do livro didático em que estava a explicação sobre moto perpétuo (turno [445]).

No dado *era isso ou estudar a matéria que ia cair na prova*, o aluno revelou que essa temática não foi abordada nas avaliações e que ele tinha duas opções: poderia estudar a matéria que estaria na prova ou estudar outras coisas. Nesse exemplo do moto

perpétuo, o aluno parece ter optado por ler sobre o que não estaria na prova. Podemos supor que o aluno fez tal escolha ou porque não queria estudar a matéria da prova ou porque a matéria que não ia cair na prova chamou mais a sua atenção (no sentido de levá-lo a ler sobre ela), ou podemos também considerar que ambas as situações aconteceram.

Modelo matemático como elemento mediador da *memória científico-afetiva*

No que se refere ao assunto *lei dos gases ideais*, a Aluna 1 perguntou ao professor o nome da matéria que envolvia o modelo matemático $PV=nRT$, pois disse que se lembrou da fórmula, mas necessitava da ajuda dele para saber a que situação física ela se referia (Quadro 30). Esse é mais um exemplo de que nem sempre a menção isolada a um modelo matemático implica em seu entendimento pelo aluno. Ademais, a aluna não explicitou a que se referiam as letras citadas na fórmula, possivelmente por entender que esse esclarecimento não era necessário, visto que se dirigia ao professor.

Quadro 30. Retomada da lei dos gases ideais pela Aluna 1.

Conhecimento físico relativo à memória evocada	Turnos	Informantes	Dados (em <i>itálico</i>)	Elementos mediadores	Memórias evocadas
Lei dos gases ideais	[28]	Aluna 1	<i>Professor, como é que era o nome daquela matéria...</i>	Modelo matemático	Memória científico-afetiva
	[29]	Aluno 19	<i>Pivitipovotó.</i> [referindo-se à lei dos gases ideais]		
	[30]	Aluna 1	<i>... que tinha a fórmula PV igual a nRT?</i>		
	[31]	Professor	<i>Gases</i>		
	[32]	Aluna 1	<i>Isso aí. Vou anotar.</i>		
	[33]	Professor	<i>Gases ideais</i>		
	[34]	Aluna 1	<i>Eu lembrei da fórmula...</i>		

É interessante notar que, ao abordar essa temática em 2012, o professor solicitou dos alunos, no dia 02 de junho, para entrega no dia 04 de junho, a elaboração de um resumo sobre gases ideais (dado presente na página 29 do caderno de campo). Todos os alunos fizeram a atividade (dado presente na página 30 do caderno de campo). Diante das explicações do professor sobre os assuntos colocados nos resumos, temos o seguinte dado da Aluna 1: *Aluna 1 diz que é legal ter uma outra situação em que isso aqui ($PV=nRT$) não vale* (página 30 do caderno de campo). Assim, entendemos que o fato de a lei dos gases ideais não valer sempre chamou a atenção da aluna no momento em que essa explicação foi realizada e que a lembrança da fórmula que ela retomou pode estar relacionada a essa relação afetiva com esse conhecimento, estabelecida em 2012.

Conhecimento científico escolar e a perspectiva de ensino do professor

Quanto às temáticas do motor à combustão interna, princípio de Pascal aplicado à prensa hidráulica e conceito de pressão, é interessante notar que houve um elemento do cotidiano presente nas três temáticas: o carro (Quadro 31).

Quadro 31. Retomada de conhecimentos físicos relativos ao funcionamento de um carro.

Conhecimento físico relativo à memória evocada	Turnos	Informantes	Dados (em itálico)	Elementos mediadores	Memórias evocadas
Motor à combustão interna	[19]	Aluna 1	<i>Aquele negócio que tinha do carro, que tinha que ver o funcionamento do carro e tal, sei mais o que...</i>	Relação com o cotidiano	Memória científico-afetiva
	[20]	Aluno 4	<i>Motor de combustão interna...</i>		
	[138]	Aluna 1	<i>Como é que era aquele negócio do carro, que tinha pistão, que tinha num sei mais o que?</i>	Identificação do fenômeno	
	[156]	Aluno 4	<i>Motor de combustão interna, a gente também aprendeu.</i>		
	[159]	Aluno 3	<i>Verdade, verdade.</i>		
	[160]	Aluno 4	<i>Ele ensinou pra gente.</i>		Memória afetivo-

					vivencial
Princípio de Pascal aplicado à prensa hidráulica	[152]	Aluno 3	<i>A gente tinha que calcular a área do negócio para poder...</i>	Modelo matemático	Memória científico-afetiva
	[154]	Aluno4	<i>Subir o carro! Achei que ela tivesse falando do motor do carro.</i>		
Conceito de pressão	[361]	Aluno 3	<i>A gente também viu sobre diferença de pressão, o negócio do avião lá que...</i>	Relação com o cotidiano	Memória científico-afetiva
	[363]	Aluna 1	<i>Piviti povotó [referindo-se à equação geral dos gases ideais].</i>	Modelo matemático	
	[371]	Aluno 3	<i>Não, combustão, combustão dentro do motor do carro, combustão.</i>	Relação com o cotidiano	
	[374]	Aluno 19	<i>Isso daí tem a ver com pressão, né não?</i>	Explicação do fenômeno	
	[376]		<i>O aumento, é.. O gás, aí aumenta a pressão, aí o pistão se mexe...</i>		
	[377]	Aluno 4	<i>Tem pressão em um monte de coisa...</i>		

O Aluno 4 afirmou que a turma aprendeu motor à combustão interna (turno [156]), citando, por intermédio da memória afetivo-vivencial, que o professor ensinou esse assunto.

A diferença de pressão fora e dentro do avião, citada pelo Aluno 3 no turno [361], foi mencionada pelo professor, no dia 19 de março de 2012, por intermédio de um problema escrito no quadro para que os alunos resolvessem (dado registrado em nosso caderno de campo, na página 9). Quando a Aluna 1 retomou a equação geral dos gases ideais (turno [363]), na qual também aparece o conceito de pressão, a discussão passou a se encaminhar para a influência da pressão no funcionamento da máquina térmica, em especial, do motor à combustão interna (Alunos 3 e 19).

No turno [376], o Aluno 19 associou corretamente o aumento da pressão à elevação do pistão, um dos tempos do motor à combustão. Tal explicação foi dada pelo professor em 12 de setembro de 2012, durante a leitura, em voz alta, feita por alunos

indicados por ele, desse assunto no livro didático de Física daquele ano. Consta em nosso caderno de campo (página 33) que o professor solicitou aos Alunos 15 e 21 que lessem as etapas do ciclo de funcionamento da máquina a vapor no livro e que o professor realizou sua explicação a partir disso. Registramos também em nosso caderno, na página 33: *Aluno 19 faz boas perguntas sobre o funcionamento da máquina. Sugere que a água não volte, no que é corrigido pela Aluna 17 e pelo professor.* Vemos, assim, que o Aluno 19 se envolveu com a temática do funcionamento do motor à combustão interna desde sua apresentação pelo professor, a qual ocorreu com a participação de diferentes alunos da turma, inclusive com a do Aluno 19, o que pode nos auxiliar a compreender os motivos da retomada desta temática em 2013.

Interações sociais no pequeno grupo e a mediação do professor

Todos os integrantes do grupo participaram da discussão sobre a temática da propagação de calor por convecção (Quadro 32). Os alunos retomaram o fenômeno da convecção por intermédio da descrição e da explicação do fenômeno e do procedimento experimental sobre convecção realizado no laboratório de Física, em 14 de maio de 2012, na perspectiva investigativa.

Quadro 32. Retomada da propagação de calor por convecção com a participação de todos os estudantes do grupo.

Conhecimento físico relativo à memória evocada	Turnos	Informantes	Dados (em itálico)	Elementos mediadores	Memórias evocadas
Propagação de calor por convecção	[83]	Aluno 3	<i>Tinha um negócio que ficou circulando...</i>	Descrição do fenômeno	Memória científico-afetiva
	[163]	Aluna 1	<i>Troca de calor... Num era troca de calor, aquele que fazia assim... [com o dedo indicador, realiza movimento circulares no ar, na vertical.]</i>		

	[170]	Aluno 19	Mas não é isso que a gente tá falando, era uma coisa que faz com que objetos menos densos bóiem.	Explicação do fenômeno	
	[175]		Ih, é, aquele negócio que era mais frio em cima, mais quente embaixo, que ficava girando...		
	[177]	Aluna 16	Que tinha a música do ciclo bioquímico.	Descrição do fenômeno	
	[180]		Eu não lembro o nome, eu só lembro do círculo sem fim...		
	[181]	Aluno 4	Não é corrente de convecção, isso? Não é corrente de convecção?		
	[182]	Aluna 16	Corrente de convecção?		
	[183]	Aluno 4	Acho que é isso.		
	[186]	Aluna 16	Como era o nome daquele negócio da água, do ciclo sem fim?		
	[219]		...E aí vai girando assim [com o dedo indicador, realiza movimento circulares no ar, na vertical.], aí a água vai... vai mudando, vai renovando.		
	[221]	Aluno 3	Eu lembro da experiência que a gente até colocou serragem pra... e aqueceu o fundo da água...	Procedimento experimental realizado	

Mesmo antes da lembrança ao nome do fenômeno (turno [181]), a descrição do formato das correntes de convecção que se formaram no experimento realizado foi bastante citada pelos integrantes do grupo (turnos [83], [163], [175] e [219]). Ainda que a associação direta com o procedimento experimental realizado só tenha sido feita pelo Aluno 3, no turno [221], o fenômeno observado no experimento parece ter afetado positivamente os estudantes do grupos (e de forma mais marcante que o nome do

fenômeno, que só apareceu posteriormente na discussão e não foi consenso entre os alunos).

Fazemos essa afirmação porque o grupo conseguiu, na discussão coletiva, não só lembrar-se do que foi observado e do nome do fenômeno, mas também avançar para a explicação do que foi observado (turnos [170] e [175]). Os Alunos 16 e 19 relacionaram a formação das correntes de convecção às diferentes temperaturas no interior do líquido e à consequente diferença de densidade entre as partes do líquido, o que é uma compreensão compatível com o conhecimento científico escolar. Esse é mais um exemplo de que a discussão coletiva propiciou o compartilhamento de significados e a retomada, no âmbito da *memória científico-afetiva*, de conhecimentos previamente trabalhados com os estudantes.

Na temática relativa às *formas de propagação de calor* de forma geral (Quadro 33), o Aluno 4 afirmou não se lembrar do nome das formas com que o calor se transfere de um corpo a outro, o que fez com que a discussão versasse sobre isso.

Quadro 33. Retomada das formas de propagação de calor com o auxílio do professor.

Conhecimento físico relativo à memória evocada	Turnos	Informantes	Dados (em itálico)	Elementos mediadores	Memórias evocadas
Formas de propagação de calor	[455]	Aluno 4	<i>Tem as formas também, tem as formas de, de... O calor passa de um corpo pro outro, esqueci o nome que se dá... a isso.</i>	Identificação do fenômeno	Memória científico-afetiva
	[456]	Aluno 19	<i>Transferência de energia.</i>		
	[457]	Aluno4	<i>Transferência de energia, que era, que era...</i>		
	[460]		<i>Mas tem o... Tem três tipos.</i>		
	[461]	Aluno 19	<i>Calor é transferência de energia.</i>	Explicação do fenômeno	
	[475]	Aluno 4	<i>Rad...Radiação... Era radiação...</i>	Identificação do fenômeno	
	[480]		<i>Era radiação e tinha mais dois.</i>		
	[481]	Aluna 1	<i>Era um de contato, né?</i>		

	[482]	Aluno 4	<i>Sim, um que era em contato... Não sei se era convecção.</i>		
	[485]	Aluno 19	<i>Como assim, radiação?</i>		
	[486]	Aluno 4	<i>Radiação, por exemplo, do Sol para a Terra.</i>	Relação com o cotidiano	
	[496]	Aluno 4	<i>Tem convecção mesmo.</i>	Identificação do fenômeno	
	[497]	Aluna 16	<i>Convecção?</i>		
	[500]	Aluno 4	<i>Professor, a gente tava lembrando aqui que que é modo de transferência de energia. Eram três modos. Transferência de energia, de calor.</i>		
	[507]	Professor	<i>[...] Um exemplo disso, radiação?</i>		
	[508]	Aluno 4	<i>O sol.</i>		
	[511]	Professor	<i>Nos fluidos...</i>		
	[512]	Aluno 4	<i>Convecção.</i>		
	[515]	Professor	<i>E nos sólidos?</i>		
	[516]	Aluna 1	<i>Era de...contato?</i>		
	[518]	Aluno 4	<i>Condução.</i>		

A radiação foi a primeira forma de transferência citada pelo Aluno 4 (turnos [475])). A Aluna 1 citou que um dos processos implicaria em contato (turno [481]), com a concordância do Aluno 4, que, quando questionado pelo Aluno 19 sobre o que seria radiação (turno [485]), forneceu corretamente o exemplo da propagação da luz do Sol até a Terra. Foi por intermédio da relação com o cotidiano que o Aluno 4 retomou o fenômeno da radiação para compartilhar significados com o Aluno 19.

A intervenção do professor foi solicitada pelo Aluno 4 para ajudar na retomada das formas de propagação de calor. Colocando questionamentos sobre os possíveis meios de propagação (turnos [511] e [515]), o professor não respondeu diretamente à pergunta que lhe foi colocada, mas suas mediações conseguiram fazer com o que próprio grupo retomasse os termos que buscava, ainda que maiores explicações sobre eles não tenham sido fornecidas.

Interação social na construção compartilhada de significados

O conceito de *equilíbrio térmico* foi explicitamente solicitado pela Aluna 16, no turno [138], a seus colegas de grupo (Quadro 34). Para atender à demanda da aluna, os Alunos 1 e 3 construíram de forma compartilhada a descrição do fenômeno da colocação de dois corpos de diferentes temperaturas em um calorímetro, indicando que eles atingem, ao final, a mesma temperatura. Foi por intermédio da descrição desse fenômeno que os alunos retomaram esse conhecimento já previamente estudado por eles. Ademais, identificamos também que as mediações dos próprios alunos uns com os outros durante a discussão possibilitaram tal retomada.

Quadro 34. Retomada do conceito de *equilíbrio térmico*.

Conhecimento físico relativo à memória evocada	Turnos	Informantes	Dados (em itálico)	Elementos mediadores	Memórias evocadas
Conceito de equilíbrio térmico	[138]	Aluna 16	<i>Escrever só equilíbrio térmico... Fica esquisito... Equilíbrio térmico...</i>	Descrição do fenômeno	Memória científico-afetiva
	[140]	Aluno 3	<i>É quando... dois corpos de temperatura diferente dentro de um... calorímetro</i>		
	[141]	Aluna 1	<i>Aí, eles vão pra mesma temperatura</i>		
	[142]	Aluno 3	<i>Isso</i>		

Síntese da análise realizada

A análise das discussões em pequeno grupo sobre o que os alunos retomaram do conhecimento com o qual tiveram contato nas aulas de Física II, em 2012, permitiu observar que as interações sociais em sala de aula foram permeadas por exemplos de compartilhamento de significados e de construção coletiva de conhecimento científico escolar entre os alunos, com a pesquisadora e com o professor. A forma como a atividade

foi estruturada forneceu a oportunidade de que diferentes agentes fossem responsáveis pela retomada de conhecimentos ao longo da discussão.

Variados elementos mediadores permitiram retomadas compatíveis com o conhecimento científico escolar por intermédio da *memória científico-afetiva*, quais sejam: *relação com o cotidiano, identificação do fenômeno, descrição do fenômeno, explicação do fenômeno, modelo matemático, lei física, livro didático de Física, procedimento experimental realizado*. Os elementos mediadores da memória afetivo-vivencial identificados foram: *resultado positivo na realização da tarefa, procedimento experimental realizado e relação com o cotidiano*.

Entendemos que o conhecimento construído em 2012 no plano interpessoal e que já era parte, em 2013, de algum modo e em alguma medida, da estrutura cognitiva dos estudantes investigados, ou seja, já tinha sido reelaborado no plano intrapessoal, se enriqueceu e se transformou por intermédio das novas relações interpessoais estabelecidas em 2013. Na medida em que novos sentidos puderam ser atribuídos a tais conhecimentos na atividade analisada e que o aspecto afetivo também esteve presente, pois os alunos se envolveram de forma intensa na discussão (habilidades de *trabalhar em grupo* e de *fazer perguntas* foram mobilizadas), entendemos que o problema concreto colocado pelo professor (retomar o que tinha sido trabalhado anteriormente) pode ter sido identificado como tal pelos próprios estudantes. Esse fato caracteriza, portanto, a atividade analisada não só como de caráter reflexivo e avaliativo com relação aos assuntos estudados no ano anterior, mas também como um espaço para novas aprendizagens por parte dos estudantes.

É interessante ressaltar a presença de conhecimentos compatíveis com a ciência escolar nas falas espontâneas dos estudantes, ou seja, que os alunos escolheram trazer para a discussão conhecimentos que consideraram saber ou que pensaram serem possíveis de serem retomados com a mediação dos colegas de grupo. A duração e a intensidade da discussão revelam que os estudantes conheciam muitos assuntos que consideravam ter aprendido ou que os afetaram de alguma forma. Em outras palavras, o conhecimento metacognitivo sobre pessoas (FIGUEIRA, 2003) foi mobilizado pelos alunos do grupo na seleção dos temas a serem mencionados por eles. Ainda que não tenhamos dados para

comparação, acreditamos que, caso essa mobilização não ocorresse, a discussão poderia não ter sido tão frutífera e com a participação de tantos sujeitos como foi.

4.6.2 Atividade 3: discussão coletiva sobre conceitos científicos e cotidianos

Damos prosseguimento à análise de dados considerando os registros da *Atividade 3*, cuja caracterização aparece no 35.

Quadro 35. Características dos registros obtidos com a *Atividade 3*.

Data	Número da Atividade	Nome da atividade	Descrição da atividade	Forma de participação dos alunos	Registros coletados
03/06/2013	Atividade 3	Contraste entre os conceitos espontâneos e científicos de <i>calor</i> e <i>temperatura</i>	O professor propôs aos grupos de alunos a resolução da questão 50 da prova azul do primeiro dia de prova do ENEM de 2010. Informou que os grupos deveriam indicar também porque as outras opções de resposta disponíveis são incorretas. Após a resolução, cada grupo iria apresentar a sua solução para toda a turma, em forma de discussão coletiva.	Pequenos grupos; grande grupo	Falas dos estudantes em pequeno e em grande grupo

A questão 50 da prova Azul do ENEM 2010 foi a seguinte:

Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras “calor” e “temperatura” de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como “algo quente” e temperatura mede a “quantidade de calor de um corpo”. Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que

podem ser verificadas na prática. Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

- a) A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.*
- b) Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.*
- c) A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela.*
- d) A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.*
- e) Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.*

A questão se refere ao contraste entre os conceitos espontâneos e científicos de calor e temperatura. Os grupos de alunos deveriam encontrar, entre as opções colocadas na questão, aquela que apresenta uma situação na qual os conceitos espontâneos de calor e temperatura não são adequados para explicá-la de forma satisfatória. Tais conceitos espontâneos foram apresentados no enunciado da questão, do seguinte modo: “Na linguagem corrente, calor é identificado com ‘algo quente’ e temperatura mede a ‘quantidade de calor de um corpo’”.

Por essa afirmação, podemos inferir que a questão se refere à associação cotidiana que as pessoas fazem entre as ideias de “mais quente, mais calor, maior temperatura”. Cientificamente, sabemos que a afirmação “quanto maior o fornecimento de energia na forma de calor, maior a temperatura do corpo que recebeu essa energia” é válida para as situações em que não ocorre mudança de fase, ou seja, para aquelas nas quais o calor gera variação de temperatura, sendo, por isso, denominado calor sensível³⁵. Contudo, o enunciado não aborda (porque não é um conhecimento espontâneo para as pessoas) que pode haver troca de energia na forma de calor mesmo sem variação de temperatura, ou

³⁵ De acordo com a equação fundamental da Calorimetria, $Q = m.c.\Delta T$, onde Q é a quantidade de calor sensível, m é a massa da substância, c é seu calor específico e ΔT é a variação de temperatura sofrida pela substância.

seja, que a mudança de fase ocorre à temperatura constante devido ao calor latente³⁶. Assim, é justamente uma situação que não pode ser explicada pelo conhecimento espontâneo que deve ser identificada entre as opções.

No item a), encontramos a afirmação *A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo*. Esse é um caso em que o calor não está associado à mudança (aumento) de temperatura, e sim à mudança de fase (de líquido a vapor), que ocorre à temperatura constante. Assim, vemos que essa opção não pode ser descrita pelo conceito espontâneo de temperatura enquanto “quantidade de calor de um corpo”, pois a energia do corpo (fornecida na forma de calor), por unidade de massa na fase líquida, não fica constante, ao contrário, aumenta continuamente com o passar do tempo, para que haja a mudança de fase; contudo, a temperatura, enquanto conceito físico, fica constante no processo. Como tal ideia não é compatível com a concepção espontânea das pessoas, não pode, portanto, ser explicada por ela. Logo, é a opção a ser escolhida como resposta à questão.

Na situação do item b) (*Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água*), o conceito de temperatura enquanto “quantidade de calor de um corpo” pode ser utilizado sem que haja prejuízo no entendimento do que foi feito pela mãe, ainda que saibamos que cientificamente um corpo não possui calor e que tal temperatura é a medida da sensação de quente e frio em relação a um determinado padrão ou referência. A mera sensação tátil da mãe não é um bom instrumento de medida de temperatura enquanto grandeza física, mas atende à necessidade de verificar se a água está apropriada para o banho do bebê.

Na situação do item c) (*A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela.*), o fornecimento de energia na forma de calor é associado ao aumento de temperatura, conforme a concepção espontânea do conceito, que, nesse caso, pode explicar a situação descrita.

Também nas opções d) (*A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.*) e e) (*Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a*

³⁶ $Q = m.L$, onde Q é a quantidade de calor latente, m é a massa da substância e L é o calor latente de mudança de fase da substância por unidade de massa

dele.), o conceito de calor está associado à mudança de temperatura (diminuição da temperatura da água da caneca e aumento da temperatura da água no interior da vasilha, respectivamente), o que remete ao conceito de calor sensível e à concepção espontânea desse conceito.

Pretendemos investigar como os alunos do grupo retomaram conhecimentos e mobilizaram habilidades para a solução da questão e como avançaram nessa resolução. Por isso, optamos pela análise dos dados considerando a sequência cronológica dos turnos, desde a proposição da atividade, passando pela interação no pequeno grupo, com as mediações da pesquisadora e do professor, até as falas no grande grupo. O esquema da análise feita aparece na Figura 16.

Figura 16. Esquema de construção e análise de dados usado na *Atividade 3*.

Foram obtidos 440 turnos de fala, ao longo de 33min 03s de gravação em áudio, o que demonstra o envolvimento dos estudantes na atividade proposta. Houve 43 turnos para a Aluna 1, 59 turnos para o Aluno 3, 79 turnos para o Aluno 4, 89 turnos para a Aluna 16, 123 turnos para o Aluno 19, 15 turnos para o Professor e 28 turnos para a Pesquisadora.

Habilidades e conhecimentos metacognitivos: a leitura da questão como problema inicial

O grupo iniciou a resolução da questão pela leitura, em voz alta, do enunciado da mesma. Só havia uma folha com a questão, que deveria ser compartilhada por todo o grupo. Tal fato teve diferentes implicações para os estudantes do grupo.

[14] Aluna 16: [lendo] *Em nosso cotidian... cotidiano utilizamos as palavras “calor” e “temperatura” de forma diferente...*

[15] Aluno 19: ***Eu vou ler depois...***

[16] Aluna 16: [leitura da questão]

[17] Aluno 3: ***Eu posso ler?***

[18] Aluno 4: ***Acho que essa aqui ó...***

[19] Aluna 1: ***Eu não prestei atenção.***

Os Alunos 1 e 19 justificaram sua solicitação de ler individualmente, a qual apareceu, de forma bem enfática, no turno [27], no qual a Aluna 1 repetiu, por quatro vezes, o pronome *eu*, e usou a expressão *minha pessoa*, para reforçar que o pronome *eu* referia-se a ela.

[25] Aluna 1: ***Depois deixa eu ler porque assim eu não consigo entender.***

[26] Aluno 19: ***Eu não consigo prestar atenção com as pessoas falando.***

[27] Aluna 1: ***Eu também não. Eu, eu que tem que ler, entendeu? Eu, minha pessoa.***

[28] Aluno 19: ***Eu tenho uma dificuldade assim... de prestar atenção.***

Os Alunos 1 e 19 expressaram que não conseguiam entender ou prestar atenção quando alguém está lendo a questão que eles devem resolver. Entendemos que tal percepção está associada ao conhecimento metacognitivo sobre pessoas, pois os alunos se reconheceram enquanto seres cognitivos, ou seja, como alguém que apresenta certas características para conhecer as coisas do mundo. Diante dessa característica em especial, os Alunos 1 e 19 consideraram que cada um deles devia ler separadamente a questão, a fim de que fosse possível entendê-la e resolvê-la, o que remete ao conhecimento metacognitivo sobre estratégias, pois os alunos acreditam que o meio mais provável de obterem êxito na tarefa é pela leitura individual.

Assim, vemos que, conforme afirmam Flavell, Miller e Miller (1999), o conhecimento metacognitivo de forma geral é constituído por combinações de dois ou mais metaconhecimentos. Ou seja, que os conhecimentos metacognitivos sobre pessoas e

estratégias estão relacionados, pois a identificação da dificuldade implicou na estratégia para superá-la.

O fato de haver somente uma folha para todos os alunos, a dificuldade dos Alunos 1 e 19 de acompanhar a leitura em voz alta e até mesmo a disposição espacial dos estudantes do grupo (Figura 17), que parece dificultar a leitura simultânea por parte de mais de um aluno, são elementos que caracterizaram a interação dos participantes do grupo. Tais fatos nos levam a interpretar que o problema inicial enfrentado pelos estudantes parece ser a leitura da questão, e não a questão em si. Em outras palavras, esse problema não foi proposto intencionalmente pelo professor, mas sim possuía uma dimensão metodológica para os estudantes, pois se relacionava ao modo como eles deveriam se organizar para atender aos critérios da tarefa.

Figura 17. Disposição dos alunos do grupo durante a resolução da questão proposta.

Vale notar que a leitura da questão não foi um problema identificado em nosso estudo piloto, possivelmente porque eram apenas três estudantes no grupo, os quais compartilhavam a folha com a questão em uma mesma bancada no laboratório, o que poderia permitir a leitura simultânea por todos os integrantes do grupo.

Diante desse problema, o grupo desenvolveu uma estratégia, proposta pelo Aluno 4 (turno [45]) e compartilhada por vários integrantes: tirar uma foto da questão com o celular (Figura 18) e colocá-la no *Instagram* (rede social *on line* para compartilhamento de fotos e vídeos).

[45] Aluno 4: *Tira uma foto cada um.*

[46] Aluno 3: *É.*

[48] Aluno 3: *Boa ideia!*

[51] Aluna 1: *Deixa que eu tiro, me dá aqui.*

[52] Aluno 3: *Eu vou tirar de novo.*

Figura 18. Aluna tirando foto da folha com a questão com o telefone celular.

Entendemos que a habilidade de *desenvolver uma estratégia para a resolução do problema* foi mobilizada pelo grupo. Ela também foi observada durante esta atividade no estudo piloto desta tese, ainda que a estratégia em si tenha sido diferente, pois a situação problemática era outra.

As formas de leitura em pequeno grupo: uma construção sócio-histórico-cultural

A dificuldade de acompanhamento da leitura em voz alta foi um problema identificado até este ponto de nossa análise, o qual poderia ter ocorrido mais vezes, em atividades semelhantes a essa, realizadas anteriormente. Para tentar compreender como as características dos estudantes que compõem o grupo foram se constituindo historicamente nas relações estabelecidas em sala de aula, recorremos a registros de 2012, em que o grupo também trabalhou coletivamente para a resolução de questões escritas.

Uma das atividades em que houve leitura coletiva no grupo foi a *Atividade E: Leitura de texto histórico sobre a natureza do calor*, proposta pelo professor em 16 de abril de 2012. Acessando os registros das gravações, foi possível perceber que o grupo realizou de forma satisfatória e relativamente rápida a tarefa, que consistia na leitura de um texto e na resposta, em forma oral, a duas questões sobre ele.

Nessa atividade, o grupo se organizou de forma distinta no que se refere à leitura. Como se tratava de um texto histórico relativamente grande para os alunos (um pouco

mais de uma página, como se pode ver no ANEXO A desta tese), a Aluna 16 iniciou a leitura em voz alta, que depois passou ao Aluno 4, depois, à Aluna 1 e, por fim, a Aluna 16 reassumiu a leitura.

O Aluno 4 não acompanhava a leitura pela folha, somente ouvia a Aluna 16, até que começou a ler, recebendo a indicação dela sobre o ponto, no texto, a partir do qual deveria reiniciar a leitura. Já a Aluna 1, ao seguir lendo em voz alta, como acompanhava pela folha, deu prosseguimento imediato à leitura. O mesmo ocorreu com a Aluna 16.

Interpretamos que a habilidade de *desenvolver uma estratégia para a resolução do problema* foi também mobilizada pelo grupo nesta atividade. No entanto, a estratégia em si foi a alternância de leitores em voz alta, e não o acesso da leitura a todos por intermédio de uma foto do texto.

Nesta atividade, havia mais de uma folha disponível para a leitura pelos alunos do grupo, ainda que não houvesse folhas para todos os alunos, como foi o caso do Aluno 4. As repostas às questões foram fornecidas pela Aluna 1 e pela Aluna 16, com a participação e concordância do Aluno 4. Os Alunos 3 e 19 praticamente não participaram com turnos de fala nesta atividade.

Diante do exposto, a presença de mais folhas para a leitura parece ter favorecido a realização da tarefa, mesmo diante de um texto histórico relativamente longo e com palavras desconhecidas. Os Alunos 1, 4 e 16, que leram trechos do texto em voz alta, foram os que mais se envolveram na tarefa e participaram da construção das respostas às questões propostas. Ademais, algumas características observadas na atividade de 2012 se mantiveram em 2013.

A Aluna 1 interagiu melhor com a atividade (tanto em 2012 como em 2013) ao acompanhar o texto no papel enquanto a leitura era feita em voz alta. Os Alunos 3 e 19 não realizaram a leitura em voz alta no pequeno grupo em 2012 e não participaram de forma satisfatória dessa atividade, o que pode estar relacionado, de alguma forma. Eles também demonstraram dificuldade na questão da escuta da leitura na atividade de 2013, recorrendo à foto para lerem de forma individual.

O Aluno 4 não solicitou a folha para leitura na atividade de 2012 e tampouco demonstrou dificuldade para acompanhar tal atividade. Mesmo tendo sugerido o recurso da foto na atividade de 2013, ele não fez uso dele para resolver a questão e, nas duas

atividades, pareceu não ter dificuldade para compreender o que era lido por outra pessoa em voz alta.

A análise das atividades de 2012 e 2013 evidenciou que as formas como cada aluno do grupo se relacionou com a leitura coletiva da questão (facilidade de compreensão quando a leitura foi feita por um único aluno, por vários alunos alternadamente ou de modo individual) foram construídas ao longo dos diferentes momentos de interação que tiveram no grupo e, possivelmente, durante toda a escolarização. Entendemos, assim, que essas reconstruções individuais, no plano intrapessoal (que expressam como os sujeitos atribuem sentido às práticas e situações), são fruto de suas relações interpessoais historicamente construídas. Portanto, defendemos que não podem ser desconsideradas na análise da aprendizagem dos estudantes, pois influenciaram fortemente o modo como os alunos participaram da atividade, interagiram com os colegas e, em última análise, resolveram a tarefa proposta.

Conceitos científicos e espontâneos, habilidades e relações afetivas

Começando a tentar resolver a questão, a Aluna 1 teve dúvidas quanto à opção e) (*Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.*). O grupo se mobilizou para ajudar no entendimento da aluna.

[83]Aluna 1: *Como assim?* [lendo] *Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele? Não entendi.*

[84]Aluna 16: *Transmissão de calor, o forno que tá...*

[85]Aluna 1: *Não, eu não entendi a... a... a frase mesmo, assim.*

[86]Aluno 3: *A água, olha só, a água...*

[87]Aluna 1: *Tem o forno.*

[88]Aluno 3: *Tá dentro do forno. Tá numa vasilha dentro do forno. Aí o forno vai ceder calor...*

[89]Aluna 1: *Ah, não, pode, pode, pode. Entendi agora, vai.*

[91]Aluna 1: *Eu entendi, ele tá querendo dizer que a vasilha tem menor temperatura do que... a do fogão.*

[92]Aluna 16: *É.*

Pensamos que as mediações dos Alunos 3 e 16 tinham como objetivo auxiliar a Aluna 1, porém ela expressou que sua dificuldade estava relacionada à compreensão da frase escrita na opção, e não aos conhecimentos físicos envolvidos nela, os quais foram

abordados por eles em suas intervenções. A Aluna 1 demonstrou ter conhecimento sobre o que não tinha entendido, o que se refere ao conhecimento metacognitivo sobre pessoas. As falas dos alunos, ainda que adequadas do ponto de vista científico, parecem não ter contribuído fortemente para que a Aluna 1 afirmasse que entendeu a opção e) e para que ela expressasse o que tinha entendido.

Na sequência, o grupo começou a se dedicar a reconhecer o problema que lhe foi colocado de forma intencional pelo professor, ou seja, a identificar aquilo que era abordado na questão. A Aluna 16 e o Aluno 3 expressaram corretamente que deveriam identificar a opção em que os conceitos espontâneos eram limitados para explicar a situação nela relatada. Após alguma dificuldade, o Aluno 19 parece ter sido convencido pelo Aluno 3 sobre o problema colocado pela questão.

[115] Aluno 4: *É para marcar a certa ou a errada?*

[116] Aluna 16: *Qual?*

[117] Aluno 4: *É para explic... Não, peraí, é para explic... Só tem uma certa.*

[118] Aluna 16: *Só tem uma que não usa...*

[122] Aluna 16: *Ele quer saber qual que limita, e não qual que usa um termo da forma certa.*

[127] Aluno 3: *Mostra a limitação dos conceitos.*

[128] Aluno 19: *Não entendi. Que que ele pediu pra gente fazer?*

[129] Aluno 3: *Caracas! Aqui, olha... A situação que... que mostra a limitação dos conceitos... corriqueiros.*

[130] Aluno 19: *É uma situação só, então...*

[131] Aluno 3: *É, a situa... ele tá pedindo a situação que mostra, que mostra esse conceito aqui, que, que, é...*

[132] Aluno 19: *Que os significados tão errados no cotidiano. Tá.*

[133] Aluno 3: *Isso, isso. Parabéns!*

Assim, entendemos que a habilidade de *reconhecer o problema* foi mobilizada pelo grupo, assim como observado em nosso estudo piloto.

Dando prosseguimento à discussão, o grupo passou a tentar identificar o objetivo da tarefa, ou seja, aquilo que precisava ser feito na questão. Os Alunos 1, 16 e 3 tentaram explicar ao Aluno 19 que a opção que não pode ser explicada pelos conceitos espontâneos de calor e temperatura era a que deveria ser marcada. No entanto, o fato de a resposta correta corresponder a uma situação descrita de forma incorreta pelos conceitos espontâneos causou confusão junto ao Aluno 19.

[134] Aluno 19: *É só uma, ele falou muita coisa, não é só isso.*

[135] Aluna 1: *É uma certa e as outras erradas.*

[136] Aluno 3: *Perfeito.*

[137] Aluno 19: Não, mas tem mais alguma... *Não, é uma errada e as outras tão certas.*

[138] Aluno 3: Não.

[139] Aluna 16: *Não, é o contrário, criança.*

[140] Aluno 3: *Uma alternativa é para marcar, as outras, não.*

[141] Aluno 19: [lendo] *Que situação prática mostra a limitação dos conceitos...* [para de ler] *Qual delas está errada...Uma só tá errada.*

Entendemos que os alunos do grupo estavam falando sobre algo semelhante, porém, de formas distintas, pois a única resposta certa (a que os Alunos 1, 3 e 16 se referiam) corresponde à situação que não pode ser explicada pelos conceitos espontâneos, identificada como a única incorreta pelo Aluno 19. Todavia, o grupo parece não perceber essa aproximação, com a exceção da Aluna 16, quando disse que *a opção errada era a certa.*

A habilidade de *identificar o objetivo da tarefa*, já identificada no estudo piloto, foi mobilizada parcialmente pelo grupo, pois o Aluno 19 seguiu em dúvida, parecendo desistir de pedir ajuda ao grupo para mobilizar tal habilidade. Contudo, ele recorreu ao grupo muitas outras vezes ao longo da atividade, como poder-se-á ver ao longo desta análise.

O Aluno 19, ao ler o item a) (*A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.*), disse não entender que a temperatura da água fica constante enquanto está fervendo, mas os Alunos 3 e 16 afirmaram que é isso que ocorre, ainda que não tenham explicado por que isso acontece, ou seja, não tenham utilizado o conceito científico de calor aplicado à mudança de fase.

[191] Aluno 19: *Eu vou ler a letra a) agora.* [lendo] *...Pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo. Não entendi... Como assim a temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que está fervendo?*

[192] Aluno 4: *Temperatura constante, ué!*

[193] Aluno 19: *Tá errada.*

[194] Aluno 4: *Não!*

[195] Aluno 19: *Como assim? Não entendi!*

[196] Aluno 4: *Quando a água tá fervendo, ela passa do estado líquido pro gasoso, e a temperatura fica constante, 100 graus.*

[197] Aluna 16: *Tá constante todo o tempo. Tá certo.*

Devido à dificuldade para identificar o objetivo da tarefa, os alunos ainda não definiram uma resposta a ser marcada, de forma que ainda havia muita indefinição por parte deles.

- [199] Aluna 16: *É a b) que tá errada, não é?*
 [200] Aluno 4: *A c)...Também.*
 [202] Aluna 1: *Eu escolheria a b).*
 [210] Aluna 16: *A c) tá certa, menino! A c) tá certa.*
 [218] Aluna 16: *É a b).*
 [219] Aluno 4: *Mas tem que justificar por que.*

Neste momento, a Aluna 1 realizou uma consulta ao professor, identificada por intermédio do registro em vídeo. Ela retornou ao grupo no turno [220], a partir do qual ela expressou a concepção que desenvolveu e sua opção de resposta, com base, possivelmente, na fala do professor.

- [220] Aluna 1: *[voltando de uma consulta individual ao professor] Aqui ele tá falando que tem que ser uma, um conceito que na...que esse conceito de medir a temperatura, não funciona. Por exemplo, uma mão... [lendo] a mãe coloca a mão na água... [para de ler] Ela tá medindo, vamos dizer assim... Tá, assim, é claro que...*
 [221] Aluno 4: *Tá certo, a letra b) tá certo.*
 [222] Aluna 1: *... o que ela tá medindo funciona, essa água tá muito quente pro bebê, ela consegue sentir isso.*
 [223] Aluno 4: *Ah, tá.*
 [224] Aluna 1: *Agora...*
 [225] Aluno 3: *Eu acho que é a letra d).*
 [226] Aluna 1: *Eu acho que a a)... Cotidianamente ela não consegue...*
 [227] Aluno 19: *Não, a a) tá certa.*
 [228] Aluna 16: *A a) tá certa.*

A Aluna 1 descartou a opção b) (*Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.*), sua escolha inicial de resposta à questão, com a justificativa de que a forma de medição de temperatura com a mão funciona no caso da mãe que verifica a água do banho do bebê, pois a mãe, de acordo com a aluna, *consegue sentir isso*. Em outras palavras, nessa situação, o conceito cotidiano de temperatura como quantidade de calor de um corpo pode ser utilizado para descrever a sensação que a mãe tem. A aluna disse que a opção a) (manutenção da temperatura constante durante a ebulição) seria aquela que cotidianamente não poderia ser explicada e, portanto, escolheu essa situação como adequada, mas não justificou sua resposta. Os Alunos 16 e 19 (turnos [227] e [228]) afirmaram que a opção a) estava “correta”, logo, não era a resposta a ser marcada.

A partir do turno [230], o Aluno 1 defendeu a letra d) (*A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.*) como sendo a opção a ser marcada. A Aluna 16 disse que a situação da opção d) ocorre no

cotidiano das pessoas, no que teve a concordância da Aluna 1. O Aluno 3 trouxe outro argumento para defender a opção d). Ele tentou usar o conceito espontâneo de temperatura como *quantidade de calor de um corpo*, mencionado no enunciado da questão, para tentar convencer o grupo de que tal conceito não estava sendo usado na opção d) (*A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.*). Contudo, o aluno definiu o conceito espontâneo de temperatura associando-o a *verificar a quantidade de calor de um corpo*, possivelmente influenciado pelo enunciado da questão, que dizia: *temperatura mede a “quantidade de calor de um corpo”* [grifo nosso]. Ele também pode ter considerado a fala da Aluna 1, nos turnos [220] e [222]: *...esse conceito de medir a temperatura, não funciona. Por exemplo... a mãe... tá medindo, vamos dizer assim... o que ela tá medindo funciona, essa água tá muito quente pro bebê* [grifo nosso].

[230] Aluno 3: *Sim, eu acho que é letra d), olha só, presta atenção nela.*

[235] Aluna 1: *Eu não entendi. [lendo] A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca... Tá errado, isso.*

[236] Aluna 16: *É, isso daí sempre acontece, as pessoas fazem isso, ficam passando de uma caneca pra outra até ficar frio.*

[237] Aluna 1: *É...*

[240] Aluno 3: *Mas, mas... o conceito de calor disso, eles não tão... medindo a temperatura, entendeu? Que a temperatura é pra...verificar quantidade de calor. Só que eles não tão verificando a quantidade de calor, entendeu?*

[241] Aluna 1: *É a d).*

O Aluno 3 considerou, assim, que o conceito espontâneo de temperatura não poderia ser usado na letra d) (*A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.*), defendendo-a como resposta a ser marcada. Entendemos que, mesmo alterando o conceito (o que o fez defender uma opção que não era aquela a ser marcada), o Aluno 3 desenvolveu uma estratégia para a resolução da questão, qual seja, utilizar os conceitos espontâneos apresentados no enunciado para avaliar as situações expressas nas opções. A habilidade de *desenvolver uma estratégia para a resolução do problema* foi novamente mobilizada pelo estudante e tal estratégia parece ter sido considerada relevante pela Aluna 1, que passou a considerar a opção d) como a que deveria ser marcada, em detrimento da opção a), aderindo, portanto, à proposta do Aluno 3.

A adesão da Aluna 1 à ideia do Aluno 3 foi tão grande que ela buscou outro argumento que fundamentasse a escolha da opção d). Ela disse que o calor como energia em trânsito deveria ser utilizado na situação da passagem da água quente de uma caneca para a outra. No entanto, ao início de sua explicação, parece ter se confundido e usado a expressão *em transe*, no lugar de *em trânsito*, no que foi corrigida pelos Alunos 16 e 4.

- [244] Aluna 1: *Sabe por que? Porque calor é energia em trânsito.*
 [246] Aluna 16: *Ahan.*
 [247] Aluna 1: *Você fazendo assim com a água... É energia em trânsito.*
 [249] Aluna 1: *Então, só que energia em transi...*
 [250] Aluno 4: *Transe?*
 [251] Aluna 16: *Trân-si-to.*
 [252] Aluno 4: *Trânsito.*
 [253] Aluna 1: *Em transe, enfim...*
 [254] Aluna 16: [risos] [tom irônico] *É energia em transe! A energia tá assim, ó!*
 [255] Aluno 3: [tom irônico] *A energia em transe.*
 [256] Aluno 19: *Ai, rindo na cara da garota, mané!*
 [257] Aluno 4: *Fala, Aluna 1.*
 [258] Aluna 19: *Acabou a autoestima.*
 [259] Aluna 1: *Não vou falar, não vou falar.*

Entendemos que a Aluna 1 poderia ter seguido com sua explicação, mas o grupo como um todo ironizou a situação nos turnos seguintes, o que fez com que ela parasse de falar, mesmo depois do apelo do Aluno 4 para que voltasse a explicar.

Este trecho da análise, em nosso entendimento, ilustra a importância da influência de elementos afetivos nas interações sociais e nos aspectos cognitivos relativos aos estudantes quando trabalham em grupo. Fazemos essa afirmação porque, a partir do turno [259], ocorreu um apagamento da Aluna 1 no que se refere às interações verbais dentro do grupo, pois ela somente voltou a manifestar-se com um turno de fala no turno [355], no qual responde a uma pergunta da Pesquisadora. A aluna parece ter sido afetada negativamente pelos comentários e ironias dos colegas de grupo, de forma que ela pode ter continuado em sua interação com a questão colocada, por intermédio da leitura pelo celular (Figura 19), mas não participou das discussões que se seguiram dentro do grupo.

Figura 19. Aluna 1 lendo a questão pelo celular enquanto os outros alunos discutem coletivamente.

Conceitos científicos e espontâneos e a interpretação da questão: mediações dos pares e da pesquisadora

A Aluna 16 utilizou a mesma estratégia do Aluno 3 para elaborar uma justificativa para a opção d) (*A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.*) ser aquela a ser marcada, ou seja, referiu-se ao conceito espontâneo mencionado no enunciado, mas, agora, ao conceito de calor, para ilustrar sua limitação, a qual não é explicitada pela Aluna 16.

[263] Aluna 16: *É. Tipo assim, olha só, eu tava falando...*

[265] Aluna 16: *...que na linguagem corrente, calor é apontado como algo quente e ele quer saber qual situação limita...*

[267] Aluna 16: *é... o conceito corriqueiro... É a d).*

Já o Aluno 19 defendeu que a opção e) (*Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.*) estava errada e que, portanto, era a opção a ser marcada. Usando o conceito científico de calor enquanto um processo de transferência de energia, o aluno afirmou que não se pode fornecer *transferência de energia*, ou seja, que não se pode transferir calor. *Conceituar cientificamente calor* foi a habilidade que ele mobilizou, a qual também foi observada em nosso estudo piloto. Como a Aluna 16 disse que a letra d) estava correta, o Aluno 19 afirmou, mais uma vez, não entender o que a questão estava pedindo.

[302] Aluno 19: *A e) que tá errada, você não fornece calor, calor é a transferência de energia, você não oferece transferência de energia...*

[303] Aluna 16: *De acordo com o que tá falando aqui...*

[304] Aluno 19: *...você oferece energia.*

[305] Aluna 16: ...*tá certo.*

[306] Aluno 19: *Caraca, não entendi, que que é pra fazer, que que é pra fazer, cara? É pra identificar a errada?*

De acordo com Fernández Uria (1986), as definições de calor apresentadas nos livros didáticos de Física da época variavam basicamente entre três opções: um processo de transferência de energia; a forma por intermédio da qual a energia se manifesta em tal processo; a quantidade de energia transferida nesse processo. Vemos que o Aluno 19 concebe calor com base na primeira dessas definições, associando-o ao processo de transferência de energia, e não à energia que foi transferida no processo, o que o levou a afirmar que a opção e) (*Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.*) estava incorreta.

Entretanto, para Romer (2001, p.107), “se você fala de ‘transferência de calor’ ou ‘fluxo de calor’, essa construção é aceitável porque as palavras esclarecem que calor é uma forma mais concisa para energia em trânsito”. Assim, tanto a afirmação presente na opção e) como o entendimento do Aluno 19, retomado pela *memória científico-afetiva*, são compatíveis com o conhecimento científico escolar relativo ao conceito de calor.

O Aluno 3 voltou a fazer uso dos conceitos espontâneos expressos no enunciado da questão para mais uma vez tentar explicar o que deveria ser feito nela ao Aluno 19, que recorreu agora à Pesquisadora para tentar sanar a sua dúvida (turno [314]).

[310] Aluno 3: *Calor, olha só, olha só, segundo o texto, calor é algo quente, ok.*

[311] Aluno 19: *Ahan.*

[313] Aluno 3: *E temperatura, a quantidade de calor de um corpo.*

[314] Aluno 19: *Que que a gente tem que fazer, Pesquisadora? Eu não, eu não sei... Que que é pra fazer?*

A intervenção da Pesquisadora iniciou-se no turno [315] e foi até o turno [368]. Ela começou perguntando o que os alunos do grupo haviam compreendido, pela leitura, sobre o que devia ser feito na questão. Os Alunos 16 e 19 manifestaram-se e usaram seus entendimentos para justificarem a escolha pelas letras d) e e), respectivamente. Nos turnos [320] e [322], a Pesquisadora tentou problematizar a ideia do que estava “errado” para o Aluno 19.

[315] Pesquisadora: *Isso, que que ces entenderam, só pra eu saber onde é que ces tão, né? De acordo com a leitura, que que você acha que você tem que identificar na questão? Que relações aí?*

- [316] *Aluna 16: Qual é a questão que de acordo com esses termos aqui [apontando para a folha com a questão] tá limitando o... o uso dessas palavras. A gente acha que é a d).*
- [318] *Pesquisadora: [lendo] Do ponto de vista científico, [para de ler] do ponto de vista da ciência, [lendo] que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros, [para de ler] ou seja, cotidianos, né? De calor e temperatura?*
- [319] *Aluno 19: Ou seja, qual é... em qual dessas o termo é usado de forma errada. Não é?*
- [320] *Pesquisadora: Exato. Na verdade...*
- [321] *Aluno 19: e)!*
- [322] *Pesquisadora: ...você vai, você vai ver, mas... peraí, eu não sei de que errado você tá falando, calma.*
- [323] *Aluno 19: Ok.*

A partir do turno [324], a Pesquisadora iniciou sua primeira explicação sobre o que deveria ser feito na questão, com a concordância do Aluno [19]. Todavia, os alunos do grupo mantiveram suas opções de resposta.

- [324] *Pesquisadora: Existem as ideias cotidianas...*
- [325] *Aluno 19: Sim.*
- [326] *Pesquisadora: ...que a gente tem do nosso senso comum.*
- [327] *Aluno 19: Sim.*
- [328] *Pesquisadora: De... que tá no mundo, a gente sabe essas coisas, né? Esses são os conceitos corriqueiros. Só que existem fenômenos do mundo que não se comportam de acordo com esses conceitos corriqueiros nossos.*
- [329] *Aluno 19: Ok.*
- [330] *Pesquisadora: [...] Que é o conceito científico. O que acontece? Nessas opções, você tem que identificar uma delas e essa que você identifica é justamente uma situação em que o conceito corriqueiro, ele é limitado, ele não consegue explicar aquele fenômeno... descrito ali.*
- [331] *Aluna 16: É a d).*
- [332] *Aluno 19: e)!*
- [333] *Aluno 4: É a d).*
- [334] *Aluna 16: É a d).*

Como o Aluno 19 seguiu afirmando que não conseguiu compreender o que devia ser feito e os demais alunos seguiam com suas opções de resposta, a Pesquisadora valeu-se de uma segunda estratégia: mediante a leitura do enunciado, analisar as opções apresentadas. O grupo foi interagindo com a Pesquisadora durante a explicação, por intermédio de gestos e expressões faciais (observados pelo vídeo) e turnos de fala.

- [336] *Aluno 19: Eu não entendi o que é pra fazer.*
- [339] *Pesquisadora: É pra você identificar uma situação em que o conceito cotidiano ou corriqueiro, né? Não explica o que está sendo falado na opção. Ele não é adequado pra explicar aquele fenômeno. Então, por exemplo, vamo ver aqui da mão... Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água. Quando ela faz isso, ela tem uma noção se tá quente ou se tá frio?*
- [340] *Aluna 16: Ahan.*

- [341] Pesquisadora: Tem.
- [342] Aluna 16: Tem.
- [343] Pesquisadora: **Você precisa de algum conhecimento mais sofisticado sobre o que que é temperatura na ciência pra você ter essa sensação?**
- [344] Aluna 16: Não.
- [345] Pesquisadora: Não. Então, essa situação sim você pode explicar pela ciência, mas também pelo cotidiano. Então, beleza, essa não é. Aí você vai pra outra: [lendo] Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele. A gente coloca uma água no fogo, no forno, né? pra aquecer, fornece calor, aquece. O conhecimento, esse conhecimento pode ser um conhecimento compartilhado por muitas pessoas?
- [346] Aluna 16: Ahan.
- [347] Pesquisadora: **Todo mundo não sabe disso no cotidiano? Beleza. Aí você vai fazendo essa análise para cada uma delas [...]**

A primeira situação analisada foi a letra b) (*Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água*). O questionamento sobre a necessidade do conceito científico de temperatura para a explicação dessa situação foi feito pela Pesquisadora, ainda que ela não tenha mencionado que conceito seria esse. Os alunos parecem entender que tal conceito não é necessário, fato interpretado pela Pesquisadora como sendo a justificativa para que a opção b) não fosse aquela a ser marcada. A Pesquisadora passou a analisar a opção c) da mesma forma como o fez com a opção b). Por fim, indicou uma forma possível de trabalho para o grupo: *aí você vai fazendo essa análise para cada uma delas* (turno [347]).

Ainda no turno [347], a Pesquisadora iniciou a análise da opção a). O Aluno 19 respondeu que a temperatura da água pode ficar constante durante a ebulição e ele e os Alunos 3 e 4 identificaram que tal afirmação é científica. A Pesquisadora retornou ao enunciado da questão e aos conceitos espontâneos nela expressos para questionar se tais conceitos eram apropriados para explicar a opção a).

- [347] Pesquisadora: [...] Na letra a). Vou trabalhar agora na sequência: A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo? Sim ou não?
- [348] Aluno 19: Sim.
- [349] Pesquisadora: Sim. Mas essa afirmação, é uma afirmação científica ou cotidiana?
- [350] Aluno 19: Científica.
- [351] Aluno 4: Científica.
- [352] Aluno 3: Científica.
- [inaudível]
- [353] Pesquisadora: Então, vamo pensar, você leram aqui no início... De que, por exemplo, é...o calor é identificado como algo quente na linguagem corrente, ou seja, no cotidiano, e que temperatura é a quantidade de calor de um corpo, que as pessoas pensam isso, né? É... cotidianamente. Vamo olhar

pra essa letra a). A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo. Com essas ideias aqui [apontando para a folha com a questão], de calor e temperatura, é possível explicar essa situação?

[354] Aluna 1: Não.

[355] Pesquisadora: *Por que não?*

[356] Aluno 19: [risos] *Devia ter falado sim.*

Essa intervenção da pesquisadora no trabalho com os conceitos científicos e espontâneos parece coerente com a ideia de que

fazer com que o aluno compreenda e use adequadamente a linguagem científica, não significa suprimir os demais sentidos que uma palavra pode expressar em seu cotidiano: o importante é que ele consiga usar a linguagem de forma consciente e coerente com seu significado dentro de um determinado contexto (OLIVEIRA, 2010, p. 39).

As discussões travadas entre a Pesquisadora e os integrantes do grupo, aqui descritas, visaram ilustrar a importância das interações sociais no âmbito do pequeno grupo para a retomada de conhecimento científico escolar e para a atribuição de novos sentidos para esse conhecimento no contexto de uma situação nova. A grande extensão dos turnos de fala mediados pela Pesquisadora evidencia alguns aspectos importantes dos processos de ensino e aprendizagem considerando-se a perspectiva vigotskiana.

Vigotski (2009) afirma que as funções psicológicas superiores, entre elas, a formação de conceitos, têm sua origem em processos sociais, para só então serem apropriadas pelos sujeitos, no plano intrapessoal. As características dos processos sociais e das mediações que levam à apropriação de significados compartilhados socialmente não são conhecidas *a priori*, sendo necessário, portanto, descrever as interações da sala de aula para que seja possível ter indícios sobre elas.

Um primeiro aspecto observado nessas interações foi o confronto entre distintas subjetividades em relativa disputa (pesquisadora, alunos favoráveis à letra d) como resposta a ser marcada e aluno favorável à letra e)). Uma segunda característica observada foi que os alunos não aderiram a uma nova resposta ou a outra forma de compreender o problema de forma imediata. Eles não abandonaram facilmente suas concepções iniciais. Mesmo diante de uma pessoa autorizada (a pesquisadora), os alunos defendiam seus argumentos para as respostas que escolheram inicialmente, talvez porque estivessem habituados a fazê-lo nas aulas ou porque a pesquisadora tentava, sempre que possível, minimizar os argumentos de autoridade para convencê-los.

Um terceiro aspecto observado foi a importância não só da pesquisadora, mas também dos próprios alunos na interação em pequeno grupo, pois, muitas vezes, os próprios estudantes atuaram como parceiros mais capazes uns para os outros. Um exemplo foi o que ocorreu com o Aluno 19, que reformulou seu entendimento sobre a temperatura de ebulição da água, pois, inicialmente, ele não entendia que tal temperatura era constante. As intervenções dos Alunos 4 e 16, entre os turnos [191] e [197], parecem ter contribuído para encaminhar o Aluno 19 em direção ao conhecimento científico necessário para a compreensão do fenômeno da mudança de fase da água.

Mediações da pesquisadora e dos pares na discussão: diferentes formas de apropriação do conhecimento

O Aluno 19, mesmo concordando que os conceitos científicos eram necessários para a explicação da situação a) (*A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.*), seguiu defendendo a opção e) (*Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.*) como sendo aquela em que os conceitos estavam sendo usados de forma incorreta. Já a Aluna 16 parece começar a apropriar-se da explicação da Pesquisadora para escolher a opção a ser marcada e para justificar por que a opção e) não era aquela a ser escolhida: ela disse que a e) poderia ser explicada pelo conceito espontâneo, mas que a a), não. Em outras palavras, ela incorporou em seus argumentos os elementos trazidos pela Pesquisadora para reformular a sua opção de resposta (que era, inicialmente, a letra d)), e para argumentar, com suas palavras, contrariamente à escolha da opção e) pelo Aluno 19. O Aluno 4 também aderiu à opção a), corroborou com a Aluna 16 e mencionou a importância dos conhecimentos da Física para a explicação da ebulição com base no seguinte fato: só se pode saber que a temperatura de ebulição é constante medindo-se a temperatura. Entendemos que a habilidade de *reconhecer a importância da Física para a descrição de fenômenos* foi mobilizada pelos Alunos 4 e 16, como se pode observar a seguir.

[357] Aluno 19: *A única que tá usando o conceito de calor e temperatura de forma errada é o e), agora não entendi por que, o que que tá pedindo. Eu sei que a e) está usando de forma errada. Eu não sei qual é a pergunta, então.*

[358] *Aluna 16: Não, a e), a e) dá pra gente entender pelo conceito cotidiano, a que não dá é a a).*

[359] *Aluno 19: Não.*

[360] *Aluno 4: É, também acho. Não é uma coisa usual, você tem que saber um pouco de, de... Física pra saber, que é constante.*

[361] *Aluna 16: É.*

[362] *Aluno 4: Na a), porque é... não tem como a gente saber assim, é... que vai se manter constante, só mesmo com um aparelho para medir a temperatura, essas coisas.*

[363] *Aluna 16: Você precisa ter aula de Física, assim.*

[364] *Aluno 4: Você precisa ter aula de Física pra saber.*

Este trecho da análise é um exemplo de como os Alunos 4 e 16 alteraram a forma como compreendiam a questão e passaram a defender a opção correta de resposta com base na mediação da Pesquisadora. Assim como tais alunos haviam atuado como parceiros mais capazes para o Aluno 19 na questão da temperatura de ebulição da água, a Pesquisadora parece exercer esse papel de forma específica para eles.

Entendemos que ocorreu, por parte dos Alunos 4 e 16, apropriação dos significados compartilhados pela Pesquisadora com eles, pois trouxeram a questão da necessidade da Física para a explicação do fenômeno e a importância da medição da temperatura como argumentos que lhes permitiram imprimir um sentido pessoal ao conhecimento científico. Em outras palavras, a presença da Física e a necessidade da experimentação foram os fatores que, para os estudantes, parecem ter dado sentido ao conhecimento científico necessário à descrição da temperatura de ebulição da água. O Aluno 4 fez uma menção indireta (turno [362]) ao experimento de caráter investigativo realizado em 11 de abril de 2012, com o mesmo grupo de alunos, na *Atividade C: Panela com água no fogão*, na qual os alunos foram acompanhando como varia a temperatura da água quando colocada em um recipiente sobre a chama do fogão. Assim, *o experimento realizado em perspectiva investigativa* parece ser o elemento mediador da retomada pela *memória científico-afetiva*.

Consideramos que o Aluno 16 também forneceu evidências de que se apropriou do conceito científico de calor como transferência de energia, pois ele foi mencionado inicialmente no turno [302] e usado como argumento para defender a opção e) como sendo aquela a ser marcada. Entretanto, tal apropriação parece não ter contribuído para a resolução da questão proposta, ainda que seja adequada cientificamente. Sobre a pertinência das apropriações, concordamos com Smolka (2000), quando problematiza:

Quem decide sobre a "pertinência da apropriação" de ações, de práticas, de conhecimentos? E de que posição? A avaliação e a validação das ações procedem usualmente de um outro autorizado (anônimo, generalizado ou empírico). Do nosso ponto de vista, a apropriação está relacionada a diferentes modos de participação nas práticas sociais, diferentes possibilidades de produção de sentido. Pode acontecer independentemente do julgamento de uma pessoa autorizada que irá atribuir um certo valor a um certo processo, qualificando-o como apropriado, adequado, pertinente, ou não. Portanto, entre o "próprio" (seu mesmo) e o "pertinente" (adequado ao outro) parece haver uma tensão que faz da apropriação uma categoria essencialmente relacional. (SMOLKA, 2000, p. 33)

Neste ponto da análise, entendemos que a demanda da questão, expressa por seu enunciado, e a Pesquisadora, a quem os estudantes recorreram para tentar superar o impasse em que estavam na discussão em pequeno grupo, são os “outros autorizados”, que atuam para, de certa forma e em alguma medida, “qualificar” as apropriações dos alunos em direção ao conhecimento científico escolar e à resolução da questão. Defendemos que os próprios estudantes poderiam também ocupar essa posição uns para os outros, mas, no caso da discussão sobre a letra a), pensamos que isso não ocorreu, pois vale mencionar que a Aluna 1, ainda no turno [226], já tinha defendido que a opção a) era aquela a ser marcada, usando como argumento a inadequação dos conhecimentos espontâneos para explicá-la. Contudo, não conseguiu convencer os colegas de sua ideia.

Além disso, o fato de os Alunos 4 e 16 passarem a defender a opção a) enquanto que o Aluno 19 reafirmou sua opção pela letra e) evidencia as distintas formas pelas quais os indivíduos foram afetados pelas mediações da Pesquisadora, o que está de acordo com a seguinte afirmação:

como sujeitos, os indivíduos são afetados, de diferentes modos, pelas muitas formas de produção nas quais eles participam, também de diferentes maneiras. Ou seja, os sujeitos são profundamente afetados por signos e sentidos produzidos nas (e na história das) relações com os outros. (SMOLKA, 2000, p. 31)

Em direção à consciência sobre o conceito espontâneo: mediações da pesquisadora e dos pares na discussão

A fim de que os alunos explicitassem consciência sobre os conceitos espontâneos, a Pesquisadora seguiu fazendo intervenções no grupo, formulando perguntas e solicitando

uma previsão sobre o que as pessoas cotidianamente pensariam do fenômeno da ebulição da água.

[365] Pesquisadora: *Né? E o que a gente esperaria, se a gente não tivesse esse conhecimento, ao colocar a panela com água... E uma criancinha, por exemplo, se você perguntar pra ela, se você **ligar o fogão**, né? e botar uma panela lá dentro, né? e botar a água, o que você espera que aconteça?*

[366] Aluno 4: *Que vai subindo a temperatura até...*

[367] Aluna 16: *Que vai aquecendo, subindo.*

[368] Pesquisadora: *Que vai subindo, subindo, subindo, subindo, não é isso? Isso é o que a gente geralmente pensa. Como que a gente faz para identificar que não é assim? [...] Tem hora em que a temperatura aumenta de fato, no início, mas chega a um ponto em que para de aumentar e esse parar de aumentar, isso não é uma ideia cotidiana da gente, não é do cotidiano nosso.*

Em outras palavras, a Pesquisadora tentou fazer com que os alunos refletissem sobre como as pessoas pensam no cotidiano, a fim de que eles percebessem qual o conceito espontâneo presente na afirmação da letra a) (*A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.*), ou seja, que, cotidianamente, as pessoas esperariam que a temperatura da água aumentasse sempre, enquanto houvesse fornecimento de energia na forma de calor. Essa ideia é compatível com o conceito espontâneo de temperatura como *quantidade de calor de um corpo*, expresso no enunciado da questão. Portanto, a temperatura manter-se constante na mudança de fase, mesmo com o fornecimento de energia na forma de calor, seria uma evidência da limitação do conceito espontâneo de temperatura.

Entendemos que, com as mediações da Pesquisadora, os Alunos 4 e 16 conseguiram perceber que, ao se usar o conceito espontâneo de temperatura para descrever a ebulição da água, a temperatura deveria continuar subindo. Tal fato expressa certa consciência deles sobre o conceito espontâneo de temperatura, o que, para Vigotski (2009), auxilia a formação do conceito científico.

Reversibilidade do signo, indícios de apropriação e a influência dos pares na discussão: a síntese do Aluno 4

O Aluno 4, no turno [371], sintetizou sua compreensão geral sobre o problema colocado (limitação dos conceitos espontâneos de calor e temperatura), sobre o objetivo

da questão (identificar a opção que não pode ser explicada pelo conceito espontâneo) e sobre a justificativa para a eleição da letra a) (somente por intermédio de uma medida de temperatura, ou seja, da ciência, é possível saber que a temperatura de ebulição da água é constante, por isso, o conceito espontâneo de temperatura não é adequado).

[370] Aluno 19: Ela falou... Ai, caraca! Não entendi, cara, ainda, o que é pra fazer.

[371] Aluno 4: *Ela quer assim, é... ela quer que você... que você fale com o conceito de calor sendo uma coisa quente, temperatura sendo, sendo aquilo que você mede, mede... o calor... nessa explicação, e não a que a gente conhece. É... como é que a gente vai poder explicar isso aqui. Essa daqui [apontando para a folha com a questão] não pode ser explicada porque, pra gente saber que fica constante, a gente tem que saber, é... tem que medir, tipo, laboratório, porque normalmente não vai saber que tá constante a temperatura. É só isso, porque o resto a gente consegue fazer. É, tipo, uma coisa usual. Isso aqui [apontando para a folha com a questão], não.*

O aluno definiu com suas palavras os conceitos espontâneos de calor e temperatura, se valeu deles em sua resposta e se posicionou diante do conhecimento científico escolar, identificando que os conceitos espontâneos não eram os que *a gente conhece*. Ou seja, os conceitos que o Aluno 4 considera que eles conhecem devido ao contexto escolar são os conceitos científicos, e não os espontâneos. Entendemos que tais elementos podem confirmar nossa interpretação sobre a consciência dos conceitos espontâneos por parte do Aluno 4, associada às habilidades de *definir o conceito espontâneo de calor e definir o conceito espontâneo de temperatura*, esta última, também observada em nosso estudo piloto.

É importante notar que a síntese do Aluno 4 foi feita por conta da demanda colocada pelo Aluno 19, que afirmou, mais uma vez, não compreender o que a questão solicitava. Se este último aluno não seguisse com sua dúvida, muito possivelmente o Aluno 4 não elaboraria oralmente essa síntese, que visava auxiliar o Aluno 19, para o qual o Aluno 4 atuou como parceiro mais capaz. Ademais, entendemos que sua fala no turno [371], permeada por pausas, frases entrecortadas e reelaborações, revela o modo como o aluno se apropriou da discussão e da solução da questão, com base nas mediações da Pesquisadora e dos colegas do grupo, nos conceitos e exemplos citados na discussão e até mesmo nas atividades experimentais de caráter investigativo do ano anterior, referidas

indiretamente por ele nas menções ao laboratório e às medições em Física. Em outras palavras, interpretamos que o turno [371] foi essencial não só como esclarecimento ao Aluno 19, mas também para a própria organização interna do Aluno 4 no que diz respeito a seu plano intrapessoal.

Tal fato revela a reversibilidade do signo, que, neste caso, seria a própria palavra, tal como defendido por Vigotski (2007). Ou seja, o signo, em sua materialidade simbólica, é direcionado para o outro e também para quem o profere, transformando a ambos. "O indivíduo se desenvolve naquilo que ele é através daquilo que ele produz para os outros. Este é o processo de formação do indivíduo [...]" (VYGOTSKY³⁷, 1981, p. 162).

Assim, o indivíduo organiza-se em seu plano intrapessoal por intermédio de suas relações no plano interpessoal. Dito de outra forma: "não é o que o indivíduo é, *a priori*, que explica seus modos de se relacionar com os outros, mas são as relações sociais nas quais ele está envolvido que podem explicar seus modos de ser, de agir, de pensar, de relacionar-se" (SMOLKA, 2000, p. 30).

Indícios de não-consciência sobre o conceito espontâneo e habilidades não mobilizadas: o caso da dúvida do Aluno 19

Ao final da discussão no grupo, o Aluno 19 disse que nunca havia visto ninguém passando um líquido de um recipiente para o outro, a fim de esfriá-lo, e questionou o grupo sobre se essa prática era, de fato, realizada pelas pessoas cotidianamente. Os Alunos 4 e 16 confirmaram que essa é uma prática comumente utilizada. Os Alunos 16 e 3 narraram situações vivenciadas com alguns familiares (mãe e avó), recorrendo às suas memórias afetivo-vivenciais externas ao contexto escolar para exemplificar ao Aluno 19 que a situação descrita na letra d) acontecia no dia a dia das pessoas, sem que as mesmas tivessem a necessidade de utilizar os conceitos científicos de calor e temperatura para descrevê-la.

[374] Aluno 19: A letra d), pessoas sabem disso? Eu nunca vi ninguém fazendo isso, passando de uma caneca pra outra pra esfriar.

³⁷ A grafia *Vygotsky* foi utilizada porque assim aparece na obra consultada para a referência.

[375] Aluna 16: *Eu faço isso sempre, tanto que lá em casa minha vó me ensinou a fazer isso, quando tá muito quente.*

[376] Aluno 19: *Eu nunca vi ninguém fazer isso.*

[377] Aluna 4: *Eu já vi fazer isso.*

[378] Aluno 3: *É porque quando você pega a caneca, você bota o café na caneca, o... café vai tá quente, certo? Aí você pega outra caneca que tá sem nada, é... a caneca tá, de certa forma, fria, aí você passa...*

[379] Aluno 19: *Então, eu falei isso antes, cara, eu só nunca vi ninguém fazendo.*

[380] Aluno 4: *Eu já vi gente fazendo.*

[381] Aluno 3: *Você não tem... Sua vó nunca esfriou café com leite pra você? Sua mãe...*

Interpretamos que o Aluno 19, ao não reconhecer a letra d) (*A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.*) como uma prática cotidiana, que poderia ser explicada pelo conceito espontâneo de temperatura, parece não demonstrar consciência sobre essa situação enquanto possível de dar sentido ao conceito espontâneo de temperatura. Tal consideração é relevante porque, para Vigotski (2009), a elevação dos conceitos espontâneos ao plano da consciência e da arbitrariedade auxilia na formação de conceitos científicos, que é um dos objetivos do ensino de Física na escola. Assim, como o Aluno 19 não demonstrou tal consciência, não foi possível estabelecer relações entre as dinâmicas de formação dos dois tipos de conceitos no caso do aluno.

É interessante perceber que o Aluno 19 descreveu de forma apropriada, já no turno [291], o que ocorria na passagem da água de um recipiente para o outro (*A água tá quente. A caneca que ela tá também tá quente. Você passa pra a outra caneca que tá fria, a temperatura da água vai diminuir*). Por isso, quando o Aluno 3 começou a dizer o que aconteceria, o Aluno 19 esclareceu que já sabia o que iria acontecer, pois já tinha falado sobre isso antes. Todavia, os dois alunos não explicaram o que acontece em termos dos conceitos científicos nessa situação, ou seja, que ocorre troca de energia, na forma de calor, entre a água quente, o ar e o recipiente a uma temperatura mais baixa. A água perde energia para o novo recipiente e para o ar, o que gera a diminuição de temperatura da água e o aumento da temperatura do recipiente, até que se atinja o equilíbrio térmico. A descrição que fizeram é bem próxima da descrição cotidiana, que qualquer pessoa faria, ainda que o Aluno 19 defendesse que essa descrição não era compartilhada pelas pessoas em geral (turnos [376] e [379]).

Esse é mais um elemento que corrobora com nossa interpretação de que o Aluno 19 não expressou consciência sobre o conceito espontâneo de temperatura aplicado à situação d). Ademais, a descrição de uma situação cotidiana teve o *status* de descrição cientificamente adequada e, portanto, característica do contexto escolar, para o mesmo Aluno 19, o que entendemos que não evidencia que ele foi capaz de colocar-se no lugar de uma pessoa que não possui contato com o conhecimento científico escolar para interpretar como essa pessoa descreveria o fenômeno da letra d).

Consideramos que esse fato é relevante porque *colocar-se no lugar do outro para interpretar possíveis ideias dele* foi uma habilidade observada em nosso estudo piloto nesta atividade e que colaborou para a resolução da questão naquele contexto. Ademais, tal habilidade relaciona-se ao conhecimento metacognitivo sobre pessoas, o qual se refere ao reconhecimento do sujeito como ser cognitivo. Ao não mobilizar essa habilidade, o aluno apresentou dificuldades na diferenciação entre o que era aprendido na escola ou não, entre o que era científico e o que era espontâneo, o que pode ter influenciado em seu entendimento da questão.

Sínteses em grande grupo e a influência das interações sociais

Neste ponto, a atividade ocorria já em grande grupo, quando o professor solicitou que cada grupo falasse a resposta escolhida e depois justificasse o porquê da escolha. O grupo analisado foi o primeiro a dizer sua resposta (letra a)) e a justificá-la (turnos [408] e [409]). A solicitação do professor ao grupo, anunciada pelo docente quando da apresentação da atividade, foi o que mobilizou os estudantes para a elaboração de suas respostas, por intermédio das quais é possível perceber a influência e importância das mediações dos alunos do grupo e da Pesquisadora.

[408] Aluna 16: *Porque, pra chegar a essa conclusão da letra a), de que a água fica constante, a temperatura, vai precisar de fatores físicos, que nem todo mundo sabe. Vai precisar de um equipamento e também de um conhecimento físico, que nem todo mundo tem, científico.*

[409] Aluno 3: *Até porque para as pessoas, quando a água esquenta, vai sempre aumentando e aumentando, aumentando a temperatura, entendeu? Não tem como saber que a água tá constante.*

Os Alunos 16 e 3 usaram as expressões *nem todo mundo sabe* e *para as pessoas* para justificarem a limitação do conceito espontâneo de temperatura na opção a), mobilizando a habilidade de *colocar-se no lugar do outro para interpretar possíveis ideias dele*. Eles fizeram sínteses da discussão, à semelhança daquela feita pelo Aluno 4, previamente analisada.

No caso da Aluna 16, a menção à necessidade do conhecimento científico para a descrição da situação da opção a) foi compartilhada com ela pela Pesquisadora e pelo Aluno 4 ao longo da discussão (entre os turnos [360] e [361] e entre os turnos [363] e [365]). Já o uso de equipamento para a realização de medições para a verificação de que a temperatura de ebulição é constante foi citado pelo Aluno 4 (turnos [362] e [371]).

O Aluno 3 complementou a resposta da Aluna 16 fazendo uma menção indireta ao conceito espontâneo de temperatura, afirmando que as pessoas pensariam que a temperatura da água aumentaria sempre mais ao longo da ebulição. Sua fala remeteu à discussão da qual participaram os Alunos 4 e 16 e a Pesquisadora, entre os turnos [366] e [368].

Vemos, assim, mais uma vez, a importância da discussão coletiva, ou seja, das relações no plano interpessoal, para as elaborações no plano intrapessoal e, em consequência, para a apropriação de significados por parte dos estudantes investigados. Destacamos que o Aluno 3 se apropriou da discussão travada entre outros integrantes do grupo e a Pesquisadora sem que sua participação fosse registrada em termos de turnos de fala. Em outras palavras, o fato de o aluno ter se mantido calado durante determinado ponto da discussão não significou que ele não estava interagindo com ela ou por intermédio dela. A esse respeito, chamamos a atenção em um trabalho anterior, em que analisamos interações discursivas em pequeno grupo durante uma atividade investigativa, para o papel dos alunos que menos falam na interação em pequeno grupo, pois eles podem dar direcionamentos essenciais para a resolução do problema (MAXIMO-PEREIRA, 2013). Tais fatos contribuem para fortalecer e ampliar o conceito de interação social, que não se refere somente às manifestações verbais ou não-verbais dos sujeitos, mas também às formas como eles se relacionam com os outros e com as situações.

Reiteramos, assim, o papel fundamental do outro na constituição daquilo que consideramos saber, em especial, no que se refere à aprendizagem escolar de Física, e, de

forma mais ampla, na constituição de nós mesmos enquanto seres afetivos, cognitivos e reflexivos. A esse respeito, concordamos também com Smolka (2000), quando afirma que

isso só é possível pela produção de signos, mais particularmente, o signo como palavra. "Eu me relaciono (e narro) para mim mesmo como as pessoas se relacionam comigo (e narram para mim) [...]. Eu sou uma relação social comigo mesmo" (Vygotsky³⁸ 1989, pp. 57, 67)³⁹. (SMOLKA, 2000, p. 31)

É interessante comentar que, mesmo no momento da interação em grande grupo, com cada grupo colocando suas sínteses sobre o que tinha discutido e analisando as opções de resposta, o Aluno 19 seguiu com seu questionamento sobre o fato de que o item d) era uma prática comumente realizada pelas pessoas.

Síntese da análise realizada

Diante da análise realizada, identificamos algumas características das interações entre os estudantes analisados, quais sejam: a eleição de diferentes respostas ao longo da discussão; a adesão ou não dos integrantes do grupo a elas; os argumentos colocados para justificar as escolhas; as mudanças de posicionamento dos estudantes; as tentativas de convencer os colegas de suas ideias; a importância de elementos afetivos; a descrição de fenômenos em detrimento de sua explicação com conceitos científicos. Tais características evidenciaram não somente a dificuldade da questão colocada, mas as negociações dentro do grupo, a importância das mediações dos sujeitos e da Pesquisadora e, de forma geral, como é construído o conhecimento científico escolar por intermédio inicialmente das relações interpessoais presentes em sala de aula em atividades de caráter investigativo. A ação do parceiro mais capaz mostrou-se essencial para a resolução da questão colocada e a alternância dos sujeitos analisados nesse papel demonstra o potencial das atividades em grupo para a retomada do que foi ensinado.

Entre as habilidades que foram mobilizadas, total ou parcialmente, pelo grupo, identificamos as seguintes: *desenvolver uma estratégia para a resolução do problema; reconhecer o problema; identificar o objetivo da tarefa; reconhecer a importância da*

³⁸ Optamos por manter a escrita do nome do autor conforme consta no trabalho original citado.

³⁹ VYGOTSKY, L. S. Concrete human psychology. *Soviet Psychology*, v. 27, n. 2, p. 53-77, 1989.

Física para a descrição de fenômenos; conceituar cientificamente calor; colocar-se no lugar do outro para interpretar possíveis ideias dele; definir o conceito espontâneo de calor; definir o conceito espontâneo de temperatura. Elas permeavam a *memória científico-afetiva* dos alunos, ainda que os elementos mediadores tenham estado frequentemente implícitos nas falas dos estudantes ao longo da discussão.

Conceituar cientificamente calor, definir o conceito espontâneo de calor e definir o conceito espontâneo de temperatura são habilidades cognitivas fortemente relacionadas ao conteúdo específico de Física envolvido na questão. Já as habilidades de *reconhecer o problema, identificar o objetivo da tarefa e desenvolver uma estratégia para a resolução do problema* estão bastante relacionadas ao ensino por investigação, pois se referem a características da resolução de qualquer atividade investigativa. Pensamos que o contato dos alunos com essa abordagem de ensino, no ano letivo de 2012, auxiliou na mobilização dessas habilidades de caráter cognitivo, pois, de certa forma, já estavam habituados a realizar esse tipo de atividade, a trabalhar e discutir em grupo, a solicitar a ajuda do professor e da pesquisadora, quando necessário.

Além disso, de acordo com a taxionomia de Sadrolashrafi e Rafea (2012), pensamos que tais habilidades de investigação estariam envolvidas no domínio da *resolução do problema*, o qual envolve, entre outras habilidades específicas, *encontrar o que é conhecido ou dado para resolver o problema, identificar exatamente o que deve ser encontrado no problema e desenvolver possíveis caminhos ou métodos para encontrar sua solução* (SADROLASHRAFI e RAFA, 2012). Vemos, assim, que nossos resultados são compatíveis com os dessa pesquisa anterior.

A mobilização da habilidade *de desenvolver uma estratégia para a resolução do problema* pode estar relacionada à característica mais marcante do ensino por investigação, que é dar voz e autonomia aos estudantes, a fim de que, com o auxílio das mediações do professor, possam ser sujeitos de sua própria aprendizagem e conduzir a investigação necessária para a resolução da questão colocada. Ademais, entendemos que a habilidade de *desenvolver uma estratégia para a resolução do problema* apresenta também componentes metacognitivos, estando associada ao conhecimento metacognitivo sobre estratégias.

Interpretamos também que *colocar-se no lugar do outro para interpretar possíveis ideias dele* é uma habilidade metacognitiva, na medida em que os alunos expressaram algum grau de reflexão sobre aquilo que consideravam saber. Assim, pensamos que ela se refere ao conhecimento metacognitivo sobre pessoas, pois, para colocar-se no lugar do outro, é preciso necessariamente reconhecer-se enquanto sujeito diferente dos demais, com pensamentos e concepções próprios que o caracterizam.

No caso do Aluno 19, ele não mobilizou algumas das habilidades compartilhadas por outros integrantes do grupo, como *identificar o objetivo da tarefa* e *colocar-se no lugar do outro para interpretar possíveis ideias dele*. Ademais, o estudante não evidenciou, em alguns momentos, a elevação dos conceitos espontâneos ao plano da consciência e da arbitrariedade, o que, para Vigotski (2009), auxilia na formação de conceitos científicos. Pensamos que tais fatos, juntamente com a complexidade do enunciado da questão, dificultaram a resolução da tarefa por parte do aluno e ocasionaram suas seguidas dúvidas, ainda que ele tenha mostrado conhecer o conceito científico de calor.

O conceito de apropriação nos auxiliou a evidenciar que o aluno pode apropriar-se do conhecimento e das práticas sociais de diferentes formas, as quais nem sempre são aquelas esperadas ou previstas pelo professor. Ademais, encontramos evidências de que nem sempre as apropriações dos estudantes são pertinentes para a resolução do problema ou adequadas do ponto de vista científico.

A noção de apropriação foi utilizada também no momento em que os Alunos 3, 4 e 16 expressaram suas sínteses sobre as conclusões a quem tinham chegado por intermédio da discussão em pequeno grupo e com a pesquisadora. Tal fato justifica-se porque consideramos que o sujeito reelabora internamente o conhecimento compartilhado no plano interpessoal. Assim, as falas dos estudantes nos momentos finais da discussão, quando já haviam chegado a algum consenso dentro do grupo, mostraram não só a influência dos distintos sujeitos implicados na resposta que forneceram, mas também a marca pessoal que cada aluno imprimiu ao conhecimento, por intermédio da forma como cada um deles construiu suas respostas.

No contexto de um novo problema colocado aos estudantes, um ano depois das atividades iniciais de aprendizagem, eles conseguiram resolvê-lo de forma apropriada,

com muitas idas e vindas ao longo da resolução da questão, com poucas menções aos conceitos científicos (pelo menos em comparação com os resultados do estudo piloto) e com citações indiretas a seu contraste com os conceitos espontâneos. O grupo parece ter sido afetado positivamente pela atividade, ainda que a Aluna 1 tenha sido afetada negativamente pelas interações no interior do grupo. Acreditamos que essas opostas relações afetivas identificadas podem ajudar a compreender que os sujeitos são afetados de diferentes modos tanto pelas atividades realizadas em aula como pelas interações sociais estabelecidas com seus pares. Tais fatos têm importante influência em seus processos de aprendizagem, já que consideramos que o indivíduo, nos seus aspectos cognitivo e afetivo, se constitui nas interações sociais.

4.6.3 Atividade 4: refletindo sobre a Atividade 3

Após a resolução do problema, os alunos responderam individualmente ao questionário sobre a atividade realizada (APÊNDICE C). Por intermédio dele, os alunos foram levados a refletir sobre a questão que resolveram e sobre o que possibilitou sua resolução. Características do registro proveniente da *Atividade 4* estão no Quadro 36. Como analisamos as respostas somente dos cinco alunos do grupo, fizemos uma interpretação do que escreveram mediante nossos referenciais teóricos e considerando a análise da *Atividade 3*.

Quadro 36. Características dos registros obtidos com a *Atividade 4*.

Data	Número da Atividade	Nome da atividade	Descrição da atividade	Forma de participação dos alunos	Registros coletados
03/06/2013	Atividade 4	Reflexão sobre a atividade anterior	O professor distribuiu o questionário aos alunos e pediu que eles o respondessem, considerando a atividade anterior.	Individual	Respostas escritas a questionário com perguntas abertas e fechadas

Para os Alunos 1, 3, 16 e 19, a interpretação da questão dificultou sua resolução. Essa dificuldade de interpretar o que o enunciado solicitava e também as opções de resposta está relacionada à demanda da atividade a ser realizada e a seus critérios, ou seja, conhecimento metacognitivo sobre tarefas.

Mediações, relações afetivas e a resolução da questão

Os Alunos 3, 4, 16 e 19 afirmaram que conseguiram resolver a questão com a ajuda do próprio grupo e do professor. É interessante perceber que o professor não interagiu diretamente com o grupo ao longo da discussão sobre a questão, apenas no momento em que o docente questionou o uso do celular e em grande grupo. Como a Pesquisadora fez muitas mediações ao longo da resolução da questão e, nas opções de resposta ao questionário, não estava prevista a sua ajuda, entendemos que os alunos podem ter atribuído também a ela o auxílio na resolução, por intermédio da opção em que havia a menção à ajuda do professor.

Apenas a Aluna 1 afirmou que solucionou a questão com a ajuda só do professor. Nossa hipótese é a de que ela apagou o papel do grupo nas interações que lhe possibilitaram a solução ao problema devido a seu distanciamento dos colegas a partir do momento em que eles começaram a ironizá-la por ela ter se equivocado (conforme analisado anteriormente). Para essa interpretação, levamos em conta a importância das relações afetivas no processo de ensino e aprendizagem, muitas vezes esquecida no cotidiano da sala de aula. Assim, acreditamos que se estabeleceu uma relação afetiva negativa entre a Aluna 1 e o grupo, ou seja, uma relação que não auxiliou a sua aprendizagem, de acordo com a própria percepção que ela quis expressar em sua resposta ao questionário. Esse tipo de relação fez com que ela não reconhecesse formalmente a ajuda dos colegas na resolução do problema, atribuindo esse papel somente ao professor, a quem ela havia consultado individualmente.

O que contribuiu para a resolução da questão: conhecimento científico escolar e elementos mediadores

Os Alunos 1 e 4 mencionaram que o conhecimento adquirido na escola contribuiu para a solução da questão; a Aluna 1 citou novamente a orientação do professor; a Aluna 16 citou a ajuda do professor e a opinião dos outros colegas do grupo; já o Aluno 19 disse que a explicação da pergunta havia auxiliado na resolução da mesma, o que expressa uma adequada percepção dele sobre sua dificuldade, identificada também em nossa análise anterior.

No que se refere aos conhecimentos e situações de sala de aula que os estudantes afirmaram ter retomado para resolver a questão, a Aluna 16 respondeu: *a aula sobre calor e energia, transmissão de calor e as atividades em que se mediu a temperatura de líquidos através do contato com a pele e com equipamentos*. Ela expressou os elementos de mediação que acreditou ter utilizado nas retomadas que realizou. As atividades de medição de temperatura a que se referiu foram as *Atividades A e B* de 2012, realizadas em 9 de abril de 2012, nas quais foram realizadas experiências de caráter investigativo, com potes de água e com colheres de pau e de metal. As aulas ministradas pelo docente também foram citadas pela aluna, em associação com os conhecimentos científicos relativos a elas.

Assim, os *experimentos realizados na perspectiva investigativa* e as *aulas ministradas* pelo docente foram os elementos de mediação expressos pela Aluna 16 para justificar suas retomadas para a resolução da questão colocada. Tais elementos caracterizam a perspectiva de ensino do professor e já foram observados na análise de outros instrumentos de coleta nesta tese.

O Aluno 4 disse que teve que se lembrar de *calibrar o termometro onde se usa água a 100 °C e água a 0 °C* para resolver a questão. Ele também mencionou uma atividade experimental em perspectiva investigativa como elemento mediador para as suas retomadas. Já a Aluna 1 afirmou: *tive que lembrar dos meus conhecimentos teóricos aprendidos em Física II*. Ela não especificou que conhecimentos seriam esses nem o que a levou a fazer uso deles.

Comparando os três estudantes, a Aluna 16 apresentou os elementos de mediação associados a cada conhecimento científico retomado; o Aluno 4 apresentou apenas um elemento mediador, relacionando-o indiretamente ao conhecimento científico; a Aluna 1 mencionou os conhecimentos científicos de forma geral, sem especificá-los ou associá-los a elementos de mediação. A Aluna 16 atendeu completamente à demanda da questão proposta no questionário, que solicitava uma reflexão tanto sobre os conhecimentos científicos como sobre as atividades do ano anterior que lhe deram sentido. Assim, esses três alunos reconheceram de diferentes formas a importância do conhecimento científico escolar e das atividades realizadas em sala de aula. No entanto, os Alunos 3 e 19 não o fizeram.

Habilidades de caráter metacognitivo e a formação de conceitos científicos e espontâneos: a dúvida do Aluno 19

A resposta do Aluno 19 sobre se teve que usar algum conhecimento ou se lembrar de alguma situação da escola para resolver o problema e que conhecimentos e situações seriam esses foi a seguinte: *não, mas tivemos que lembrar o que a maioria das pessoas sem altos conhecimentos sobre a física pensam*. Inicialmente, é interessante notar que o aluno respondeu à questão na primeira pessoa do plural (*tivemos*), ou seja, expressou uma compreensão que acreditava ser compartilhada por todo o grupo.

Pensamos que, como o Aluno 3 explicitou muitas vezes os conceitos cotidianos de calor e temperatura ao longo da discussão no grupo, pois, conforme analisado anteriormente, utilizou essa estratégia para tentar resolver a questão, ele entendeu que esses conhecimentos eram os únicos necessários para a resolução da questão. E que *colocar-se no lugar do outro para interpretar possíveis ideias dele*, como explicitou em *lembrar o que a maioria das pessoas sem altos conhecimentos sobre a física pensam*, foi a única habilidade que ele considerou que o grupo mobilizou para a solução da questão.

O Aluno 19 respondeu: *eu relembrei alguns conceitos de Física II mas eles eram inúteis e desnecessários para resolver essa questão*. Ele usou a primeira pessoa do singular (*eu relembrei*) em sua resposta, manifestando, ao contrário do Aluno 3, uma percepção pessoal sobre a resolução coletiva da questão. Mesmo tendo mencionado o

conceito científico de calor ao longo da solução da questão e possivelmente pensado em outros, o que está implícito em *eu relembrei alguns conceitos de Física II*, o aluno entendeu que isso não foi útil para resolver a questão.

No contexto da relação entre conceitos científicos e espontâneos, colocada pela questão, poderíamos supor que, se os conceitos científicos não tinham sido importantes para o Aluno 19, talvez os espontâneos tivessem sido. No entanto, ele não mencionou o que deveria ter sido considerado para resolver a questão, ou seja, também não explicitou o papel dos conceitos espontâneos. Tal fato nos leva a interpretar que ele não o fez porque não reconheceu a importância de seus próprios conceitos espontâneos e das definições desses conceitos mencionadas no enunciado para a resolução da questão.

Também em outra pergunta do questionário, que pedia a opinião do aluno sobre a questão resolvida, o Aluno 19 escreveu: *mal formulada, pois o problema no item (a) não eram “os conceitos corriqueiros de calor e temperatura” e sim os conhecimentos de um indivíduo em Física*. Assim, entendemos que o aluno diferenciou os conceitos espontâneos daquilo que as pessoas comumente sabem, ou seja, que não foi capaz de relacionar os conceitos espontâneos àquilo que se pensa no cotidiano, sem os conceitos científicos. Ainda que ele possa conhecer os conceitos espontâneos, mencionados no enunciado da questão e retomados várias vezes pelos Alunos 3 e 4, ele não entendeu que tais definições dos conceitos são a forma como entendemos que as pessoas pensam cotidianamente. No caso dos conceitos espontâneos de calor e temperatura, há muitos estudos que os identificaram e que indicam que eles são, de certa forma e em alguma medida, compartilhados pelas pessoas (KÖHNLEIN e PEDUZZI, 2002; ERIKSON, 1979).

Por tudo isso, entendemos que o fato de o Aluno 19 não ter percebido a pertinência dos conceitos espontâneos para a solução da questão nem ter reconhecido os conceitos espontâneos como uma sistematização do entendimento cotidiano das pessoas sobre os fenômenos da natureza implica em sua não consciência sobre eles. Assim, interpretamos que o movimento de ascensão do conceito espontâneo ao plano da consciência e da arbitrariedade não foi evidenciado por parte do Aluno 19.

Essa análise nos permite compreender de forma mais aprofundada a dificuldade do Aluno 19 para resolver a questão e evidenciar a importância, para a aprendizagem, da

relação existente entre as dinâmicas de formação de conceitos defendidas por Vigotski (2009). Para esse autor,

desse modo, o desenvolvimento dos conceitos científico e espontâneo segue caminhos dirigidos em sentido contrário, ambos os processos estão internamente e da maneira mais profunda inter-relacionados. O desenvolvimento do conceito espontâneo da criança deve atingir um determinado nível para que a criança possa apreender o conceito científico e tomar consciência dele. Em seus conceitos espontâneos, a criança deve atingir aquele limiar além do qual se torna possível a tomada de consciência. (VIGOTSKI, 2009, p. 349)

Em outras palavras, o desenvolvimento da consciência sobre o conceito espontâneo é importante porque auxilia na formação do conceito científico. Como o Aluno 19 não expressou tal consciência nos dados analisados na pesquisa, esse fato pode estar relacionado à sua dificuldade de resolver a questão que envolvia os conceitos espontâneos e científicos.

4.7 Análise da Aluna 16

Considerando o âmbito do aluno, analisamos as respostas da Aluna 16 à *Atividade 6* (subseção 4.7.1) e seu processo de aprendizagem por intermédio de um episódio de investigação (subseção 4.7.2).

4.7.1 Atividade 6: elaborando e resolvendo uma questão de Física II

Nesta análise, consideramos os registros fornecidos pela Aluna 16 ao realizar a *Atividade 6*, descrita na Quadro 37.

Quadro 37. Características dos registros obtidos com a *Atividade 6* que serão utilizados para a análise.

Data	Número da Atividade	Nome da atividade	Descrição da atividade	Forma de participação dos alunos	Registros coletados
10/06/2013	Atividade 6	Elaboração e resolução reflexivas de uma questão de Física II pelos estudantes	O professor distribuiu três folhas de papel a cada estudante. Em uma delas eles deveriam elaborar uma questão relativa aos conteúdos trabalhados em Física II; na outra, eles deveriam resolver a questão; na terceira, deveriam escrever por que ou o que os levou a elaborar tal questão. Informou aos alunos que a resposta deveria ser discursiva, podendo ser uma questão numérica ou teórica.	Individual	Questão elaborada, resolução e justificativa do porquê de se ter elaborado tal questão (textos escritos em três folhas diferentes)

Dividimos a análise feita nas etapas de elaboração da questão, resolução e justificativa da elaboração da questão. Descrevemos os dados para associá-los às categorias de análise e seu conteúdo, conforme esquematizado na Figura 20.

Figura 20. Esquema de construção e análise de dados usado na *Atividade 6*.

Uma parte da análise aqui apresentada sobre a elaboração e a resposta à questão, feitas pela Aluna 16, foi publicada por nós em Maximo-Pereira e Andrade (2014).

A elaboração da pergunta pela Aluna 16: a relação com o cotidiano na atribuição de sentido ao conhecimento científico escolar

Segue abaixo a transcrição da questão elaborada pela Aluna 16.

Questão: Após uma inspeção a construção de uma importante passarela em uma grande cidade foi determinado pela equipe de fiscais que a passarela deveria ser destruída e a obra reiniciada. Em nota ao jornal local, o chefe de fiscalização informou: “Foi necessário exigirmos tais esforços por parte da equipe de construção... Observamos que as medidas dos espaços da passarela não eram satisfatórios e a passarela ofereceria grandes riscos a população.” Explique, levando em consideração os conceitos de calor e dilatação, o porque de ser tão importante os espaços na passarela e de que forma e o que aconteceria se a passarela fosse mantida da forma que estava.

A aluna iniciou o enunciado da questão elaborando uma situação concreta, do cotidiano (*Após uma inspeção a construção de uma importante passarela em uma grande cidade foi determinado pela equipe de fiscais que a passarela deveria ser destruída e a obra reiniciada.*) para introduzir aquilo sobre o que pretendia perguntar. Foram criados pela aluna um ambiente (*uma grande cidade*), um objeto (*passarela*), personagens (*equipe de fiscais*), fatos concretos (*inspeção, construção de uma importante passarela*) e possibilidades de acontecimentos futuros (*a passarela deveria ser destruída e a obra reiniciada.*). Em síntese, um contexto bastante claro e específico foi elaborado por ela para introduzir o problema.

A aluna justificou a situação de destruição e reconstrução da ponte por intermédio da fala de um dos fiscais da obra a um jornal local (*Foi necessário exigirmos tais esforços por parte da equipe de construção... Observamos que as medidas dos espaços da passarela não eram satisfatórios e a passarela ofereceria grandes riscos a população.*). De acordo com esse profissional, *os espaços da passarela não eram satisfatórios e a passarela ofereceria grandes riscos a população.* É interessante notar que essa fala introduziu o aspecto científico (a dilatação da ponte) de forma indireta, mas com um argumento de autoridade conferido ao chefe da fiscalização. Em outras palavras,

a justificativa para a alteração da ponte surgiu por intermédio de um personagem que parece possuir conhecimentos que sustentem a sua afirmação ao jornal.

No entanto, tais conhecimentos não são explicitados, mas sim perguntados pela aluna a quem vai resolver o problema (*Explique, levando em consideração os conceitos de calor e dilatação, o porque de ser tão importante os espaços na passarela e de que forma e o que aconteceria se a passarela fosse mantida da forma que estava.*). Com a expressão *levando em consideração os conceitos de calor e dilatação*, a Aluna 16 solicitou uma explicação com base na Física para o fato de os pequenos espaços entre as partes da passarela oferecerem perigo a quem passava por ela. O problema cotidiano que elaborou deu sentido ao uso do conhecimento científico, o que é compatível com o fato de que

o acesso e apropriação do conhecimento científico não dariam lugar [...] a uma negação ou superação do conhecimento cotidiano, mas ao reconhecimento das situações em que uma ou outra forma de conhecer, pensar e falar sobre o mundo se mostram mais apropriadas. (CREPALDE e AGUIAR, 2013, p. 300)

A Aluna 16 citou, pela primeira vez, de forma explícita, os conceitos de calor e dilatação⁴⁰, mencionando-os como tais e especificando que ambos seriam necessários à explicação da importância dos espaços ao longo de uma passarela. Ao fazer isso, a aluna expressou certo nível de consciência sobre os conceitos científicos de calor e dilatação e sobre sua importância para a resolução da questão proposta, evidenciada pela menção a eles no enunciado. O uso de tais conceitos foi objeto da resposta à questão, analisada mais adiante neste texto.

Quando a aluna solicitou que se explicasse *o porquê de ser tão importante os espaços na passarela*, ela mencionou implicitamente o fenômeno da dilatação térmica. Com a indagação *de que forma e o que aconteceria se a passarela fosse mantida da forma que estava*, perguntou o que aconteceria no cotidiano se a indicação do chefe da fiscalização não fosse cumprida, ou seja, se não fossem usados os conceitos científicos. Manter a passarela como estava inicialmente implicaria desconhecer ou desconsiderar o fenômeno da dilatação térmica. Perguntando *de que forma e o que aconteceria*, a aluna

⁴⁰ Entendemos que o fenômeno da dilatação térmica (variação das dimensões de um corpo ou substância devido à variação de temperatura), ao qual a aluna se refere, envolve os conceitos de temperatura T (e sua variação ΔT), de volume V e sua variação ΔV , identificada por ela como dilatação.

demandou, de quem fosse resolver a questão, a realização de uma previsão sobre o que aconteceria com a passarela se ela não fosse alterada.

A pergunta elaborada pela Aluna 16 parece indicar certo nível de consciência sobre os conceitos espontâneos, pois é comum que as pessoas pensem que os espaçamentos em uma passarela são falhas da construção ou que representam perigo para quem transita por ela. A pertinência da questão reside, pois, no fato de que ela vai justamente em direção à necessidade dos conceitos científicos para explicar o cotidiano. Sobre o papel do desenvolvimento dos conceitos espontâneos, que ocorre de baixo para cima, para a formação de conceitos científicos, a situação aqui analisada está de acordo com o expresso por Vigotski (2009):

o desenvolvimento do conceito espontâneo da criança deve atingir um determinado nível para que a criança possa apreender o conceito científico e tomar consciência dele. Em seus conceitos espontâneos, a criança deve atingir aquele limiar além do qual se torna possível a tomada de consciência (VIGOTSKI, 2009, p. 349).

Em síntese, a aluna criou uma situação particular, passível de existência em seu cotidiano, no mundo real, para que, de alguma forma, se pudesse atribuir sentido aos conceitos científicos de calor e dilatação, elencados por ela como necessários à resolução da questão. A escrita do texto apresenta poucas incorreções e a situação que a Aluna 16 desenvolveu é coerente, apresentando início, meio e fim interconectados. A questão foi elaborada de forma apropriada pela aluna.

A resolução apresentada pela Aluna 16: dinâmica da formação de conceitos vigotskiana

No que diz respeito à resposta que a Aluna 16 elaborou, é esta que se segue:

Os ferros usados para construir a passarela são bons condutores de calor e sofrem dilatação em seu volume. Em um ambiente quente, os ferros se dilatam de forma específica, até um certo limite. Se os espaços na passarela não fossem grandes o suficiente, no verão, esses ferros dilatariam expandindo a ponte, e haveria atrito entre as extremidades dos espaços o que poderia causar rachaduras e até um desabamento.

A aluna iniciou sua resposta indicando características do material usado para a construção da ponte (*Os ferros usados para construir a passarela são bons condutores de calor e sofrem dilatação em seu volume.*). No dado *Os ferros... são bons condutores de calor*, a aluna mencionou o fenômeno da condução térmica e identificou que o ferro é um bom condutor térmico. Em *Os ferros... sofrem dilatação em seu volume*, a Aluna 16 citou o fenômeno da dilatação térmica. Ela associou a dilatação térmica à variação de temperatura por duas vezes em seu texto, quais sejam: *Em um ambiente quente, os ferros se dilatam e no verão, esses ferros dilatariam expandindo a ponte*. Nesse último dado, ela identificou a dilatação com o aumento de tamanho da passarela.

A Aluna 16 atendeu à solicitação que colocou no enunciado da questão que elaborou, pois introduziu uma previsão sobre o que aconteceria se a passarela fosse mantida sem alterações: *se os espaços na passarela não fossem grandes o suficiente, no verão, esses ferros dilatariam expandindo a ponte, e haveria atrito entre as extremidades dos espaços o que poderia causar rachaduras e até um desabamento*. Vamos analisar esse trecho de forma atenta.

Em *Se os espaços na passarela não fossem grandes o suficiente, no verão,... poderia causar rachaduras e até um desabamento*, a aluna exemplificou o que ocorreria se os espaços entre as extremidades das placas de ferro que constituem a passarela não fossem aumentados, ou seja, se não fossem considerados os conceitos científicos por ela elencados anteriormente (calor e dilatação). Ela parece expressar certo grau de consciência sobre os conceitos espontâneos (VIGOTSKI, 2009), como afirmamos anteriormente, pois sabe o que aconteceria se os conceitos científicos não fossem utilizados.

Já no dado *...no verão, esses ferros dilatariam expandindo a ponte,...o que poderia causar rachaduras e até um desabamento*, a Aluna 16 fez uso do conhecimento científico para explicar uma situação cotidiana (as rachaduras e o desabamento da passarela). Tal fato expressa um movimento descendente do conceito científico em direção ao plano da experiência pessoal e da concretude, o que, para Vigotski (2009), é o caminho para o desenvolvimento do conceito científico.

A aluna também mencionou que poderia haver rachaduras na ponte devido à força de atrito que existiria entre as extremidades das placas de ferro. Caso não existisse o

espaçamento adequado entre elas, ao se dilatarem poderia ocorrer contato e fricção entre as duas placas. A Aluna 16 recorreu a um conhecimento de Mecânica (força de atrito) para complementar a sua resposta de maneira adequada.

Em síntese, a Aluna 16 respondeu à questão que elaborou de forma apropriada, expressando a previsão que solicitou no enunciado da questão e utilizando de modo adequado e consciente o conhecimento científico escolar, retomado pela *memória científico-afetiva*, para a resolução da situação cotidiana que elaborou. Ela relacionou adequadamente a condução e dilatação térmicas e fez uma menção interessante à força de atrito, estudada por ela em Mecânica, em momento anterior às aulas de Física II que observamos. As corretas associações que fez entre diferentes conceitos e partes da Física parecem evidenciar o interesse da Aluna 16 pela temática que abordou na questão e por resolvê-la da forma mais completa e ampla possível. Tal fato sugere que essa aluna possa ter estabelecido uma relação afetiva positiva com os conhecimentos científicos envolvidos na questão, mas buscaremos mais argumentos para tentar sustentar essa afirmação na justificativa da aluna para a elaboração da questão.

Entendemos que ela conseguiu valer-se de conceitos científicos para explicar uma situação cotidiana, realizando o movimento descendente dos conceitos científicos em direção à concretude e à experiência sensível, como explicitado por Vigotski (2009). Ademais, interpretamos que sua previsão sobre o que ocorreria com a passarela caso os conceitos científicos não fossem considerados revela a ascensão do conceito espontâneo ao plano da consciência e da arbitrariedade. Ambos os movimentos caracterizam a dinâmica vigotskiana para a formação de conceitos. Nas palavras do próprio autor:

os conceitos científicos e espontâneos se encontram, na mesma criança, aproximadamente nos limites do mesmo nível, no sentido de que, no pensamento infantil, não se podem separar os conceitos adquiridos na escola dos conceitos adquiridos em casa. Mas, em termos de dinâmica, eles têm uma história inteiramente diversa: um conceito [científico] atingiu esse nível depois de percorrer de cima para baixo certo trecho de seu desenvolvimento, enquanto o outro [espontâneo] atingiu o mesmo nível depois de percorrer o trecho inferior do seu desenvolvimento. (VIGOTSKI, 2009, p. 348 e 349)

A justificativa da Aluna 16 para a elaboração da questão: conhecimentos metacognitivos, relação com o cotidiano, formação de conceitos científicos e relações afetivas positivas

Em sua justificativa, a aluna escreveu o que se segue:

Eu escolhi esse tema pois foi o que eu mais tive facilidade de aprender e também porque eu pude observar esse espaço nas passarelas e associar com o que vi em sala de aula na época em que estudei o assunto.

A Aluna 16 justificou por que selecionou o tema que foi utilizado na questão. Escolheu-o porque foi aquele que mais teve facilidade para aprender, porque pôde observar o espaçamento existente entre as placas que constituem uma passarela e porque pôde associar tal observação com o que viu em sala de aula. É interessante perceber que a Aluna 16 não citou explicitamente o que designa por “tema”, ou seja, ela não mencionou separadamente dilatação térmica e condução térmica na explicação do fenômeno em sua justificativa, o que parece indicar que ambas constituem a temática de sua questão. Tal fato concorda com nossa interpretação inicial, no contexto da resolução da questão pela aluna, de que ela apresenta uma visão integrada do conhecimento científico necessário à explicação de uma dada situação física.

Seus argumentos para sua justificativa são adequados e parecem indicar, mesmo que indiretamente, que a aluna sabia que deveria elaborar a questão com base naquilo que considerava saber, pois isso facilitaria a realização da atividade proposta. Em outras palavras, a aluna escolheu, para elaborar e resolver a questão, aquilo que identificou como tendo aprendido mais facilmente, o que reflete seu conhecimento metacognitivo sobre tarefas, pois conhecia o critério da atividade que deveria realizar (elaborar uma questão que fosse capaz de resolver).

No dado *foi o que eu mais tive facilidade de aprender*, a Aluna 16 expressou consciência sobre o que aprendeu (ela sabe o que sabe) e sobre a facilidade que teve para aprender. Tais fatos são exemplos de conhecimento metacognitivo sobre pessoas, pois a aluna se reconheceu como ser cognitivo, apontando uma facilidade que teve para aprender.

Considerando o dado *pude observar esse espaço nas passarelas e associar com o que vi em sala de aula na época em que estudei o assunto*, a aluna nos deu uma pista sobre a que se deveu a facilidade que ela expressou para aprender: a *relação com o cotidiano*. Assim, ela parece reconhecer o que a influenciou a aprender e a ter facilidade com o tema, o que associamos ao conhecimento metacognitivo sobre estratégias, que acreditamos que também permeia a *memória científico-afetiva* da aluna.

A aluna identificou que a relação entre conhecimento científico escolar e seu cotidiano já tinha sido feita por ela na época em que o assunto foi estudado inicialmente, na disciplina Física II, e não somente por conta da demanda da *Atividade 6*. Esse fato nos leva a interpretar que os fenômenos a que a aluna se referiu (dilatação térmica, condução térmica), os conceitos científicos que elencou para tratá-los (dilatação térmica, variação de temperatura, força de atrito), as relações que estabeleceu entre eles e as situações que, para ela, deram sentido ao conhecimento científico escolar faziam, de forma geral, parte de sua *memória científico-afetiva*.

Ainda sobre o dado *pude observar esse espaço nas passarelas e associar com o que vi em sala de aula na época em que estudei o assunto*, a associação que a aluna fez entre o conceito científico e seu cotidiano reafirma o movimento descendente do conceito científico em direção à experiência pessoal e à concretude, como já caracterizado anteriormente na resolução da questão pela aluna. Todavia, é interessante notar que agora identificamos esse movimento na justificativa da aluna considerando a explicitação consciente dela mesma sobre essa relação, por intermédio do conhecimento metacognitivo sobre pessoas (*pude [...] associar com o que vi em sala de aula*). A Aluna 16 utilizou o conhecimento científico escolar para explicar a situação que elaborou e sabe que fez isso porque foi capaz de associar o que aprendeu na escola com seu cotidiano no momento em que a temática foi abordada em aula. Em outras palavras, entendemos que o movimento descendente dos conceitos científicos apareceu no texto da aluna por intermédio da metacognição.

Mais do que resolver a questão de forma adequada, o que indica certo nível de apropriação de conhecimento científico escolar por parte da aluna, a sua justificativa de elaboração da pergunta forneceu elementos adicionais que corroboraram com nossa interpretação sobre o desenvolvimento de conceitos científicos pela Aluna 16. Esses

dados podem nos auxiliar a compreender a relação entre metacognição e processos afetivo-cognitivos relacionados à formação de conceitos.

Ainda que nem sempre as experiências cognitivas sejam conscientes (FLAVELL, 1985⁴¹ apud FIGUEIRA, 2003), foi por intermédio também do conhecimento metacognitivo sobre pessoas que a aluna explicitou, de forma consciente, o que interpretamos como o movimento descendente dos conceitos científicos que realizou em sua questão. Assim, no caso da Aluna 16, o conhecimento metacognitivo se mostrou como um construto teórico interessante para auxiliar no entendimento da formação de conceitos na perspectiva vigotskiana, o que nos permite aproximar ainda mais os aspectos cognitivos e metacognitivos do sujeito que aprende.

Quanto aos aspectos afetivos, entendemos que a Aluna 16 estabeleceu uma relação afetiva positiva não só com os temas abordados na disciplina Física II e que foram necessários à questão que elaborou, mas também com a própria atividade proposta em 2013, pois a aluna realizou as três etapas envolvidas na tarefa de forma bastante adequada. Em outras palavras, as relações afetivas positivas estabelecidas tanto nos momentos de aprendizagem inicial como no momento de realização da *Atividade 6* podem ter contribuído para o resultado positivo na realização da tarefa por parte de Aluna 16. Tal interpretação é compatível com as estreitas relações entre cognição e afeto, como defendido por Vigotski (2007).

Levando em conta a questão elaborada, sua resolução e a justificativa para sua elaboração por parte da Aluna 16, consideramos que ela retomou de forma apropriada e consciente, pela *memória científico-afetiva*, *conhecimento sobre o conhecimento espontâneo* e *conhecimento científico escolar* relativos a calor e dilatação. A *situação elaborada* pela aluna no enunciado da questão, os *nomes dos assuntos estudados* e a *relação com o cotidiano* foram os elementos mediadores de tais retomadas por essa memória.

A questão que elaborou é completa e muito complexa no que se refere à construção de seu enunciado. Poderíamos supor que tenha sido mais difícil elaborar a

⁴¹ FLAVELL, J. H. Developpment métacognitif. In: BIDEAUD, J.; RICHELLE, M. (Eds.). *Psychologie développementale*. Problèmes et réalités. Bruxelles: Pierre Mardaga, 1985. p. 29-41.

questão da forma como ela se configurou ao final do que resolvê-la. A facilidade de resolução da questão estaria associada ao fato de a aluna já elaborar a questão tendo em mente uma possibilidade de resposta a ser formulada. Já a narrativa longa do enunciado poderia dificultar a conclusão das ideias da aluna e o fechamento da questão em direção à pergunta que lhe dá ensejo. No entanto, a Aluna 16 manteve o foco da questão e a leitura atenta da situação que propôs pode colaborar para a resolução da questão.

Além disso, como os alunos, em geral, têm o hábito de resolver questões, mas não estão acostumados a pensar na elaboração de uma questão a ser resolvida por eles, esse esforço adicional na realização da atividade poderia afastá-los da mesma. Esse não parece ter sido o caso da Aluna 16, pois demonstrou cuidado e dedicação ao fazer a questão, ao resolvê-la e também em sua justificativa.

4.7.2 O processo de aprendizagem ao longo do tempo via episódio de investigação: o caso da Aluna 16

Diante dos bons resultados de aprendizagem obtidos pela análise dos dados relativos à Aluna 16, alguns questionamentos sugeriram: por que a Aluna 16 escolheu essa temática, e não outra? O que a levou a considerar que aprendeu determinado conhecimento científico? Por que elaborou a questão da forma como o fez? Que processos permitiram à aluna apresentar um bom desempenho na atividade proposta? Que fatores influenciaram esse processo? Tais perguntas se relacionam à nossa segunda questão de pesquisa (*Os conhecimentos científicos ensinados (conceitos, modelos, princípios, leis) e as habilidades desenvolvidas durante as aulas de Física baseadas em ensino por investigação conseguem ser mobilizados por alunos de Ensino Médio em novas situações/contextos no ano letivo seguinte? Que conhecimentos científicos e habilidades são esses e como eles se relacionam com o processo de ensino e aprendizagem iniciado no ano anterior?*), em especial, à parte que diz respeito a como os conhecimentos científicos retomados se relacionam com o processo de ensino e aprendizagem iniciado no ano anterior. A Aluna 16 mobilizou conhecimentos científicos apropriados para a resolução da questão por ela proposta, mas precisamos investigar

também os processos iniciados no ano anterior que podem nos ajudar a compreender a retomada realizada pela aluna.

Buscamos, em registros coletados durante nossa observação participante, dados que evidenciassem formas de interação que a aluna teve com os conhecimentos relativos à dilatação e à condução térmicas e compreensões suas sobre tais conhecimentos científicos ao longo do tempo. Por intermédio dessa busca, conseguimos mapear diferentes momentos em que a Aluna 16 se relacionou com tais conhecimentos ou os expressou de alguma forma. No Quadro 38 apresentamos os registros considerados no episódio e suas características (quando foram coletados e a que atividades se referem).

Quadro 38. Momentos do processo de aprendizagem da Aluna 16 que configuram o episódio de investigação.

Momentos	Datas	Atividades realizadas	Registros considerados
I	02/05/2012	Observação participante	Anotações de caderno de campo relativas à participação da Aluna 16 nas aulas
II	16/05/2012	Atividade F: Avaliação parcial do 1º bimestre	Resposta da Aluna 16 às questões 2 e 5 do teste de Física do 1º bimestre
III	10/09/2012	Atividade K: Atividade diagnóstica de Física	Respostas escritas questionário de perguntas abertas
IV	03/06/2013	Atividade 1: Sensibilização dos alunos para as situações de aprendizagem da disciplina Física II e para os assuntos nela trabalhados	Transcrições da discussão sobre o que os alunos do grupo da Aluna 16 se lembravam da disciplina Física II Escrita coletiva de tal discussão
V	03/06/2013	Atividade 2: Reflexão sobre a aprendizagem durante a disciplina Física II	Respostas escritas a questionário com perguntas abertas
VI	10/06/2013	Atividade 6: Elaboração e resolução reflexivas de uma questão de Física II pelos estudantes	Questão elaborada, resolução e justificativa de por que se ter elaborado tal questão (textos escritos em três folhas diferentes)

O Momento I se refere ao olhar da pesquisadora sobre o fenômeno investigado. Tanto ele como o Momento IV focalizavam o plano interpessoal, no qual acreditamos que se dá parte da construção do conhecimento. Os Momentos II, III, V e VI nos permitiram ter indícios do plano intrapessoal, no qual acontecem as reconstruções internas do sujeito. Assim, como defendido por Vigotski (2007), devemos relacionar os planos inter e intrapessoal para compreender a aprendizagem, o que justifica a escolha de nossos registros e as relações que pretendemos estabelecer entre os dados construídos por intermédio deles.

Analizamos os dados de forma cronológica, tentando perceber alguns dos movimentos envolvidos no processo de aprendizagem da Aluna 16 e como o ensino influenciou sua relação com o conhecimento científico escolar relativo à dilatação e à condução térmicas. Buscamos caracterizar as interações sociais presentes no processo de aprendizagem da aluna que podem auxiliar na compreensão de sua retomada de tais conhecimentos pela *memória científico-afetiva*, ao realizar a *Atividade 6*. Além disso, os dados analisados são relativos tanto ao que a aluna apresentou em termos de apropriação do conhecimento científico escolar como ao que ela mesma afirmava saber sobre tal conhecimento, ou seja, à sua metacognição.

Momento I: interações sociais, relação afetiva positiva e as mediações do professor

O primeiro contado formal da Aluna 16 com a temática abordada na questão que elaborou, de acordo com os registros de que dispomos, foi identificado em anotações de nosso caderno de campo, que podem ser observados no Quadro 39.

Quadro 39. Registros do Momento I.

Página	Data	Contexto	Registros (com dados em negrito)
20	02/05/2012	Primeira aula sobre dilatação	<i>O professor pergunta: Qual a função da distância entre 2 pisos ou azulejos? Aluna 16 e Aluna 10 respondem corretamente -> Aluna 10 diz o exemplo do espaçamento entre duas partes de uma ponte corretamente. Alunos se mostram envolvidos com as constantes indagações do professor -> ambiente agradável</i>
20	02/05/2012	Primeira aula sobre dilatação	<i>Aluna 10 e Aluna 16 sentam na frente e participam ativamente</i>

A Aluna 16 participou da explicação do professor sobre situações em que ocorre dilatação, juntamente com a Aluna 10, como se pode observar pelo seguinte dado: *O professor pergunta: Qual a função da distância entre 2 pisos ou azulejos? Aluna 16 e Aluna 10 respondem corretamente.* Entendemos que a interação entre professor e alunos e a postura dialógica do professor, sempre colocando perguntas aos estudantes, possibilitou uma primeira aproximação da Aluna 16, no contexto da disciplina Física II, com a temática da dilatação, ainda que a aluna possa ter tido contato com esse assunto anteriormente.

É interessante notar que ambas responderam corretamente à questão, e que a interação entre as alunas também deve ser considerada. Afirmamos isso porque também está registrado no caderno de campo que a *Aluna 10 diz o exemplo do espaçamento entre duas partes de uma ponte corretamente.* Assim, entendemos que a primeira vez, no contexto que estamos investigando, em que a Aluna 16 teve contato com a questão da dilatação que ocorre em uma ponte foi por intermédio do exemplo colocado pela Aluna 10, o qual parece ter sido evocado por ela por intermédio da *memória afetivo-vivencial*. Portanto, de alguma forma, a interação não só com o professor, mas também com outra aluna, aproximou a Aluna 16 do *conhecimento científico escolar* e de sua utilização na compreensão de situações concretas. Em outras palavras, a Aluna 10 atuou, nessa situação, como parceiro mais capaz para a Aluna 16.

Poderíamos pensar que a questão elaborada pela Aluna 16 na *Atividade 6* teve sua origem nesse momento, pois consideramos, como afirma Moreira (2002), que

[...] os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que encontram e progressivamente dominam, **particularmente pelas primeiras situações suscetíveis de dar sentido aos conceitos e procedimentos** que queremos que aprendam. (MOREIRA, 2002, p. 11, grifo nosso)

No entanto, devemos levar em conta que tal questão elaborada não se constituiu em uma mera cópia literal desse exemplo inicial, pois, como vimos no Quadro 38, muitas foram, ao longo do tempo, as interações da Aluna 16 com a temática da questão que elaborou. Acreditamos que todas elas influenciaram, com maior ou menor intensidade, a retomada de *conhecimento científico escolar* pela aluna.

Na pergunta da Aluna 16, apareceu a questão da dilatação da ponte, mas os elementos que a aluna elencou para elaborá-la (a inspeção da passarela, a presença dos fiscais, a presença do jornal local divulgando a fala do chefe da fiscalização, o que ele dizia, etc.) constituíram um cenário bastante peculiar e específico, que não foi citado nesse momento de aprendizagem inicial da aluna. Além do mais, em sua resposta, ela utilizou outros elementos envolvidos na situação da dilatação da passarela, como o fenômeno da condução térmica, por exemplo (que ainda não tinha sido abordado pelo professor da disciplina de Física II até o ponto em que estamos analisando), e a força de atrito, estudada por ela anteriormente, na disciplina Física I.

Diante do exposto, entendemos que o *exemplo dado por outro aluno* pode ter sido utilizado pela Aluna 16 como um dos *elementos mediadores da memória científico-afetiva* para a retomada de *conhecimento científico escolar*, feita por ela um ano depois, na *Atividade 6*.

No que se refere à perspectiva de ensino na qual emergiu esse *elemento mediador*, a postura dialógica do professor e as questões que colocava aos alunos parecem ter envolvido os estudantes e também contribuído para que o *conhecimento científico escolar* estivesse cada vez mais presente em sua aula. Fazemos essa interpretação com base no seguinte dado: *Alunos se mostram envolvidos com as constantes indagações do professor -> ambiente agradável*.

Durante esse mesmo momento, registramos ainda que as mesmas Alunas 10 e 16 *sentam na frente e participam ativamente*. Acreditamos que o deslocamento físico das

alunas, sentando na frente, perto do professor, pode representar um deslocamento simbólico delas em direção ao *conhecimento científico escolar* e o início do estabelecimento de uma relação afetiva positiva com o ambiente de sala de aula proporcionado pelo professor e, por consequência, com os conteúdos por ele abordados, em especial, a temática da dilatação térmica.

Em resumo, caracterizamos o processo de aprendizagem da Aluna 16 no Momento I, de forma esquemática, na Figura 21.

Figura 21. Síntese da análise do Momento I.

A postura dialógica do professor e o envolvimento dos alunos nas explicações caracterizaram o tipo de relação professor-aluno estabelecida no Momento I. A interação aluno-aluno foi marcada por participações conjuntas das Alunas 16 e 10 e pelo exemplo trazido por essa última, de suas vivências anteriores, por intermédio da *memória afetivo-vivencial*. Os dois tipos de interação descritos nos permitem inferir que uma relação afetiva positiva foi estabelecida nesse momento inicial.

Como se trata do primeiro contato da Aluna 16 (identificado em nossos registros) com a temática da dilatação, ainda não reconhecemos retomadas pela memória feitas por ela. No entanto, a análise do Momento I é rica por explicitar alguns dos *elementos mediadores* que a Aluna 16 poderá utilizar em momentos posteriores, para realizar retomadas.

Momento II: situação nova e o experimento como elemento mediador da memória científico-afetiva

Neste segundo momento, identificamos a interação da Aluna 16 com as temáticas da dilatação e condução térmicas, durante a resolução das questões 2 e 5 do teste de Física.

A questão 2, sobre dilatação térmica, e a resposta da Aluna 16 podem ser vistas na Figura 22, a seguir.

Figura 22. Registros do Momento II: questão 2.

Na resolução do item a) da questão, a aluna utilizou adequadamente o modelo matemático relativo à dilatação linear ($\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$), manipulando-o para adequá-lo às informações fornecidas no gráfico da questão $\left(\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \Delta T \right)$. No entanto, se equivocou no cálculo dos coeficientes de dilatação com essa formulação. No caso do metal I, a aluna fez um cálculo com potência de base 10 de forma incorreta; no caso do metal II, a aluna

fez a leitura do gráfico de forma equivocada, atribuindo $700 \cdot 10^{-6}$ a $\frac{\Delta L}{L_0}$, e não $600 \cdot 10^{-6}$, como indicava o gráfico para a variação de temperatura de 30°C do metal II.

Apesar dessas incorreções no item a), a aluna respondeu corretamente ao item b) da questão, explicando que o metal que mais se dilatava iria ultrapassar o outro, curvando a lâmina bimetálica. Como ela deveria tocar o contato C, que estava abaixo, a aluna afirmou que lâmina que mais se dilatava deveria ser a lâmina superior. É interessante perceber que, mesmo com os cálculos incorretos, a Aluna 16 apontou acertadamente o metal II como sendo o de maior coeficiente de dilatação, logo, o que mais se dilatava e, portanto, o que deveria ficar acima na lâmina bimetálica.

Pensamos que isso pode ter ocorrido porque, mesmo com os cálculos incorretos, as contas da aluna indicaram o coeficiente de dilatação do metal II como sendo maior que o do metal I. Além disso, a aluna pode também ter observado o gráfico e, considerando-se a mesma variação de temperatura para os dois metais (30°C), o metal II foi o que mais se dilatou em relação a seu comprimento inicial, pois tem maior $\frac{\Delta L}{L_0}$. Logo, o metal II era o que mais se dilatava. De uma forma ou de outra, a aluna parece expressar mais facilidade para explicar, em forma textual, com base na Física, como ocorre um dado fenômeno do que para realizar cálculos relativos a parâmetros físicos.

Já na questão 5 do mesmo teste, sobre condução térmica, o professor solicitou dos alunos a retomada de um *experimento realizado em perspectiva investigativa* sobre esse tema. Os alunos deveriam desenhar esquematicamente o experimento, explicando como se dava a propagação do calor. A questão e a resposta da Aluna 16 aparecem na Figura 23.

Figura 23. Registros do Momento II: questão 5.

A Aluna 16 explicou corretamente o fenômeno da condução térmica em metais, tal como solicitado pela questão. Ela desenhoun adequadamente a situação experimental descrita no enunciado e trabalhada em sala de aula pelo professor. Afirmou que a cera grudada na barra de metal começou a derreter primeiro em sua parte mais próxima à extremidade em contato com a fonte de energia na forma de calor (chama da vela) porque o calor se propaga devido aos choques entre as moléculas que constituem o metal, já que elas aumentam o seu grau de agitação quando em contato com uma fonte de energia. Vemos, assim, que a Aluna 16 retomou tais conhecimentos por intermédio da *memória científico-afetiva*, pois parece ter estabelecido uma relação afetiva positiva com a atividade experimental proposta pelo professor. Ademais, a aluna escreve, em sua resposta, algo que lhe é próprio, com base no resultado do experimento realizado e na discussão proposta pelo professor em sala de aula quando da realização da experiência. Em outras palavras, a retomada do fenômeno da condução térmica não é uma cópia idêntica ao que foi falado em sala de aula, pois a aluna forneceu detalhes adicionais do processo: *A parafina está em contato direto com a barra e é capaz de absorver uma grande quantidade de calor, quando o calor das moléculas* [grifo nosso] *é passado para a parafina por meio da agitação essa se aquece até que muda de estado físico.*

Na expressão *o calor das moléculas*, podemos interpretar que a Aluna 16 parece querer fazer referência ao “calor que se propaga pelas moléculas” (como pensamos que foi a interpretação do professor ao corrigir a questão) ou entender que ela usou de forma inadequada o conceito de calor. Como sabemos que o calor não está contido na molécula,

“o calor das moléculas” que a Aluna 16 citou pode se referir à agitação das moléculas, que seria passada às moléculas da parafina. Nesse caso, tal agitação se relacionaria com a temperatura enquanto grandeza macroscópica e a confusão entre os conceitos de calor e temperatura, bastante frequente entre os estudantes, apareceria na escrita da aluna. No entanto, como a aluna mencionou inicialmente em sua resposta que “... é fornecida a esta [a barra] uma energia que agita as suas moléculas, essa energia é passada de molécula para molécula...”, vemos que ela usa o conceito de calor de forma adequada nesse trecho.

O êxito da Aluna 16 ao resolver a questão 5 é mais um indício de sua facilidade ao usar o texto escrito como forma de expressar seu conhecimento em Física. Também foi possível observar tal fato em sua resolução da questão 2, quando se equivocou nos cálculos, mas justificou de forma adequada qual dos metais deveria ser utilizado na parte superior da lâmina bimetálica. Considerando que a questão elaborada pela aluna na *Atividade 6* também possuía a escrita como elemento central, tanto em seu enunciado como em sua resolução, começamos a entender o que justifica o modo como a aluna realiza a tarefa que foi proposta em 2013.

A Figura 24 sintetiza, de forma esquemática, as características da aprendizagem da Aluna 16 no Momento II.

Figura 24. Síntese da análise do Momento II.

No Momento II, a Aluna 16 realizou retomadas pela *memória científico-afetiva* para explicar, em forma textual, os fenômenos da dilatação térmica e da condução térmica. As *atividades realizadas em aula*, em especial, o *experimento realizado em perspectiva investigativa* sobre condução, foram *elementos mediadores* de tais retomadas. Fazemos essa consideração porque, em sua resposta à questão sobre condução térmica, a Aluna 16 descreveu, de forma bastante completa e utilizando *conhecimento científico escolar*, o experimento realizado em sala de aula. Ademais, o seu desenho esquemático representa bem o experimento de fato utilizado em sala de aula pelo professor.

Momento III: *memória científico-afetiva* e conhecimento metacognitivo

Este momento tem como registros as respostas da aluna às perguntas 3, 4, 5, 6 e 8 do questionário da *Atividade K: Atividade diagnóstica de Física* (Quadro 40), aplicado cerca de três meses após a última aula ministrada pelo professor de Física II, em 12 de junho⁴².

Quadro 40. Registros do Momento II.

Perguntas do Questionário	Registros (respostas da Aluna 16), com os dados em negrito
3- Escreva aquilo de que você se lembra das aulas de Física que teve este ano.	<i>Lembro um pouco sobre hidrostática e pressão atmosférica, dilatação linear, superficial e volumétrica, pressão, prática de temperatura e video sobre a panela de pressão.</i>
4- Você se lembra especificamente de algum ou alguns conteúdo(s) ensinado(s) nas aulas de Física que teve este ano? Em caso afirmativo, escreva-o(s) abaixo e passe aos itens de 5 a 8. Em caso negativo, passe aos itens de 9 a 11.	<i>Sim. Dilatação, propagação de calor, escalas termométricas</i>

⁴² Lembramos que o período sem aulas refere-se à greve nacional da rede federal de ensino, ocorrida em 2012.

<p>5- Escreva o que você aprendeu do que foi ensinado nas aulas de Física deste ano. (Neste item, você deve escrever, por exemplo: “Aprendi que 1ª lei de Newton diz que...”; “Aprendi que a condução é um fenômeno que ocorre na situação... e que consiste em...”, etc.)</p>	<p><i>Dilatação linear é quando aumenta somente o comprimento superficial é quando aumenta o comprimento e a altura Volumétrica é quando aumenta o comprimento, a altura e a largura. Calor é o nível de agitação da moléculas a propagação de calor é da do ponto onde as moléculas estão mais agitadas para o ponto onde elas estão menos agitadas as escalas são: Celsius, Kelvin, Fahrenheit</i></p>
<p>6- O que você acha que o(a) levou a aprender o que escreveu no item 5?</p>	<p><i>alguns assuntos eu já tinha uma noção, e teve alguns assuntos que eu me interessei mais que outros</i></p>
<p>8- Por que você acha que não aprendeu o que mencionou no item 7? O que você acha que o(a) levou a não aprender isso?</p>	<p><i>Tive dificuldade nos cálculos.</i></p>

A aluna, na pergunta 3, disse lembrar-se um pouco de *dilatação linear, superficial e volumétrica*, mas não explicitou que elemento mediador foi utilizado para essas retomadas pela *memória científico-afetiva*. Sobre a lembrança do vídeo sobre a panela de pressão, a aluna se referiu às atividades investigativas realizadas com o uso de um vídeo (*Atividade I: Cozinhando feijão na panela de pressão e Atividade J: Observando a panela de pressão*), mas não informou que tipo de conhecimento pôde aprender por intermédio delas. Podemos elaborar a hipótese de que a retomada dessa *atividade realizada em aula* ocorreu por intermédio da *memória afetivo-vivencial*, já que possivelmente uma *relação afetiva positiva* foi o que atuou como *elemento mediador* para tal retomada.

Quando perguntada especificamente sobre de que se lembrava em termos dos conteúdos trabalhados nas aulas ocorridas até então (questão 4), a aluna citou *Dilatação, propagação de calor, escalas termométricas*. É interessante notar que, no caso das escalas termométricas, a Aluna 16 expressou, na questão anterior, o que pode ter utilizado para a sua retomada: *prática de temperatura*. Entendemos que, com tal menção, a aluna se referiu a alguma atividade investigativa experimental sobre temperatura previamente realizada (por exemplo, *Atividade A: Está com febre?* ou *Atividade B: Colher de pau vs. Colhe de metal*).

Quando solicitada a expressar o que, de fato, considerava ter aprendido (questão 5 do questionário), a aluna retomou o fenômeno da dilatação por intermédio da distinção entre dilatação linear, superficial e volumétrica: *Dilatação linear é quando aumenta somente o comprimento superficial é quando aumenta o comprimento e a altura Volumétrica é quando aumenta o comprimento, a altura e a largura*. Conforme já citado anteriormente, como, nas explicações iniciais, a Aluna 16 estava bastante atenta à aula, sentando-se na frente com a Aluna 10 e participando ativamente, essa *relação afetiva positiva* inicial pode tê-la influenciado a retomar a dilatação após um tempo mais ou menos longo. Podemos interpretar esses dados considerando que, depois de três meses sem aula, é razoável supor que a primeira menção da aluna fosse a algo que mais a afetou de alguma forma, a algo que fosse mais vivo para ela, e que demandasse menor elaboração, pois ela não citou o que vem a ser dilatação, apenas diferenciou uma forma da outra, como o professor fez durante sua explicação inicial sobre o tema.

No que tange ao conceito de calor citado pela Aluna 16 (*Calor é o nível de agitação da moléculas*), vemos que ela confundiu os conceitos de calor e temperatura, como pode também ter ocorrido na questão 5 do teste, conforme já analisado anteriormente, o que evidencia a retomada de *conhecimentos espontâneos* pela *memória afetivo-vivencial*. A aluna pode ter sido influenciada também, em sua conceituação de calor, pelo fenômeno da propagação de calor por condução, que apareceu no experimento realizado em aula, no qual a ideia de agitação molecular está presente.

Sobre o fenômeno da propagação do calor em si, a Aluna 16 é mais explícita quanto à descrição do fenômeno da condução, quando diz que *a propagação de calor é da do ponto onde as moléculas estão mais agitadas para o ponto onde elas estão menos agitadas*. Entendemos que, ainda que não tenha mencionado por intermédio de que elementos ela fez essa retomada, o fenômeno da condução térmica afetou positivamente a aluna. Fazemos tal consideração porque o dado que agora consideramos é muito similar a outro dado já anteriormente analisado neste episódio, qual seja, a sua resposta à questão 5 do teste do 1º bimestre da disciplina Física II. Nessa resposta, a aluna descreveu e explicou o experimento da condução térmica feito em sala de aula na perspectiva investigativa. Assim, podemos supor que o *experimento realizado em perspectiva investigativa* e a *questão presente na avaliação* foram os elementos mediadores para a

retomada do fenômeno da propagação de calor por condução feita pela Aluna 16, por intermédio da *memória científico-afetiva*.

No que se refere ao que influenciou a Aluna 16 a aprender o que considerou ter aprendido (questão 6 do questionário), identificamos dois dados nos registros fornecidos: *alguns assuntos eu já tinha uma noção; alguns assuntos que eu me interessei mais que outros*. Em outras palavras, a aluna atribuiu o que a levou a aprender a fatores intrapessoais (suas noções prévias sobre os assuntos e seu interesse).

Entendendo que as reconstruções internas são fruto de processos que ocorrem primeiro em nível interpessoal (VIGOTSKI, 2007), supomos que elementos do contexto podem auxiliar a entender porque a aluna já tinha algumas noções do que estava sendo estudado e que *características da perspectiva de ensino do professor* e das relações interpessoais que ela estabeleceu em sala de aula podem justificar seu maior interesse por determinados assuntos do que por outros. Em outras palavras, o sujeito, ainda que de forma implícita, nunca se constitui de forma isolada, mas é influenciado por suas relações interpessoais e nelas também se manifesta. Para Aranha (1993), referindo-se à perspectiva vigotskiana:

[...] temos um sujeito que não é passivamente moldado pelo meio, nem realiza suas aquisições assentado em recursos exclusivamente individuais, mas sim um **sujeito interativo** que se constrói socialmente, ao mesmo tempo que participa ativamente da construção do social. [grifo da autora] (ARANHA, 1993, p. 26)

Sobre aquilo que a levou a não aprender (pergunta 8 do questionário), a Aluna 16 afirmou que teve dificuldade nos cálculos, fato que pôde ser observado nas incorreções matemáticas que cometeu durante a resolução do teste do 1º bimestre, conforme já analisado anteriormente. Como a aluna sabe que tem problemas ao efetuar cálculos, isso pode tê-la levado a optar pela elaboração de uma questão de resposta mais conceitual, conforme feito na *Atividade 6*.

Em uma análise geral das respostas ao questionário, entendemos que a Aluna 16 manifestou conhecimento metacognitivo sobre pessoas ao ser capaz de reconhecer aquilo de que se lembrava, o que considerava ter aprendido, o que a levou a aprender e porque não aprendeu determinados assuntos. Na Figura 25 apresentamos, de forma esquemática, as características da aprendizagem da aluna no Momento III.

Figura 25. Síntese da análise do Momento III.

No plano intrapessoal, a Aluna 16 realizou retomadas pelas duas memórias. As *atividades realizadas em aula*, de forma geral, foram *elementos mediadores* tanto da *memória afetivo-vivencial* como da *científico-afetiva*. Pela primeira, houve a retomada do conceito espontâneo de calor; pela segunda, a mobilização de conhecimento metacognitivo sobre pessoas. Especificamente, o *experimento realizado em perspectiva investigativa* e a *questão presente em avaliação* foram as *atividades realizadas em aula* que atuaram como *elementos mediadores* para a explicação da propagação do calor pela Aluna 16, feita por intermédio da *memória científico-afetiva*.

Momento IV: interações sociais e a *memória científico-afetiva*

Este momento já integrava as atividades de retomada do que foi estudado na disciplina Física II. Os registros foram as transcrições das falas da Aluna 16 e de seu grupo na *Atividade 1*.

A Aluna 16 chegou atrasada à aula no dia dessa atividade, inserindo-se nela a partir do turno [61].

[61] Aluna 16: Voltei... Que que é para fazer?

[62] Aluno 19: *Que? Tudo que a gente lem... Tudo que a gente lembra do segundo período, de Física.*

[63] Aluna 16: *É, legal. É...*

[64] Aluna 1: *Dilatação...*

[65] Aluna 16: *Dilatação, é.*

[66] Aluna 1: *Tinha convecção...*

[67] Aluna 16: *Dilatação.*

A Aluna 16 se interessou em saber o que deveria ser feito na aula (turno [61]) e parece ter gostado da atividade proposta (turno [63]). A Aluna 1 foi a responsável por introduzir, no momento da chegada da Aluna 16, o termo *dilatação*, que é rapidamente utilizado por ela, parecendo tê-la afetado positivamente.

Nesse momento bastante inicial, não há indícios de *elementos mediadores*, pois a Aluna 16 não expressou nenhuma situação, contexto, experimento ou outro elemento que pudesse tê-la levado a mencionar a dilatação. Por outro lado, a influência da Aluna 1 nessa lembrança inicial parece ter sido grande, podendo ter desencadeado, no plano intrapessoal da Aluna 16, uma memória mediada, mas que não foi expressa por ela. Fazemos essa interpretação porque a aluna seguiu mencionando a dilatação em turnos posteriores. Enquanto havia discussões simultâneas dentro do grupo, a Aluna 16 retomou o tema da dilatação e tentou iniciar a sistematização escrita solicitada pelo professor.

[86] Aluna 16: *Ah, vamo começar a escrever... Dilatação...*

[136] Aluna 16: *Tá, dilatação...*

Até esse ponto da análise, como havia outras temáticas sendo abordadas na discussão do grupo, a Aluna 16 não avançou no que se refere ao que ela retomou diante da menção à dilatação feita pela Aluna 1, mantendo somente o uso da palavra *dilatação*, como ocorrido de modo similar anteriormente, na análise do questionário *Atividade diagnóstica de Física*. É interessante notar que ambos os momentos de contato da aluna com a temática da dilatação ocorreram bastante tempo após as situações iniciais de aprendizagem (mais de três meses, no primeiro caso, e mais de um ano, no segundo).

No entanto, existe uma diferença importante entre as duas coletas. Na atividade individual do questionário, o movimento do aluno é o de utilizar *elementos mediadores* com os quais já teve contato para retomar aquilo que o sensibilizou de alguma forma ou o que ele considera ter aprendido. Em outras palavras, a *memória científico-afetiva* se aproxima do plano intrapessoal. Já em uma atividade coletiva, esse movimento pode

ocorrer, mas também é possível que a interação com o professor, com a pesquisadora ou com outros alunos atue como *elemento mediador*, dando ensejo à retomada pela memória (*científico-afetiva* ou *afetivo-vivencial*) de uma situação ou conhecimento anterior. Dito de outra forma, nesse segundo caso, o plano interpessoal se destaca na formação das memórias.

A temática da dilatação continuou presente no grupo, que, conforme já analisado, solicitou a intervenção da pesquisadora para esclarecer dúvidas sobre dilatação anômala da água e correntes de convecção, ainda que não tivesse citado explicitamente tais termos. As questões dos estudantes apareceram pela retomada de duas situações: congelamento somente da superfície de um lago e formação de ciclos dentro da água, no fenômeno da propagação de calor por convecção.

Nos turnos [239] e [241], a pesquisadora introduziu, indiretamente, a questão da dilatação anômala da água, e a Aluna 16 disse lembrar-se do fenômeno, por intermédio de sua descrição pela Pesquisadora (a água se dilata de forma diferente).

[239] Pesquisadora: Agora o dela, ela está falando do resfriamento da água...
Lembra que a água, quando ela resfriava, tinha uma diferençazinha...

[240] Aluna 16: Eu lembro disso.

[241] Pesquisadora: ...Dos outros materiais.

O Aluno 3 identificou em que temperatura essa dilatação anômala acontece, o que pode ter dado ensejo à complementação de sua fala pela Aluna 16.

[244] Aluno 3: *O resfriamento quando chegava a quatro graus, se não me engano.*

[245] Aluna 16: *Eu lembro que quando chegava a zero [a temperatura], embaixo [no fundo do lago] tava mais.*

Foi pela interação com o Aluno 3 que a Aluna 16 afirmou se lembrar de que, quando a temperatura da água chega a 0 °C, a temperatura “embaixo” é maior (turno [245]). Nesse dado, ela remeteu ao exemplo do lago, que só congela na parte superior. Sabemos que, ao ser resfriada no intervalo entre 4 °C e 0 °C, a água se expande, por sua dilatação anômala, ficando menos densa e subindo à superfície do lago, que congela. Como o gelo é um bom isolante térmico, a temperatura da água dentro do lago consegue manter-se maior do que 0 °C, logo, não congela. A Aluna 16 não explicou o fenômeno com todos esses detalhes, mas relacionou o congelamento da superfície do lago com a manutenção de maiores temperaturas em seu interior. Ou seja, a *descrição do fenômeno*

físico que acontece no lago foi o que lhe possibilitou aproximar-se do conhecimento relativo à dilatação anômala da água.

A Pesquisadora perguntou ao grupo o que acontece com a água a 4 °C. O Aluno 19 explicou corretamente que, com a diminuição da temperatura entre 4 °C e 0 °C, o volume da água aumenta, no que foi acompanhado pela Pesquisadora e pela Aluna 16.

[246] Pesquisadora: Isso, quando chegava a quatro graus... O que acontece quando chega a quatro graus?

[247] Aluno 19: De quatro graus para baixo ela começa a aumentar de novo.

[248] Pesquisadora: Exatamente.

[249] Aluna 16: É.

Percebemos que, nos turnos de discussão sobre o congelamento do lago, até o momento, a palavra dilatação, citada muitas vezes no início da discussão no interior do grupo e característica do fenômeno, não foi mencionada pelos estudantes nem pela Pesquisadora. No entanto, no turno [252], ela retomou o fenômeno da dilatação mais comumente observado nesse intervalo de temperatura, com outros materiais que não a água. O Aluno 19 caracterizou a dilatação de forma correta, ainda sem mencionar o termo.

[252] Pesquisadora: Em outros materiais, de quatro pra zero, o que aconteceria com esse material?

[253] Aluno 19: Dimi..., conti... continuaria diminuindo.

Ao perguntar explicitamente pelo nome do fenômeno relativo a aumentos e diminuições de tamanho devido a variações de temperatura, a Aluna 16 disse não se lembrar de tal nome.

[254] Pesquisadora: Ele diminuiria, isso. E esse fenômeno de aumentar e diminuir, qual é o nome dele?

[255] Aluna 16: É isso que eu não lembro...

[256] Aluno 19: Dilatação!

[257] Pesquisadora: Dilatação.

[258] Aluna 16: Ah...

É interessante perceber que, quando a aluna diz que *é isso* que não lembra, parece querer expressar que se lembra de todo o resto anteriormente discutido, pois só não se lembra especificamente *disso*, ou seja, do nome do fenômeno. Nesse momento, mais uma vez, a aluna manifestou conhecimento metacognitivo sobre pessoas.

Quando o Aluno 19 respondeu corretamente que se tratava do fenômeno da dilatação (turno [256]), os significados até então compartilhados pelo grupo e com a Pesquisadora foram atribuídos à palavra dilatação.

A retomada da palavra dilatação ocorreu inicialmente, para a Aluna 16, por intermédio da interação com a Aluna 1, mas outras discussões no interior do grupo, sobre temáticas diferentes, acabaram não contribuindo para um aprofundamento da dilatação naquele momento. No entanto, com o avanço da discussão, a dilatação é retomada de forma indireta pela Aluna 16, na interação com o grupo e com a Pesquisadora, por intermédio do fenômeno do congelamento da superfície do lago. A dilatação anômala da água e suas implicações no caso do congelamento do lago foram intensamente discutidas, ainda que não fosse utilizada a palavra dilatação.

Podemos supor, assim, por intermédio da análise da interação em pequeno grupo e com a Pesquisadora, que a Aluna 16 conhecia a palavra dilatação, sabia que os materiais variam de tamanho com a temperatura, mas não identificou que tal fenômeno é a dilatação térmica, em especial, no caso da dilatação anômala da água. De acordo com Vigotski (2009),

a palavra só adquire sentido na frase, e a própria frase só adquire sentido no contexto do parágrafo, o parágrafo no contexto do livro, o livro no contexto de toda uma obra de um autor. O sentido real de cada palavra é determinado, no fim das contas, por toda a riqueza dos momentos existentes na consciência e relacionados àquilo que está expresso por uma determinada palavra. (VIGOTSKI, 2009, p. 466)

Mesmo a Pesquisadora tendo encaminhado a sistematização do fenômeno da dilatação valendo-se de uma situação mais comum (aumento das dimensões de um corpo com o aumento da temperatura), a Aluna 16 não percebeu tratar-se do fenômeno da dilatação. Para Vigotski (2009, p. 398), “a palavra desprovida de significado não é palavra, é um som vazio. Logo, o significado é um traço constitutivo indispensável da palavra.”

Como a Aluna 16 conhecia o significado da palavra, ela conseguiu generalizar a ideia da variação do volume com a variação de temperatura para diferentes situações (dilatação comum e dilatação anômala da água, nesta atividade, e também na questão elaborada por ela), o que nos dá indícios sobre o fluxo de seu pensamento. Para Vigotski (2009, p. 398),

[...] do ponto de vista psicológico o significado da palavra não é senão uma generalização ou conceito. Generalização e significado da palavra são sinônimos. Toda generalização, toda formação de conceitos é o ato mais específico, mais autêntico e mais indiscutível de pensamento. Consequentemente, estamos autorizados a considerar o significado da palavra como um fenômeno de pensamento.

No entanto, sua tomada de consciência sobre a relação entre o que tinha sido discutido e o termo dilatação, ou seja, a relação existente entre pensamento e palavra, ocorreu somente no turno [258], com o auxílio do Aluno 19 e da Pesquisadora. Todo o pensamento da aluna e toda a discussão no grupo, que contribuíram para sua reaproximação ao fenômeno da dilatação, parecem ter sido materializados concretamente na palavra dilatação, o que nos permite perceber, como afirmado por Vigotski, a unidade entre palavra e pensamento, ou seja, que o significado da palavra é um fenômeno do pensamento discursivo ou da palavra consciente.

O significado da palavra só é um fenômeno de pensamento na medida em que o pensamento está relacionado à palavra e nela materializado, e vice-versa: é um fenômeno de discurso apenas na medida em que o discurso está vinculado ao pensamento e focalizado por sua luz. (VIGOTSKI, 2009, p. 398)

Considerando-se o próximo registro fornecido pelo grupo da Aluna 16, que consistiu na sistematização escrita da discussão em pequeno grupo, ainda na *Atividade 1*, o grupo escreveu *dilatação* como primeiro item representativo do que eles consideraram que se lembravam das aulas de Física II. O grupo também escreveu *condução térmica*, fenômeno também referido pela Aluna 16 na pergunta que elaborou.

Em síntese, por intermédio da análise dos dois últimos instrumentos citados, foi possível caracterizar como se deu a retomada da temática relativa à dilatação térmica, pela Aluna 16, mais de um ano após o ensino formal na escola. As discussões relativas à dilatação aqui relatadas e a relação pensamento-palavra que acreditamos que pôde ser estabelecida pela Aluna 16 por intermédio da interação com os colegas de grupo e com a Pesquisadora parecem tê-la afetado positivamente, gerando desdobramentos que podem ter influenciado, em nosso entendimento, momentos seguintes do episódio. Na Figura 26, apresentamos, de forma esquemática, as características da aprendizagem da aluna no Momento IV.

Figura 26. Síntese da análise do Momento IV.

Retomadas pela *memória científico-afetiva* foram realizadas por intermédio da interação entre os alunos e com a Pesquisadora. *Conhecimento científico escolar* relativo à explicação do fenômeno da dilatação anômala da água foi mencionado muitas vezes pelos alunos do grupo, incluindo a Aluna 16. A relação entre a palavra *dilatação* (retomada inicialmente pelos estudantes, em pequeno grupo) e o fenômeno a que ela se refere foi feita pela aluna somente por intermédio das *interações aluno-aluno* e *pesquisadora-aluno*, que atuaram como *elementos mediadores* dessa retomada pela *memória científico-afetiva*.

Momento V: conhecimentos metacognitivos

Os registros desse momento foram as respostas da Aluna 16 ao questionário da *Atividade 2*, que aparecem no Quadro 41.

Quadro 41. Registros do Momento V.

Perguntas do Questionário	Registros (respostas da Aluna 16), com os dados em negrito
O que você considera que aprendeu nas aulas de Física II?	<i>Calorimetria, Dilatação, Equilíbrio Térmico, Corrente de Convecção, Densidade e Pressão, Formas de se obter Energia Elétrica</i>

O que você acha que influenciou para você aprender o que mencionou acima?	<i>Interesse pelos assuntos, facilidade com respeito as materias e as associações com o cotidiano e com a parte química</i>
Após as aulas de Física II, você teve contato, fora da escola, com alguma(s) situação(ões) relacionada(s) ao que você aprendeu nessa disciplina? Em caso afirmativo, mencione tal (tais) situação(ões) e que parte(s) do que você aprendeu você conseguiu associar a ela(s).	<i>Sim. Consegui associar bem o que vi em sala de aula com as experiências do dia-a-dia. Principalmente a parte de calor, dilatação, pressão e as discussões sobre obtenção de Energia. Também pude associar o conteúdo com o de outras matérias adiante</i>
A associação que você escreveu acima, você a fez na hora em que vivenciou tal (tais) situação(ões) ou você fez essa relação agora, por conta deste questionário?	<i>No momento e depois também.</i>

A menção à dilatação entre os temas que considerou como tendo aprendido também apareceu no questionário anteriormente analisado, aplicado três meses após as aulas iniciais sobre esse assunto. Assim, parece ser uma percepção recorrente da Aluna 16 a de que ela aprendeu sobre dilatação, ou seja, ela seguiu valendo-se do conhecimento metacognitivo sobre pessoas para tal afirmação.

Sobre o que a influenciou a aprender, a Aluna 16 expressou conhecimento metacognitivo sobre pessoas e estratégias, pois identificou que seu interesse, sua facilidade e a associação com o cotidiano e com a Química são características que favoreceram sua aprendizagem. Ela enfatizou o plano intrapessoal para expressar o que colaborou para que aprendesse. Tal dado se opõe à caracterização geral da turma, feita na análise da *Atividade 2*, na qual os estudantes atribuíram, com grande frequência, o fato de terem aprendido determinado assunto a *características da perspectiva de ensino do professor*.

No entanto, os dados da Aluna 16 relativos ao questionário utilizado no Momento II desta análise, respondido um ano antes, são bastante coerentes com suas respostas na *Atividade 2* que agora analisamos. O aspecto intrapessoal esteve presente nos dois momentos, por exemplo, na questão do interesse da aluna por alguns assuntos, o que ela acredita que a ajuda a aprender. A diferença entre os Momentos II e V consiste em que, nesse último, a Aluna 16 mencionou também aspectos interpessoais que facilitaram sua

aprendizagem, notadamente, as formas como o professor permitia aos alunos atribuir sentido ao conhecimento científico escolar (*relação com o cotidiano* e com a Química).

Ainda valendo-se do conhecimento metacognitivo sobre pessoas, a aluna afirmou que conseguiu utilizar, para a explicação de situações cotidianas, o que considerou ter aprendido na escola, em especial, as temáticas relativas a calor e dilatação. Dito de outra forma, a Aluna 16 expressou o movimento descendente dos conceitos científicos realizado por ela, em direção à concretude e à experiência pessoal. A aluna também afirmou ter feito relações com matérias estudadas posteriormente aos conteúdos considerados aprendidos. Ademais, identificou que as relações com o cotidiano e com outras matérias estudadas ocorreram no momento em que ela vivenciou as situações e também depois. A Aluna 16 conseguiu precisar e localizar no tempo seus processos cognitivos, o que é mais uma evidência de que logrou desenvolver conhecimentos metacognitivos sobre pessoas bastante elaborados.

Em resumo, caracterizamos os aspectos metacognitivos presentes no Momento V, de forma esquemática, na Figura 27.

Figura 27. Síntese da análise do Momento V.

A Aluna 16 retomou, pela *memória científico-afetiva*, conhecimento metacognitivo sobre pessoas e estratégias. Sobre esse último, podemos fazer a hipótese de que a aluna acredita que as relações com o cotidiano e com a Química a ajudaram a aprender porque teve a oportunidade de vivenciar situações, durante as aulas, em que tais relações ocorriam. Ela também poderia já ter o entendimento da importância das relações

com o cotidiano e com a Química para a sua aprendizagem e ter apenas confirmado tais impressões durante as aulas ministradas pelo docente.

Síntese das discussões do episódio de investigação

Diante do exposto na análise do episódio, a aluna parece ter escolhido a temática da dilatação e da condução térmicas para o problema que elaborou (Momento VI) não por conta de um só acontecimento isolado, mas devido às múltiplas e diversas interações que ela teve com tais conhecimentos, como foi possível depreender do episódio construído. Desde a sua aproximação inicial com as primeiras explicações do professor sobre dilatação, passando pelo experimento da condução térmica, a necessidade de formalização de tais conteúdos para a resolução do teste até a discussão coletiva sobre a dilatação anômala da água (mais de um ano após o início do processo de aprendizagem), a aluna estabeleceu uma *relação afetiva positiva* com tais conhecimentos científicos, o que justifica a escolha da temática da questão que elaborou.

A análise do processo ao longo do tempo permitiu que fossem identificados diferentes elementos mediadores que podem ter sido utilizados pela aluna, individualmente ou, possivelmente, em conjunto, para suas retomadas pela *memória científico-afetiva*. Acreditamos que tais retomadas permitiram a elaboração da questão pela Aluna 16, no Momento VI. Os elementos mediadores identificados foram os seguintes: *atividade realizada em aula (experimento realizado em perspectiva investigativa e questão presente em avaliação); exemplo dado por outro aluno; relação com o cotidiano; interação aluno – aluno; interação professor – aluno; interação pesquisadora – aluno*. A grande maioria desses elementos já tinha sido identificada por nós na análise das atividades de forma isolada.

No entanto, o reconhecimento desses elementos ao longo do processo de aprendizagem da aluna traz implicações importantes. Uma delas é evidenciar que variados *elementos mediadores* podem ser utilizados não só por distintos estudantes em suas retomadas de determinado conhecimento ou situação, mas também por um mesmo estudante. Ademais, como acreditamos que os elementos mediadores contribuíram, de algum modo e em alguma medida, para as retomadas feitas pela Aluna 16 na *Atividade 6*

e tais retomadas foram adequadas do ponto de vista do conhecimento científico escolar, podemos supor que a multiplicidade e a qualidade dos elementos mediadores podem desempenhar um papel central na aprendizagem ao longo do tempo.

Na questão elaborada pela Aluna 16 está subjacente sua concepção sobre seu próprio conhecimento (conhecimento metacognitivo sobre pessoas): a aluna sabia que tinha facilidade em questões em que a matematização não era solicitada, por isso, desenvolveu a estratégia de elaborar uma questão que não somente abordasse um conteúdo que ela julgava saber, mas que também solicitasse uma resposta em forma escrita, pois essa forma de expressão do conhecimento científico escolar lhe era mais familiar. Assim, em termos de atendimento à demanda colocada pela *Atividade 6: Elaboração e resolução reflexivas de uma questão de Física II pelos estudantes*, a Aluna 16 demonstrou seu conhecimento metacognitivo sobre tarefas, parecendo reconhecer que seria mais fácil responder a uma questão que fosse elaborada levando-se em conta aquilo que ela sabia e o modo como tinha mais facilidade para expressar o que sabia. Assim, entendemos que conhecimentos metacognitivos também permearam a *memória científico-afetiva* da aluna.

No que diz respeito ao processo de aprendizagem da Aluna 16, os dados construídos e analisados indicaram que ela conseguiu mostrar indícios de aprendizagem, pois a atividade revelou sua apropriação do *conhecimento científico escolar* relativo à dilatação e condução térmicas, previamente trabalhados. Fazemos essa afirmação porque, segundo Smolka (2000), apropriar-se significa elaborar modos de tornar algo próprio, de tornar algo seu. A forma como a Aluna 16 elaborou e resolveu a questão leva impressa a marca da autoria da aluna, que mostrou apropriação dos significados compartilhados pela ciência ao atribuir um sentido pessoal aos conteúdos utilizados na adequada e original elaboração e resolução da questão. De acordo com Smolka (2000),

tal análise baseia-se numa noção de *apropriação* comumente relacionada à idéia de desempenho e realização de ações bem-sucedidas pelo indivíduo. De fato, usualmente, a internalização e a apropriação de meios culturais de mediação são consideradas, referidas e avaliadas como aprendizagem e domínio de maneiras de fazer as coisas e parecem acontecer somente quando é possível “observar”, “ver”, de algum modo, a adequabilidade, a pertinência das ações. Aqui, *tornar adequado* é geralmente tomado como um indicador de *tornar próprio*. (SMOLKA, 2000, p. 32)

Interpretando a citação da autora no contexto de nossa pesquisa, pode ocorrer que o sujeito se aproprie de um conhecimento sem que o mesmo seja compatível com o conhecimento científico escolar que lhe foi apresentado. Ou seja, em suas palavras, ele *torna próprio* o conhecimento, mas não *adequado*. No caso da Aluna 16, entendemos que o *próprio* e o *adequado* se fundem nos dados relativos a ela, o que sustenta nosso argumento de que houve indícios de aprendizagem. Ademais, a Aluna 16 disse, muitas vezes durante o processo, que aprendeu sobre dilatação e condução térmicas; identificou que tinha dificuldades com cálculos, o que foi refletido na resolução do teste; reconheceu, ao longo do tempo, o que a influenciou a aprender (seu interesse pessoal, seu conhecimento anterior, as associações com o cotidiano e com a Química). Em outras palavras, ela desenvolveu conhecimento metacognitivo sobre pessoas e estratégias, por intermédio dos quais ela foi capaz de explicitar conscientemente que aprendeu o conhecimento que retomou para a realização da atividade proposta.

Articulando os momentos identificados ao longo de episódio de investigação, é possível sistematizá-los de forma esquemática pela Figura 28, que apresenta as *memórias* e os *elementos mediadores* presentes ao longo do processo. A linha sinuosa que une os diferentes momentos reunidos na figura ilustra a não linearidade da aprendizagem e a possibilidade de qualquer outra linha unir, de forma diferente, os mesmos momentos. Em outras palavras, quisemos expressar por uma curva não linear e sem simetria que infinitos são os caminhos possíveis que os estudantes podem seguir em seus processos de aprendizagem. Traçamos apenas um deles, construído com base em nossa interpretação dos dados construídos, de acordo com a fundamentação teórica considerada.

Figura 28. Esquema do processo de aprendizagem da dilatação e condução térmicas, ao longo do tempo, pela Aluna 16.

Percebemos que, ao longo do processo de aprendizagem da Aluna 16, os planos inter e intrapessoal foram evidenciados pela análise dos dados realizada.

No plano interpessoal, a interação entre os distintos atores envolvidos no processo educativo em que a Aluna 16 estava inserida caracterizou seu processo de aprendizagem. Foi por intermédio das relações estabelecidas com o professor, com outros alunos e com a pesquisadora que a Aluna 16 se aproximou do *conhecimento científico escolar* relativo à dilatação e à condução térmicas. A postura dialógica do professor e a proposição de discussões em grupo e com a pesquisadora foram *características da perspectiva de ensino do docente* que permitiram retomadas pela *memória científico-afetiva* e o estabelecimento de *relações afetivas positivas*, pois contribuíram para a aprendizagem da Aluna 16.

No que se refere ao plano intrapessoal, foram identificados indícios de apropriação do *conhecimento científico escolar* por parte da aluna, por intermédio de sua *memória científico-afetiva*, pois ela retomou, muitas vezes, durante o processo, as ideias científicas com as quais inicialmente teve contato. Ademais, a aluna conhecia suas dificuldades e potencialidades, expressando, ao longo do tempo, ter aprendido tais temas, o que sustenta nossa compreensão de que a questão que elaborou e resolveu e a justificativa de elaboração da questão expressam algum nível de apropriação da Aluna 16 dos conteúdos relativos à dilatação e condução térmicas.

4.8 A perspectiva de ensino do professor e suas relações com a análise realizada

Por intermédio da análise de dados relativos aos alunos, foi possível perceber (tanto explícita como implicitamente) muitas menções deles ao que denominamos *características da perspectiva de ensino do professor*. Tais características também foram utilizadas por nós para relacionar, em vários momentos, os indícios de aprendizagem observados com as situações iniciais de ensino ou mesmo com os modos de mediação do docente durante as atividades de retomada. Assim, ainda que o foco desta pesquisa seja a aprendizagem dos alunos, tínhamos como pressuposto (e os próprios dados construídos revelaram isto) que a perspectiva de ensino do professor desempenharia um papel igualmente central e fundamental em nossa investigação.

Por conta desse entendimento inicial, escolhemos um professor que conhecia a perspectiva do ensino por investigação, pelo seu contato acadêmico com a mesma no Mestrado, e que se dispôs a utilizar algumas das atividades investigativas elaboradas por nós (MAXIMO-PEREIRA, 2010) com seus alunos. Acreditávamos que, desse modo, a perspectiva do ensino por investigação iria permear, ainda que somente nessas atividades, a prática do professor. Tal fato não seria um problema para nossa investigação nem para o processo de aprendizagem dos alunos, pois, como afirmam Munford e Lima (2007), sobre o ensino por investigação:

[...] alguns temas seriam mais apropriados para essa abordagem, enquanto outros teriam de ser trabalhados de outras formas. O ensino de ciências por investigação seria uma estratégia entre outras que o(a) professor(a) poderia selecionar ao procurar diversificar sua prática de forma inovadora. (MUNFORD e LIMA, 2007, p. 10)

O que observamos, tanto ao assistir às aulas do professor como nos dados em que os alunos faziam menções à sua forma de trabalho em sala de aula, foi que a perspectiva do ensino por investigação esteve presente também em muitos outros momentos das atividades de ensino de 2012 e das atividades de retomada de 2013, para além daquelas atividades que propusemos a ele. Fazemos essa consideração com base em alguns consensos sobre ensino por investigação, identificados por Sá, Lima e Aguiar (2011): *as atividades investigativas partem de situações nas quais os estudantes reconhecem e*

valorizam um dado problema como passível de ser resolvido por meio do engajamento pessoal ou coletivo; as atividades investigativas não são restritas às atividades de caráter experimental; as atividades investigativas valorizam a autonomia do aluno e desencadeiam debates; aquilo que permite a uma dada experiência educacional apresentar aspectos do ensino por investigação é mais o ambiente de ensino – aprendizagem do que as atividades em si mesmas.

Por exemplo, a leitura, em pequeno grupo, de um texto histórico adaptado sobre natureza do calor, com duas questões norteadoras propostas (BRICCIA e CARVALHO, 2011), foi uma atividade proposta pelo professor (e citada anteriormente em nossa análise) que se caracteriza como integrando a perspectiva do ensino por investigação e que não é de caráter experimental. Mesmo em atividades mais comumente presentes nas salas de aula de Física, como resolução de listas de exercícios, o professor sempre as propunha em dupla ou em pequenos grupos, valorizando o confronto de ideias e a colaboração entre os estudantes.

De forma geral, *a colocação de perguntas para reflexão por parte dos estudantes, a valorização e o acolhimento de suas questões e dúvidas, a abertura ao diálogo, o acolhimento das hipóteses dos alunos*, mesmo que inicialmente distanciadas do conhecimento científico escolar, *a preocupação com a formação de conceitos científicos e com a compreensão dos fenômenos físicos*, muito mais do que com a matematização desvinculada de situações concretas, foram algumas das características da prática do professor que nos permitiram concluir que o ambiente de ensino e aprendizagem que ele configurou em sua sala de aula possibilitou que a perspectiva do ensino por investigação permeasse ou estivesse subjacente às atividades propostas. Tais características foram observadas e registradas em nosso caderno de campo, inferidas por intermédio dos dados analisados anteriormente ou relatadas explicitamente pelos próprios alunos.

Como exemplo dessa última forma de caracterizar a perspectiva de ensino do professor, temos dados de nosso caderno de campo (página 28), do dia 21 de maio de 2012, quando o professor fazia a entrega da prova do primeiro bimestre.

Aluna 24 vem falar comigo dizendo que está feliz porque melhorou a nota; diz que agora já está mais acostumada com o professor e que no teste, 1ª avaliação, não sabia o que esperar das questões. Agora já sabe que tem que justificar as questões, explicar por que está fazendo cada conta, pois, com o outro professor (anterior) era diferente, era só fazer contas.

Aluna 24 diz que agora os alunos devem saber a teoria e a prática, não só as contas -> diz isso publicamente.

A Aluna 24 evidenciou que o professor valorizava não somente os cálculos, mas também os aspectos conceituais da Física e suas relações com a resolução de problemas, pois ela deveria sempre ser justificada.

Outro aspecto que caracteriza a perspectiva de ensino do professor, inferido da análise de dados, foi o estabelecimento de relações afetivas positivas com os estudantes, ou seja, de interações sociais que visavam auxiliar a aprendizagem. Em algumas práticas específicas dele, entendemos que a manifestação de aspectos afetivos foi mais explícita. Por exemplo, na mesma página do caderno de campo, relativa à entrega da prova bimestral, temos o seguinte dado:

*O professor chama cada aluno à sua mesa; procede à entrega das provas bimestrais aluno por aluno; faz comentários sobre se o aluno melhorou ou não, comenta sobre as questões que cada aluno errou; explica como vai fazer a média.
Alunos esperam, ansiosos.*

Ao final dessa atividade, o professor fez uma fala para toda a turma, também registrada no caderno de campo:

Professor explica que é importante saber as contas e os conceitos. Professor estimula o estudo em dupla e em trio e estudar com colegas que estão com melhores notas; critica o uso da escrita (como se fosse da Internet) na prova; exige a norma culta.

Consideramos que tais práticas do professor revelam sua preocupação em discutir com o estudante sobre suas dificuldades (o que se relaciona ao desenvolvimento de conhecimento metacognitivo sobre pessoas); em indicar o modo como ele deve estudar e se inserir nas atividades (o que esse refere ao conhecimento metacognitivo sobre estratégias); em explicitar os critérios definidos por ele e pelo contexto escolar (o que se relaciona ao conhecimento metacognitivo sobre tarefas) para que o aluno possa ter êxito na disciplina Física II.

Interpretamos que a conversa individual com os alunos parece ter sido uma estratégia do docente para explicitar suas compreensões sobre o processo de ensino e aprendizagem de Física, para apontar e ouvir as dificuldades dos alunos e para, de certa forma, se aproximar afetivamente deles. Vale lembrar que a conversa com cada aluno

ocorreu em uma turma que ainda não tinha tido aula com o professor anteriormente e se deu no momento do resultado da primeira prova bimestral, uma avaliação considerada importante no contexto escolar em que os alunos estavam inseridos.

Por tudo isso, podemos inferir que os aspectos afetivos relativos à perspectiva de ensino do professor evidenciados nesta análise trazem subjacente um entendimento de que, para ele, cada aluno é único, com um processo de aprendizagem que possui características próprias e, que, portanto, demandam a sua atenção e a proposta de soluções para a superação de dificuldades. Ainda que o docente valorize o trabalho em grupo e a presença de um suposto parceiro mais capaz nos grupos de estudos, o qual seria o aluno com melhores notas, ou seja, a influência do outro na constituição do sujeito, a atenção que conferiu a cada aluno individualmente permitiu que se estabelecesse uma relação afetiva positiva com a turma, o que concluímos, pela análise de dados realizada, que colaborou para a aprendizagem dos estudantes.

4.9 Síntese geral da análise realizada e resposta às questões de pesquisa

Diante do volume de dados analisados, apresentamos, nesta seção, de forma esquemática, os principais resultados obtidos em nossa investigação. Esta síntese geral foi elaborada com base na leitura e articulação das sínteses parciais, feitas ao final de cada instrumento de coleta considerado. Ela tem por objetivo permitir a resposta a nossas questões de pesquisa, levando-se em conta os elementos que apareceram, com maior ou menor frequência, caracterizando as categorias de análise elaboradas, ao longo das atividades consideradas em nossos âmbitos de análise.

No que se refere ao conteúdo do que denominamos *memória científico-afetiva*, nossos resultados aparecem na Figura 29. Por intermédio da análise das *Atividades 1, 2, 3, 4 e 6*, identificamos que *conhecimento sobre o conhecimento espontâneo, conhecimento científico escolar, habilidades (cognitivas e metacognitivas) e conhecimento metacognitivo* foram retomados pela *memória científico-afetiva*, por intermédio de alguns *elementos mediadores*, colocados, na Figura 29, entre o sujeito,

representado por sua memória, e o que foi retomado. A explicação sobre os *elementos mediadores* será aprofundada mais adiante nesta seção.

Figura 29. Conteúdo da *memória científico-afetiva*.

Os alunos, em algumas situações, expressaram consciência sobre os conceitos espontâneos de calor e temperatura, como na *Atividade 3*. Na maioria das atividades analisadas, os conhecimentos científicos relativos aos assuntos abordados na disciplina Física II foram utilizados de forma adequada pelos estudantes.

A identificação de habilidades (total ou parcialmente) mobilizadas ocorreu durante a realização de atividades de discussão em pequeno grupo, o que revelou a importância da interação com os pares para um *saber fazer* coletivo. Interpretamos a mobilização tanto de habilidades cognitivas (relacionadas às ações que caracterizam os processos envolvidos na solução de uma questão problemática) como metacognitivas (relativas à reflexão sobre tais processos), ainda que, por vezes, esses tipos de habilidade não tenham sido excludentes, ou seja, uma mesma habilidade pôde ser identificada como sendo tanto cognitiva como metacognitiva. Na Figura 30, apresentamos as habilidades gerais identificadas, durante as *Atividades 1* e *3*. Habilidades específicas observadas na *Atividade 3*, fortemente relacionadas ao conhecimento de Física Térmica (*conceituar cientificamente calor*; *definir o conceito espontâneo de calor*; *definir o conceito espontâneo de temperatura*) não foram colocadas na Figura 30. Para facilitar o

entendimento da Figura 30, também não representamos os *elementos mediadores*, ainda que saibamos que estão sempre presentes.

Figura 30. Habilidades cognitivas e metacognitivas mobilizadas pelos estudantes.

Nas Figuras 31 e 32 a seguir, apresentamos, respectivamente, os conhecimentos metacognitivos identificados e como as habilidades metacognitivas se relacionam a eles.

O conhecimento metacognitivo foi evidenciado em diferentes atividades, individuais e coletivas, e mostrou-se relevante para auxiliar a aprendizagem dos estudantes. *Características dos alunos, da perspectiva de ensino do professor e do contexto* foram associadas aos tipos de metaconhecimento (sobre pessoas, estratégias e tarefas), conforme a Figura 31, na qual os elementos mediadores não estão representados.

Figura 31. Tipos de conhecimento metacognitivo identificados.

Relações entre os conhecimentos metacognitivos e as habilidades metacognitivas também foram estabelecidas por nós, por intermédio da análise da *Atividade 3* (Figura 32).

Figura 32. Relações entre habilidades e conhecimentos metacognitivos.

No que diz respeito àquilo que os alunos utilizaram para tais retomadas pela *memória científico-afetiva*, a Figura 33 sintetiza aos *elementos mediadores* identificados na totalidade das atividades consideradas.

Figura 33. Síntese dos elementos mediadores da *memória científico-afetiva* identificados.

Vale lembrar que tais *elementos mediadores* não foram igualmente mencionados, em termos quantitativos, nos dados analisados. Por exemplo, os *experimentos realizados em perspectiva investigativa* e os *exemplos dados pelo professor* foram muito mais frequentes do que o *livro didático* e as *questões presentes em avaliação*, o que pode estar relacionado à perspectiva de ensino do professor.

As *interações aluno-aluno*, *professor-aluno* e *pesquisadora-aluno*, que aparecem na Figura 33, referem-se ao que entendemos que, durante as coletas de 2013, possibilitou retomadas de conhecimentos, pela *memória científico-afetiva*, em muitas das situações analisadas. Especificamente, os *exemplos dados pelo professor* e *por alunos*, ainda que sejam igualmente formas de interação entre esses sujeitos, referem-se a exemplos do ano de 2012 que eram citados pelos alunos em suas retomadas.

As *atividades realizadas em aula* e *sentimentos e sensações* vivenciados (tanto no ano anterior como ao longo da escolarização) atuaram, por vezes, como elementos mediadores da retomada de conhecimento metacognitivo sobre pessoas, pois, como afirmado anteriormente, o conhecimento que o sujeito tem de si enquanto ser cognitivo (e também afetivo) é construído por intermédio dos sentimentos e sensações relativos às interações sociais com os outros e com as situações de aprendizagem.

É interessante notar também que diferentes elementos mediadores podem implicar na interpretação de distintos graus e formas de apropriação associados às retomadas dos estudantes. Em outras palavras, diante de um mesmo conhecimento, as lembranças do nome do assunto tratado ou de um exemplo dado pelo professor, que ilustrava a utilização desse conhecimento em uma situação real, expressam formas possivelmente diferentes de estabelecimento de relações pela *memória científico-afetiva*.

Os alunos que afirmaram ter aprendido determinado conteúdo somente citando o nome do mesmo (por exemplo, no texto escrito na *Atividade 1* ou no questionário da *Atividade K*, considerado no episódio da Aluna 16) podem ter, de fato, aprendido tais conhecimentos. No entanto, considerando apenas esse dado isoladamente, eles não forneceram indícios empíricos que corroborassem com suas afirmações, ou porque não sentiram a necessidade de fazê-lo ou porque não houve oportunidade para tal. Assim, também não é possível saber se aquilo que o aluno considerou saber de determinado assunto é compatível com o *conhecimento científico escolar*.

Em resumo, a citação do nome do assunto estudado não é indício concreto de aprendizagem, contudo, explicita alguma relação que o estudante entendeu que estabeleceu com aquela temática a ponto de escolhê-la, em detrimento de tantas outras, para ser citada. Como a seleção do assunto pressupõe algum tipo de reflexão, mesmo que bem incipiente, por parte do estudante, entendemos que esse dado tem importância para o entendimento do processo de aprendizagem de forma mais geral. A menção ao nome daquilo que o aluno considerou ter aprendido nos dá indícios mais sobre seu conhecimento metacognitivo do que sobre seu nível de apropriação daquele conhecimento científico escolar.

Sobre os alunos que expressaram de forma apropriada o conhecimento científico escolar (por exemplo, no texto escrito da *Atividade 1*), eles podem saber que aprenderam aquele conhecimento e a que assunto ele se refere. Todavia, eles não expressaram tal consciência no dado considerado. Assim, o uso de determinado conhecimento em uma dada situação nos dá mais elementos para discutir a aprendizagem de conhecimento científico escolar do que a questão metacognitiva. Vale ressaltar que os dois aspectos podem também aparecer combinados no mesmo dado, como foi observado em nossa análise.

Dada a grande presença das *atividades realizadas em aula* como *elementos mediadores* em nossa análise, foi possível identificar que elas envolveram especificamente a *identificação, descrição e explicação de fenômenos físicos* e também a *descrição do experimento* (Figura 34). Em outras palavras, os alunos identificaram, descreveram e explicaram fenômenos abordados nas aulas (tanto pelos *exemplos do professor* como pelos *experimentos realizados em perspectiva investigativa*) em suas retomadas de conhecimento.

Figura 34. Elementos mediadores da *memória científico-afetiva* específicos das *atividades realizadas em aula*.

Os estudantes citaram frequentemente a *descrição do experimento* para indicar de onde vinham suas retomadas. Devido ao volume de dados analisados relativos à *descrição do experimento*, identificamos ainda que ela dizia respeito ao *material usado no experimento*, ao *procedimento experimental utilizado* e ao *objetivo do experimento*.

Sobre o conteúdo do que denominamos memória afetivo-vivencial, nossos resultados aparecem na Figura 35. Entendemos que foram retomados pela *memória*

científico-afetiva, por intermédio de alguns *elementos mediadores*, *atividades realizadas em aula* e *sentimentos e sensações*.

Figura 35. Conteúdo da memória afetivo-vivencial.

Os *sentimentos e sensações* tiveram poucas menções nos dados, conforme discutido anteriormente em nossa análise. Entretanto, são essenciais para reafirmar o papel da afetividade na aprendizagem e para a identificação de um ponto de aproximação entre os dois tipos de memória, já que *sentimentos e sensações* atuaram como elementos mediadores da retomada de conhecimento metacognitivo sobre pessoas pela *memória científico-afetiva*, como citado anteriormente.

Houve também algumas poucas menções a *conhecimentos espontâneos*, como no Momento II do episódio de investigação da Aluna 16. O *conhecimento espontâneo* foi entendido por nós como pertencendo à *memória afetivo-vivencial* sempre que o estudante não demonstrou consciência sobre ele, utilizando-o, de forma inadequada, para a descrição ou explicação de um fenômeno físico. Fizemos essa consideração com base na hipótese de que tal conhecimento integra as vivências dos estudantes, sendo, muitas vezes, anterior à aprendizagem sistemática de Física na escola.

As *atividades realizadas em aula* estiveram muito presentes nos dados, de forma que foi possível aprofundar a sua análise e identificar que a *descrição do experimento* e a

relação com o cotidiano foram retomados pelos alunos por intermédio da *memória afetivo-vivencial*.

As *atividades realizadas em aula* foram identificadas como conteúdo da *memória afetivo-vivencial* e também como *elemento mediador da memória científico-afetiva*, conforme explicitado anteriormente. Em ambos os casos, tais atividades mencionadas pelos alunos estão diretamente relacionadas às *características da perspectiva de ensino do professor*.

As *atividades realizadas em aula* foram identificadas como conteúdo presente na memória afetivo-vivencial sempre que as mesmas eram mencionadas por si só, sem uma associação direta com os conhecimentos relativos a elas, ou seja, quando a ênfase dada pelo aluno era na atividade em si (o que remete ao aspecto vivencial), e não na forma como a atividade colaborou para que ele aprendesse.

Já quando tais atividades foram interpretadas como elementos mediadores, a menção a elas era acompanhada diretamente de um conhecimento científico escolar, ou seja, elas eram citadas na retomada para justificá-la ou para indicar de onde os alunos acreditavam que buscavam, em suas memórias, os conhecimentos que seriam necessários de serem retomados. Tal fato nos indica uma segunda aproximação entre as duas memórias categorizadas por nós, o que será explorado mais adiante nesta seção.

No que tange aos *elementos mediadores da memória afetivo-vivencial*, eles aparecem na Figura 36.

Figura 36. Elementos mediadores da memória afetivo-vivencial.

As relações afetivas positivas (tanto com o conhecimento como com o professor e os demais estudantes) foram identificadas muito mais frequentemente do que as negativas. O *resultado positivo na realização da tarefa*, a *interação professor-aluno* e a *interação aluno-aluno*, com destaque para as duas últimas, permearam toda a análise realizada. Já as relações afetivas negativas foram observadas pontualmente em duas situações: na interação aluno-aluno em pequeno grupo e no que se refere às pressões do contexto escolar, citadas por uma aluna.

Destacamos que as *interações professor-aluno* e *aluno-aluno* apareceram como elementos mediadores tanto da memória afetivo-vivencial como da *memória científico-afetiva*, o que aponta para a importância das interações interpessoais para a aprendizagem e para um terceiro ponto de aproximação entre as duas memórias.

Considerando os três pontos de aproximação entre as duas categorias de memória aqui apresentados, foi possível sistematizá-los na Figura 37. Os diferentes tipos de setas utilizados servem para marcar os distintos processos de retomada identificados, nos quais as duas memórias estão relacionadas.

Figura 37. Esquemas dos processos de retomada em que os dois tipos de memórias estão relacionados.

Para ilustrar a interpretação dos esquemas presentes na Figura 37, destacamos dois processos, a título de exemplo, os quais aparecem marcados nas Figuras 38 e 39.

O processo em destaque, na Figura 38, representa que, no âmbito da memória afetivo-vivencial, por intermédio da interação aluno-aluno, uma atividade realizada em aula, em especial, um experimento realizado em perspectiva investigativa, foi retomado. Os seguintes dados da Aluna 1, durante a *Atividade 1*, podem ser descritos por esse processo: *Ah, eu lembro muito de uma atividade que só eu consegui chegar à resposta. Não foi, não teve uma atividade dessa...que a gente botava a mão na água?*

Figura 38. Exemplo de processo de retomada pela memória afetivo-vivencial.

O processo em destaque, na Figura 39, representa que, no âmbito da *memória científico-afetiva*, conhecimento científico escolar foi retomado por intermédio de uma atividade experimental de caráter investigativo, que atuou, agora, como elemento mediador. Os seguintes dados do Grupo 4, durante a *Atividade 1*, podem ser descritos por esse processo: *Me lembro do experimento da água (Não se pode medir temperatura com a mão).*

Figura 39. Exemplo de processo de retomada pela *memória científico-afetiva*.

É interessante notar que a mesma atividade mencionada pela Aluna 1 foi citada pelo Grupo 4 (que não era integrado pela Aluna 1), por intermédio de diferentes processos (Figuras 38 e 39), o que evidencia que uma única atividade afeta os estudantes de diferentes modos.

Diante de toda a análise realizada, passamos às conclusões e considerações finais desta pesquisa.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre” (FREIRE, 1989, p. 31).

A pesquisa aqui descrita problematiza algumas questões que faziam (e seguem fazendo) parte de nossas inquietações enquanto professora de Física e pesquisadora na área de ensino de ciências, as quais nos moveram a realizar esta investigação. Em especial, uma frase, proferida em aulas de Física, por alunos do terceiro ano do Ensino Médio, em 2010, e que integra o título desta tese (“Não me lembro de nada das aulas do ano passado!”), nos levou a refletir sobre o papel do ensino de Física na escola e do professor na aprendizagem dos alunos ao longo do tempo. Como, depois de um ano inteiro de aulas, duas vezes por semana, com explicações, discussões, experimentos, exercícios e provas, os alunos afirmavam, no ano seguinte, que não se lembravam de nada? Como passar pelas aulas de Física e não ser afetado, de nenhuma forma, por elas?

Paralelamente a essas questões, permeavam (e seguem permeando) nossas reflexões os resultados obtidos em nossa pesquisa de Mestrado (MAXIMO-PEREIRA, 2010), na qual foi elaborado um conjunto de atividades investigativas sobre calor e temperatura. Investigações que desenvolvemos sobre a aplicação de tais atividades em sala de aula apontaram que elas colaboraram positivamente para a aprendizagem dos estudantes (MAXIMO-PEREIRA e SOARES, 2013; MAXIMO-PEREIRA, SOARES e ANDRADE, 2011). Assim, nossa motivação central para a realização desta tese envolveu a relação entre nossas reflexões provenientes de nossa experiência profissional como professora de Física do Ensino Médio e os resultados de nossa pesquisa acadêmica.

Por tudo isso, apresentamos neste texto o relato de uma pesquisa, cujo foco é a aprendizagem de Física no Ensino Médio, tendo o ensino por investigação como perspectiva de ensino norteadora e uma turma de 22 alunos de Ensino Médio de uma instituição federal de ensino como contexto. Foi realizada observação participante durante seis meses, ao longo dos quais foram utilizadas com os estudantes algumas atividades investigativas sobre calor e temperatura (MAXIMO-PEREIRA, 2010), além

das atividades e propostas habituais do docente da disciplina para a temática da Física Térmica. Aproximadamente um ano depois, o mesmo docente aplicou, para a mesma turma, outras atividades, diferentes das iniciais, mas que solicitavam a retomada do que foi ensinado no ano anterior e versavam sobre os mesmos conteúdos. Coletas de registros foram realizadas nesses diferentes momentos.

Desenvolvemos uma pesquisa qualitativa e o estudo de caso que realizamos considerou a *turma* como um todo, um *pequeno grupo* e uma *aluna* como âmbitos para a organização da análise. Utilizamos cinco elementos teóricos como base para as análises – memória, cognição, afetividade, interação social e metacognição –, a fim de tentar compreender o processo de aprendizagem ao longo de diferentes momentos, considerando a perspectiva sócio-histórico-cultural vigotskiana. Construímos categorias de análise (*memória científico-afetiva*, *memória afetivo-vivencial* e seus *elementos mediadores*) que sintetizaram o papel da memória (enquanto função psicológica superior), da cognição, da afetividade e das interações sociais como dimensões fundamentais para o entendimento dos aspectos que caracterizaram a aprendizagem de Física, no contexto investigado. Na explicitação do conteúdo dessas categorias de análise, consideramos: as interações sociais estabelecidas entre os alunos e deles com o professor; aspectos afetivos, metacognitivos e cognitivos (conhecimentos e habilidades mobilizados pelos estudantes).

No que se refere a nosso primeiro questionamento de pesquisa (*Situações e conhecimentos relativos às aulas de Física baseadas em ensino por investigação conseguem ser retomados por alunos de Ensino Médio no ano letivo seguinte? Que situações e conhecimentos são esses? Que dimensões da aprendizagem podem ser identificadas por intermédio deles?*), foram observadas (em diferentes atividades, tanto no âmbito da turma quanto do pequeno grupo como por uma aluna) retomadas de situações e conhecimentos relativos às aulas de Física ministradas, no ano anterior. No que tange ao que influenciou a formação de tais memórias, entendemos que os *elementos mediadores da memória científico-afetiva* e da *memória afetivo-vivencial* cumpriram essa função. Como ambas as memórias são mediadas por tais elementos, eles expressam o papel das interações sociais nas retomadas pela memória e fornecem índices sobre o processo de aprendizagem dos estudantes.

Os conteúdos, tanto da *memória científico-afetiva* (*conhecimento sobre o conhecimento espontâneo, conhecimento científico escolar, habilidades e conhecimento metacognitivo*) como da *memória afetivo-vivencial* (*conhecimento espontâneo, atividades realizadas em aula e sentimentos e sensações*), se referem ao que foi, de fato, retomado pelos estudantes um ano após as atividades iniciais sobre Física Térmica.

Quanto à primeira parte de nosso segundo questionamento de pesquisa (*Os conhecimentos científicos ensinados (conceitos, modelos, princípios, leis) e as habilidades desenvolvidas durante as aulas de Física baseadas em ensino por investigação conseguem ser mobilizados por alunos de Ensino Médio em novas situações/contextos no ano letivo seguinte? Que conhecimentos científicos e habilidades são esses?*), foram observadas, pela *memória científico-afetiva*, retomadas de *conhecimento científico escolar* (por exemplo, os conceitos de calor e pressão, condutores e isolantes térmicos, temperatura na mudança de fase, primeira lei da termodinâmica, relação entre pressão e profundidade, descrição da dilatação anômala da água, formas de propagação de calor, entre outros) de forma adequada, no contexto de novas situações propostas no ano letivo seguinte, tanto em novas questões colocadas como em outras atividades propostas. Houve também situações em que o *conhecimento científico escolar* retomado não foi utilizado de forma apropriada para a realização da tarefa solicitada. Por exemplo, no caso do Aluno 19, na *Atividade 3*, ele retomou o conceito de calor como transferência de energia, mas tal conhecimento, adequado do ponto de vista científico, não o auxiliou na resolução do problema proposto. Alguns poucos exemplos de *conhecimento espontâneo* foram retomados pelos alunos, pela *memória afetivo-vivencial*. Os alunos apresentaram também, no âmbito da *memória científico-afetiva*, *conhecimento sobre o conhecimento espontâneo*, em geral, em conexão dinâmica com os conhecimentos científicos, por conta da especificidade do conteúdo abordado (Física Térmica) e de uma das atividades propostas (*Atividade 3*).

Sobre as habilidades, foram mobilizadas pelos estudantes tanto as de caráter cognitivo como metacognitivo. As habilidades cognitivas identificadas foram as seguintes: *trabalhar em grupo; fazer perguntas, desenvolver uma estratégia para a resolução do problema; reconhecer o problema; identificar o objetivo da tarefa; reconhecer a importância da Física para a descrição de fenômenos; conceituar*

cientificamente calor; definir o conceito espontâneo de calor; definir o conceito espontâneo de temperatura.). A habilidade de *colocar-se no lugar do outro para interpretar possíveis ideias dele* foi classificada como habilidade metacognitiva, assim como a habilidade de *desenvolver uma estratégia para a resolução do problema*. Essa última foi associada aos dois tipos de habilidades. Alguns alunos do pequeno grupo analisado não mobilizaram algumas dessas habilidades, que acreditamos que poderiam auxiliar a realização das atividades propostas. Por exemplo, interpretamos que o Aluno 19 não mobilizou a habilidade de *colocar-se no lugar do outro para interpretar possíveis ideias dele* durante a realização das Atividades 3 e 4, o que analisamos que influenciou diretamente em sua dificuldade de reconhecer as ideias das pessoas em seu cotidiano como sendo os conceitos espontâneos mencionados no problema da *Atividade 3*.

As habilidades metacognitivas foram relacionadas ao *conhecimento metacognitivo sobre pessoas, tarefas e estratégias*. Tais conhecimentos também foram interpretados como tendo sido mobilizados pelos estudantes em diferentes atividades, em especial, nas Atividades 2, 3, 4 e 6 e no episódio de investigação da Aluna 16.

Sobre a segunda parte de nosso segundo questionamento de pesquisa (*Como os conhecimentos científicos retomados e as habilidades mobilizadas se relacionam com o processo de ensino e aprendizagem iniciado no ano anterior?*), construímos alguns processos de retomada, os quais foram relacionados ao processo de ensino e aprendizagem iniciado no ano anterior, de forma pontual, em algumas atividades, sempre que foi possível construir dados que ilustrassem essas relações. Por exemplo, o aumento da pressão com a profundidade foi um *conhecimento científico escolar* retomado pelo grupo 4, no âmbito da *memória científico-afetiva*, por intermédio da menção a uma *questão presente em avaliação*, que atuou como *elemento mediador* dessa retomada.

De forma específica, o estudo do processo de aprendizagem ao longo de diferentes momentos de interação com um dado *conhecimento científico escolar* foi realizado pela elaboração do episódio de investigação da Aluna 16 e pela reconstrução de um processo possível de aprendizagem por parte da aluna. Os cinco elementos teóricos de base (memória, cognição, afetividade, interação social e metacognição) foram utilizados e relacionados para a compreensão dos momentos que caracterizaram o processo de

aprendizagem de dilatação e condução térmicas por parte da aluna ao longo do tempo, que culminou com sua resposta à *Atividade 6*.

Interações da aluna com outros colegas, com o professor e com a pesquisadora e *relações afetivas positivas* estabelecidas com esses sujeitos, com o *conhecimento científico escolar* e com as situações de aprendizagem caracterizaram o processo analisado. A presença dos planos inter e intrapessoal nos dados evidenciou a influência das interações sociais e da percepção da aluna sobre si, enquanto ser afetivo e cognitivo, para a realização da *Atividade 6*. As *memórias afetivo-vivencial* e *científico-afetiva* foram mobilizadas durante o processo de aprendizagem. A primeira, para dar sentido à aprendizagem da dilatação no contexto escolar e na menção ao *conhecimento espontâneo* sobre calor; a segunda, para retomadas, em diferentes momentos, de *conhecimento científico escolar* e *conhecimento metacognitivo*.

Assim, como esta tese tem por objetivos *identificar o que os estudantes retomam das aulas de Física do ano anterior e compreender os processos que levam (ou não) a essas retomadas, considerando a perspectiva do ensino por investigação*, entendemos que a investigação aqui relatada atendeu a esse objetivo. Ademais, percebemos que nossos resultados nos permitiram abordar aspectos que extrapolaram ou aprofundaram nossas questões de pesquisa inicialmente formuladas, as quais orientaram a investigação. Tal fato se deveu à complexidade do fenômeno estudado e às múltiplas dimensões consideradas, tanto no aspecto teórico quando no analítico.

Por exemplo, nossa análise evidenciou que nem sempre os alunos retomam aquilo que o professor deseja que seja retomado, nem o fazem da forma prevista pelo docente. Em nossa investigação, foram observadas retomadas pelos dois tipos de memória, umas mais próximas do *conhecimento científico escolar* e outras que não se referiam diretamente a ele. Em outros contextos, pode ser que não sejam observadas, um ano após os primeiros contatos dos estudantes com determinado assunto de Física, retomadas de *conhecimento científico escolar* pela *memória científico-afetiva*. Ou ainda, que somente sejam observadas retomadas de *sentimentos e sensações* ou de *atividades realizadas em aula* pela *memória afetivo-vivencial*. Nesse caso, tanto o docente quanto o próprio estudante aderem, respectivamente, às frases “O aluno não se lembra de nada!” e “Não me lembro de nada!”.

Todavia, algo que pretendemos explicitar com esta tese e que problematiza essa questão é que (i) a dimensão da *memória científico-afetiva* não se restringe ao *conhecimento científico escolar* e (ii) a dimensão da *memória afetivo-vivencial* também deve ser considerada nos processos de ensino e aprendizagem ao longo do tempo. Passamos a discorrer sobre cada um desses dois pontos, que evidenciam a complexidade das situações de ensino e a multiplicidade das dimensões envolvidas nos processos de ensino e aprendizagem de Física, as quais não se restringem ao conteúdo específico da disciplina.

De acordo com nossa proposição de análise, a *memória científico-afetiva* inclui o *conhecimento científico escolar*. No entanto, ela é muito mais abrangente, pois seu conteúdo pode ser permeado também por *conhecimento sobre o conhecimento espontâneo*, *conhecimentos metacognitivos* e *habilidades*. O que ocorre é que, em geral, esses aspectos não são considerados relevantes para a aprendizagem em uma concepção, a nosso ver, mais restrita do processo educativo que pode ocorrer nas aulas de Física.

No entanto, vale à pena destacar que, ao defendermos que outras aprendizagens devam ser desencadeadas e valorizadas na escola, não estamos querendo, de nenhuma forma, diminuir a importância central de se aprender o *conhecimento científico escolar*, um dos principais objetivos do ensino de Física. Em coerência com a perspectiva sócio-histórico-cultural, a escola é o espaço historicamente instituído e organizado para que os sujeitos tornem as produções humanas (científicas) que lhes são apresentadas próprias da sua constituição enquanto seres sociais; em outras palavras, para a formação de conceitos científicos.

Quanto ao desenvolvimento de *habilidades*, parece ser consenso, tanto na literatura da área (ZOHAR e NEMET, 2002; MAIA, 2009) como nos documentos oficiais brasileiros (BRASIL, 2002; BRASIL, 2006) que ele deve ser fomentado nas aulas de Física. Entretanto, como fazer isso, por intermédio de quais atividades e como avaliar e valorar o desenvolvimento de habilidades são algumas questões ainda em aberto para a maioria dos professores de ciências, como relata a própria pesquisa em ensino (MAIA e JUSTI, 2008). Defendemos que o desenvolvimento de habilidades deve ser fomentado nas aulas de Física porque elas foram essenciais para a realização das atividades

propostas aos estudantes, sendo observadas tanto na pesquisa principal desta tese como em nosso estudo piloto (MAXIMO-PEREIRA e ABIB, 2012; MAXIMO e ABIB, 2013).

Já no que se refere ao *conhecimento metacognitivo*, vários trabalhos apontam as potencialidades do desenvolvimento da metacognição para a aprendizagem (ANDRETTA et al., 2010; FIGUEIRA, 2003). Todavia, tal aspecto não é mencionado diretamente nas orientações curriculares vigentes nem difundido amplamente entre os futuros professores e docentes em serviço, de modo que, frequentemente, a metacognição não é considerada nos planejamentos de aula e nas avaliações. Nesta investigação, o conceito de metacognição teve um papel central, tanto no que se refere à pesquisa realizada como à aprendizagem dos estudantes.

Foi possível perceber, em consonância com trabalhos que anteriormente publicamos (MAXIMO-PEREIRA e ANDRADE, 2014; MAXIMO e ABIB, 2013), que considerar aspectos metacognitivos colabora para a investigação sobre a aprendizagem de Física ao longo do tempo. Por exemplo, por intermédio das percepções da Aluna 16 sobre suas formas de aprender, suas potencialidades e dificuldades, foi possível compreender que o modo como ela realizou a tarefa relativa à *Atividade 6* revelou bastante do perfil e das características da aluna mapeados no episódio de investigação.

Também foi possível inferir que o desenvolvimento da metacognição auxilia o estudante a refletir sobre o processo de ensino e aprendizagem e a interagir nele de forma apropriada, a fim de que seus objetivos sejam atingidos. No mesmo episódio de investigação, a Aluna 16, que apresentou *conhecimentos metacognitivos* bastante desenvolvidos em vários dos dados analisados nos diferentes instrumentos de coleta, realizou a tarefa proposta na *Atividade 6* de forma adequada. Ela utilizou o *conhecimento científico escolar* que considerava ter aprendido (dilatação e condução térmicas) em uma questão em que ela solicitava uma resposta com texto escrito (forma com a qual ela tinha mais facilidade de expressão, na comparação com a realização de cálculos) e utilizando a relação com o cotidiano para contextualizar a situação proposta, o que ela também acreditava que facilitava a sua aprendizagem.

Sobre a presença do *conhecimento sobre o conhecimento espontâneo*, na *memória científico-afetiva* dos estudantes, defendemos, em consonância com outros autores, a ideia de que o sujeito não muda a sua concepção espontânea para uma concepção

científica por conta do ensino de ciências na escola, nem abandona a primeira para aderir totalmente à segunda (MORTIMER, 2001; LAGO, 2013). Ainda que não tenhamos avançado, nesta tese, para o estudo das relações entre conceitos espontâneos e científicos por intermédio, por exemplo, do perfil conceitual proposto por Mortimer (1995), as distintas e interrelacionadas dinâmicas de formação de conceitos científicos e espontâneos, propostas por Vigotski (2009), se mostraram adequadas para que fosse possível perceber a convivência das concepções científicas e espontâneas nos sujeitos; o fato de que elas não competem diretamente, mas se influenciam mutuamente no processo de formação de conceitos; que a manutenção de concepções espontâneas é inerente ao processo de constituição dos indivíduos e não é perniciosa para o ensino de ciências, pois a elevação dos conceitos espontâneos ao plano da consciência e da arbitrariedade auxilia a formação de conceitos científicos no ambiente escolar.

Assim, a consciência sobre os conceitos espontâneos e o movimento descendente dos conceitos científicos ao plano da experiência e da concretude caracterizam as dinâmicas de formação de conceitos científicos e espontâneos, conforme defendido por Vigotski (2009) e observado na análise de dados realizada (*Atividades 2, 3 e 4*). Também identificamos que a ocorrência ou não de tais dinâmicas foi um fator central que contribuiu para os alunos serem capazes ou não de resolver uma questão coletivamente, nas *Atividades 3 e 4*. Ainda que esta tese não tenha como objetivo específico o estudo da formação de conceitos, essa temática foi abordada quando pertinente, pois, além de coerente com a perspectiva vigotskiana, entendemos que ela se relaciona fortemente à aprendizagem de ciências.

Diante do exposto sobre aspecto (i), entendemos que retomadas de *habilidades, conhecimento metacognitivo e conceitos espontâneos elevados ao plano da consciência e da arbitrariedade* são importantes como indícios de outros tipos de aprendizagens, possíveis e relevantes de serem desencadeadas no contexto do ensino de Física escolar.

Passando ao papel da *memória afetivo-vivencial*, no aspecto (ii), foram retomados por ela *sentimentos e sensações, atividades realizadas em aula e conhecimento espontâneo*. Nossos resultados nos permitem afirmar que o conteúdo da *memória afetivo-vivencial* fornece elementos importantes para conhecer as percepções dos estudantes sobre o processo de ensino e aprendizagem. Assim, ainda que essa memória não revele

diretamente indícios de aprendizagem nas suas mais variadas formas, as retomadas pela *memória afetivo-vivencial* auxiliam na compreensão dos modos por intermédio dos quais o sujeito é afetado pelas relações que estabelece com o outro e com o conhecimento na sala de aula de Física, os quais influenciam fortemente sua aprendizagem ao longo do tempo.

No que se refere aos *elementos mediadores*, é importante registrar que o seu papel central para esta tese não havia sido previsto inicialmente por nós. Foi pela interação com os dados, durante o processo de análise e considerando a pesquisa como interação discursiva (MARTINS, 2007), que percebemos a necessidade de utilizá-los. Os *elementos mediadores* se mostraram essenciais como construtos de pesquisa, para se ter indícios do processo de aprendizagem em sua relação com o ensino, ao longo de diferentes momentos.

Percebemos também que a variedade de *elementos mediadores* identificados está relacionada à perspectiva de ensino do professor. Fazemos essa consideração porque muitos dos *elementos mediadores* (*exemplos dados por alunos, interação aluno-aluno, interação professor-aluno* e várias das *atividades realizadas em aula*) poderiam estar presentes com menor frequência ou mesmo estar ausentes em perspectivas de ensino associadas ao que se costuma chamar de ensino tradicional. Analogamente, o ensino tradicional poderia incluir menos elementos mediadores, maior frequência em alguns deles (*nomes dos assuntos estudados, leis físicas, modelos matemáticos, livro didático*) ou outros elementos que não foram identificados nesta tese.

Nossos resultados indicam também que a presença da *experimentação*, da *relação com o cotidiano*, da *interação professor-aluno* e da *interação aluno-aluno* entre os *elementos mediadores* afeta, em geral, positivamente os alunos, permitindo retomadas pelas duas memórias identificadas.

Tais conclusões não são inéditas, pois a literatura da área de ensino de ciências já as aponta em muitos outros contextos (ARAÚJO e ABIB, 2003; PIERSON, 1997). Todavia, é interessante perceber que a interpretação que fizemos para chegar a esses elementos estava baseada, em muitos momentos, em dados fornecidos de forma consciente pelos estudantes. Por exemplo, na questão da *relação com o cotidiano* como algo importante para a aprendizagem, verificamos que o professor utilizou essa relação

em suas explicações, as quais os alunos retomaram um ano depois, ao mencionarem o que consideravam ter aprendido. Os próprios estudantes também afirmaram que associar o que aprendiam em aula com seu cotidiano os ajudava a aprender.

Além disso, no que se refere à importância da experimentação, entendemos que detalhamos a literatura já existente nessa temática (GIORDAN, 1999; BINSFELD e AUTH, 2011) na medida em que, dada sua grande menção, direta ou indiretamente, pelos estudantes, foi possível mapear aspectos dos experimentos retomados por eles. Ao longo do tempo, a *descrição do experimento* foi muito mais mencionada pelos estudantes, em suas falas espontâneas, do que a *explicação do fenômeno* presente no experimento. Os *elementos mediadores* específicos da descrição do experimento, identificados tanto na tese quanto no estudo piloto, foram os seguintes: *material usado no experimento*; *descrição do arranjo experimental*; *procedimento experimental utilizado*; *fenômeno observado*; *analogia do experimento com uma situação cotidiana*; *objetivo do experimento*; *problema colocado pela atividade investigativa*.

A valorização da descrição do experimento pelos estudantes reafirma a importância da visualização de fenômenos no ensino de Física, mas também nos permite questionar: por que os alunos não avançaram, na maioria dos dados analisados, para a explicação do fenômeno observado no experimento descrito?

Uma hipótese que formulamos é a de que o apelo visual do experimento é tão forte que, ao longo do tempo, é aquilo que os estudantes primeiramente retomam. Dependendo da necessidade da tarefa solicitada e das mediações dos outros alunos e do professor no momento da retomada, os estudantes podem caminhar em direção à explicação do fenômeno, utilizando leis e modelos físicos.

Sobre os pontos de aproximação entre as *memórias científico-afetiva* e *afetivo-vivencial*, destacamos o papel das *atividades realizadas em aula*, pois entendemos que nossos resultados podem gerar implicações para se pensar o ensino de ciências. Uma mesma atividade (*Atividade A: Está com febre?*) foi identificada como conteúdo presente na *memória afetivo-vivencial*, no caso da fala da Aluna 1, na *Atividade 1*, e também como *elemento mediador da memória científico-afetiva*, no caso do texto escrito pelo Grupo 4, na *Atividade 1*. No primeiro caso, ocorreu a retomada da atividade em si, sem nenhuma relação mais estreita com o *conhecimento científico escolar* vinculado a ela. Já no

segundo, foi por intermédio da atividade que o *conhecimento científico escolar* foi retomado.

Essa diferenciação é central, pois evidencia que uma mesma atividade realizada em aula pode influenciar os estudantes de diferentes formas. Tal fato nos leva a refletir sobre a prática docente em sala de aula, pois, em geral, tendemos a “uniformizar” os impactos das atividades propostas aos estudantes, acreditando que elas podem simplesmente contribuir ou não, de forma absoluta, para a aprendizagem, sem considerar a forma como isso pode acontecer. Ademais, se uma única atividade tem diferentes implicações para as retomadas (algumas mais relacionadas à aprendizagem de conhecimentos e habilidades, para alguns alunos, e outras menos, para outros estudantes), uma possibilidade é considerar que proporcionar aos alunos uma variedade de atividades de aprendizagem inicial e de retomada oferece a eles mais possibilidades de que sejam afetados positivamente por algumas delas.

Por exemplo, se o professor utiliza somente a leitura do livro didático como atividade em sala de aula, tal atividade somente contribuirá para a aprendizagem da parcela dos alunos que é afetada positivamente por ela. Ao combinar a leitura do livro didático com a realização de experimentos ou com a resolução de problemas em pequenos grupos, mais oportunidades serão dadas aos outros estudantes para que estabeleçam relações afetivas positivas com as atividades propostas, relações essas que acreditamos que, de alguma forma, podem contribuir para as retomadas pelas memórias.

Na análise geral que fizemos sobre a perspectiva de ensino do docente da turma investigada, foi possível perceber que, para além das atividades investigativas aplicadas, ele propôs outras estratégias (resolução de problemas em grupo, leitura do livro didático, seminário, leitura de texto histórico, discussões com toda a turma, entre outros). Além de serem coerentes com a perspectiva do ensino por investigação, acreditamos que tais atividades podem ter contribuído para afetar positivamente diferentes estudantes, em distintos momentos.

Em resumo, no que se refere às retomadas pelos dois tipos de memória identificados, entendemos que todas elas devem ser consideradas válidas e integrando a constituição afetivo-cognitiva dos estudantes. No entanto, não negamos a necessária

ênfase que o ensino de Física deve dar à *memória científico-afetiva*, pois a aprendizagem de Física permanece sendo nosso objetivo central.

Subjacente a esse último entendimento e considerando os resultados desta tese, o grande questionamento de fundo que trouxemos (de nossa prática docente e desde o início desta investigação) para problematização pode ser reelaborado do seguinte modo: *como fazer para afetar positivamente os estudantes de forma que haja retomadas, ao longo do tempo, não só pela memória afetivo-vivencial, mas também pela memória científico-afetiva? Que elementos mediadores podem estar envolvidos nesse processo? Como fazer para que conhecimentos e habilidades permeiem a memória científico-afetiva e sejam apropriados de forma adequada pelos estudantes?*

Entendemos que este trabalho pode trazer algumas contribuições ou possibilidades de resposta a essas questões. Uma primeira delas é a consideração de que a perspectiva do ensino por investigação pode colaborar para retomadas, ao longo do tempo, tanto pela *memória afetivo-vivencial* como pela *memória científico-afetiva*.

Mesmo que, para Sá, Lima e Aguiar (2011), o termo *ensino por investigação* não seja consensual entre os pesquisadores da área de ensino de ciências, há uma vasta literatura, tanto nacional como internacional, que considera o ensino por investigação como uma perspectiva de ensino que pode potencializar a aprendizagem de ciências e sobre ciência dos estudantes (AZEVEDO, 2004; SANDOVAL, 2005; ABD-EL-KHALICK et al., 2004). Entendemos que esta tese avança ao evidenciar que, também ao longo do tempo, são verificados indícios de aprendizagem de conhecimentos e habilidades por parte de estudantes que tiveram contato com essa perspectiva de ensino.

Conforme analisado anteriormente, um exemplo disso foi observado na *Atividade 1*, quando o grupo 5 forneceu, em 2013, uma explicação cientificamente adequada sobre o isolamento térmico provocado por um casaco de lã. Inicialmente, em 2012, a Aluna 7, integrante de grupo 5, expressou, durante uma discussão sobre o tema com o professor e toda a turma, uma concepção espontânea sobre essa temática, que foi desenvolvida em perspectiva investigativa pelo docente até a síntese com a explicação científica do fenômeno. Não queremos afirmar com isso que existiu uma relação direta de causa e efeito entre os dois momentos, mas não podemos desconsiderar em nossa argumentação esse exemplo que conseguimos construir com os dados.

Outra evidência da importância do ensino por investigação para a aprendizagem pode ser verificada pelo grande número de menções dos estudantes, tanto pela *memória científico-afetiva* como pela *memória afetivo-vivencial*, aos experimentos realizados em perspectiva investigativa. Muitos alunos consideraram também, de forma explícita, por intermédio da metacognição, que a realização de experimentos auxiliou suas aprendizagens. Ademais, houve exemplos que interpretamos como sendo de estabelecimento de *relação afetiva positiva* com *experimentos realizados sob perspectiva investigativa*. Foi o que ocorreu no episódio de investigação da Aluna 16, quando verificamos que ela tinha desenhado, descrito e explicado corretamente, em uma avaliação, o experimento sobre condução térmica realizado e discutido em sala de aula, retomando *conhecimento científico escolar* por intermédio da *memória científico-afetiva*. Entendemos que essa última consideração implica em que podemos considerar que a perspectiva de ensino do professor influencia o tipo de relação afetiva que os alunos estabelecem com o conhecimento e com as situações de aprendizagem em sala de aula.

No que tange ao conceito de afetividade utilizado nesta tese, ele se fez útil para evidenciar que aspectos cognitivos e afetivos permeiam os processos de ensino e aprendizagem de Física ao longo do tempo, e que relações afetivas positivas auxiliam o envolvimento nas atividades propostas aos estudantes e, em última análise, as retomadas. Um exemplo que ilustra essa afirmação pôde ser obtido por contraste, na *Atividade 3*, na qual a Aluna 1, após ser ironizada pelos colegas por um equívoco que cometeu, deixou de interagir verbalmente com o grupo. Ao realizar a *Atividade 4*, que propunha uma reflexão sobre a *Atividade 3*, ela não informou que os colegas a tinham auxiliado na resolução da questão, ainda que ela tenha ouvido as discussões travadas no interior do grupo e as orientações da pesquisadora. Em outras palavras, seu envolvimento na *Atividade 3* foi bastante influenciado por essa relação afetiva negativa com a situação vivenciada com os colegas de grupo.

Ao refletirem sobre suas aprendizagens, os alunos atribuíram relativo protagonismo ao professor e à sua perspectiva de ensino, no que se refere àquilo que colaborou para que eles aprendessem. Eles, em pouquíssimos casos, mencionaram a si mesmos como importantes no processo ou aos colegas como tendo auxiliado em suas aprendizagens, por intermédio de discussões, trabalho coletivo, etc. Mesmo com muitos

exemplos de explicitação de conhecimento metacognitivo por parte dos estudantes, as *relações afetivas positivas* estabelecidas com o professor e a cultura escolar, fortemente centralizada na figura do professor, podem ter levado ao apagamento dos alunos do processo. Ainda que o estudante pareça não ter se reconhecido como sujeito agente no processo de ensino e aprendizagem desencadeado no contexto investigado, nossa observação participante nos permitiu concluir que os alunos eram ativos nesse processo e, por vezes, atuaram como parceiros mais capazes uns para os outros.

No que se refere a nosso entendimento sobre o papel do docente da turma investigada, pensamos que as relações afetivas positivas estabelecidas entre ele e os estudantes em 2012 ajudaram também à formação de um ambiente mais propício às retomadas de 2013. De acordo com Efklides (2006, p. 8), “afeto positivo, por um lado, ameniza o esforço feito pela pessoa e, por outro lado, aumenta o interesse e o sentimento de vinculação, apoiando, desse modo, engajamentos futuros na mesma atividade ou em atividades similares”.

A presença física desse professor em sala de aula nos pareceu um elemento importante para contextualizar as memórias dos estudantes e até mesmo suscitar retomadas. Ademais, a sua consciência do que foi trabalhado previamente pode ter facilitado a condução das atividades de retomada e a proposição de novos questionamentos aos alunos.

Sobre a necessidade desta pesquisa de promover situações em que os alunos fossem levados a utilizar e a refletir sobre o que lhes foi ensinado no ano anterior, elaboramos um conjunto de atividades, validadas no estudo piloto e/ou por pares, que consideramos adequado a nossos objetivos de pesquisa. As novas atividades propostas aos estudantes foram momentos em que puderam, de alguma forma, dar visibilidade ao que aprenderam e retomar alguma ideia ou situação com a qual já tinham tido contato há algum tempo.

De acordo com Vigotski (2009), na adolescência, lembrar alguma coisa significa reconhecer o que uma tarefa exige que seja encontrado na memória. Se os alunos conseguem identificar aquilo que a atividade solicita deles, os fenômenos presentes na questão, os conceitos a eles relacionados e as leis ou princípios que descrevem tal situação, entendemos que se inicia a mobilização daquilo que consideramos que foi apropriado ou que está em processo de apropriação por eles. É interessante notar que não

repetimos as mesmas atividades iniciais, pois, desse modo, poderíamos induzir ou provocar nos alunos uma mera repetição literal do que foi feito ou comentado no ano anterior.

Ainda que nem todas as atividades tenham sido utilizadas para análise, devido ao recorte que fizemos, entendemos que a sequência de atividades realizadas pelos estudantes foi essencial para as retomadas que verificamos pelos instrumentos considerados. Fazemos essa consideração porque diferentes momentos da coleta de registros final apareceram no episódio de investigação relativo à Aluna 16. Em outras palavras, uma mesma temática foi retomada por ela, mesmo um ano depois, de diferentes modos (com os colegas do grupo, pela reflexão no questionário individual, entre outros), o que possivelmente não ocorreria com a aplicação de um único instrumento de coleta diretamente, sem um ambiente já preparado ou que desse sentido às retomadas. A preparação desse contexto favorável, sobretudo considerando-se o tempo de um ano entre as atividades iniciais e as de retomada, foi algo que consideramos para planejar as atividades e sua sequência. Assim, esses resultados nos permitem afirmar que as atividades propostas para a retomada do que foi ensinado influenciam a ocorrência de tais retomadas e a forma como os alunos retomam conhecimentos e habilidades ao longo do tempo.

Sobre relações entre as retomadas identificadas em nossa análise e indícios de apropriação de conhecimento científico escolar de forma adequada às expectativas sociais da sala de aula e do contexto escolar, foi possível identificar em nossa análise de dados (i) a presença de conhecimentos compatíveis com o *conhecimento científico escolar* nas falas espontâneas dos estudantes e nos textos escritos em grupo (*Atividade 1*); (ii) a mobilização de habilidades, a presença de conhecimentos compatíveis com o *conhecimento científico escolar* e a *consciência sobre os conceitos espontâneos* explicitadas nas falas de alguns estudantes (*Atividade 3*); (iii) o sentido pessoal atribuído ao conhecimento pela Aluna 16, devido à forma como elaborou, resolveu (adequadamente) a questão que propôs e justificou a sua elaboração (*Atividade 6*). Por tudo isso, defendemos que as retomadas, pela *memória científico-afetiva*, um ano após os primeiros contatos dos estudantes com assuntos relativos à Física Térmica, podem ser

interpretadas como indícios de aprendizagem por intermédio da apropriação de conhecimentos e da mobilização de habilidades.

Diante do exposto, passamos a mencionar algumas implicações deste trabalho, tanto para a própria pesquisa em ensino de ciências como para o ensino de forma geral, para o professor ou futuro docente de Física.

Considerando os resultados da pesquisa, defendemos que é muito pouco provável que os alunos não se lembrem de nada das aulas de Física do ano anterior. Ao menos uma situação, uma vivência, um sentimento ou sensação deve poder ser retomado pela *memória afetivo-vivencial*, tal como a definimos. Fazemos essa consideração com base na perspectiva vigotskiana, segundo a qual os sujeitos se constituem historicamente por intermédio das relações que estabelecem com o outro (que pode ser físico ou simbólico), em seu ambiente social e cultural. Em outras palavras, os sujeitos se apropriam de conhecimentos, de formas de ser e estar no mundo, de agir nele e pensar sobre ele, ou seja, se modificam internamente, por intermédio de interações que ocorrem primeiramente no plano interpessoal. Sendo assim, o indivíduo é afetado, de alguma forma, por essas relações. Associamos essas “marcas” que ele leva impressas aos aspectos afetivos (*relações afetivas positivas e negativas*), os quais inferimos que atuam como *elementos mediadores da memória* enquanto função psicológica superior, possibilitando a ocorrência de retomadas. Assim, os alunos podem não expressar aquilo de que se lembram ou considerar que suas retomadas não atendem às expectativas sociais, mas mostram-se capazes de realizar algum tipo de retomada, mencionando o *conhecimento científico escolar* ou não, e com distintos graus de profundidade e complexidade.

Além disso, essa consideração baseia-se também em um argumento de caráter empírico. Não observamos (em nosso contexto de investigação), mesmo nos grupos não analisados nesta tese, mas que foram considerados para a seleção do pequeno grupo investigado, nenhuma situação em que não tenha havido algum tipo de retomada pelos estudantes, tanto pela *memória científico-afetiva* como pela *memória afetivo-vivencial*.

Esses resultados diferem, em parte, dos obtidos no trabalho de Carvalho e Gil-Pérez (2001), que estudaram retomadas de assuntos de Física, em longo prazo, feitas por profissionais liberais que não tiveram contato com essa ciência em seus cursos de

graduação. Mais de 70% deles disse não se lembrar de nada das aulas ou apenas os nomes dos assuntos estudados.

Entendemos que essa diferenciação com relação ao que foi obtido por nós se deve a alguns fatores: os distintos tempos decorridos para as retomadas; os contextos diferentes (estudantes em ambiente escolar e adultos no mundo do trabalho); as diferentes relações dos sujeitos investigados com a Física (alunos que cursam a disciplina na escola e adultos que possivelmente não utilizam essa ciência em seu cotidiano de forma consciente) e, sobretudo, a diferença entre os tipos de atividades propostas para as retomadas (atividades de sensibilização, de reflexão, algumas individuais, outras coletivas e proposição de problemas em oposição a entrevistas individuais).

No entanto, um resultado é comum às duas pesquisas: a presença da afetividade e da metacognição nas retomadas, pois os entrevistados do trabalho de Carvalho e Gil-Pérez (2001) mencionaram que gostaram muito de seus professores e que achavam que eles ensinavam bem. Assim, parece que os aspectos afetivos e os entendimentos das pessoas sobre o processo de ensino e aprendizagem são retomados ainda que bastante tempo após a escolarização, o que nos permite fazer a hipótese de que, ao longo do tempo, a *memória afetivo-vivencial* passa a ter um papel central nas retomadas. Tal fato nos permite corroborar com o entendimento de Carvalho e Gil-Pérez (2001) sobre o papel do ensino de Física e recontextualizar um questionamento levantado anteriormente nesta tese: *como fazer, então, para afetar positivamente os estudantes de forma que haja retomadas, ao longo do tempo, não só pela memória afetivo-vivencial, mas também pela memória científico-afetiva?*

Sobre outras implicações para o ensino de ciências, o fato de a *memória científico-afetiva* poder abarcar não apenas o *conhecimento científico escolar* relaciona-se diretamente a uma alteração na compreensão que se tem habitualmente sobre a aprendizagem de Física e, conseqüentemente, no entendimento dos objetivos e das finalidades do ensino dessa ciência na escola. Com base em nossos resultados, defendemos que o ensino de Física deve contemplar, além da aprendizagem de *conhecimento científico escolar*, o desenvolvimento de *habilidades*, da *consciência sobre o conhecimento espontâneo* e de *conhecimento metacognitivo*. Conseqüentemente, nessa

perspectiva do que pode ser aprendido nas aulas de Física, a avaliação da aprendizagem deve ser repensada, de forma a contemplar tais aspectos.

Ainda que as atividades de retomada utilizadas nesta tese tivessem como objetivo fornecer indícios de aprendizagem (ou não) por parte dos estudantes, e não avaliar diretamente, com algum juízo de valor, os alunos, entendemos que elas podem ser utilizadas com caráter avaliativo em muitos contextos. Assim, considerando esse fato, entendemos que nossos resultados possibilitam também mais reflexões acerca das formas de avaliação tradicionalmente praticadas nas aulas de Física.

Frequentemente, as atividades avaliativas não consideram que o ambiente que se cria para as retomadas influencia naquilo que os estudantes apresentam como resultado de suas aprendizagens. Ademais, a demanda da tarefa solicitada muitas vezes leva em conta apenas alguns dos aspectos da aprendizagem de Física, o que, na maioria das vezes, privilegia os alunos que se sentem mais confortáveis com aquele tipo específico de avaliação. Por exemplo, em uma perspectiva de *ensino tradicional*, o aluno que tem facilidade de realizar cálculos consegue, em geral, melhores resultados do que outro que tem mais familiaridade com os aspectos conceituais da Física.

No que se refere à prática do professor em sala de aula, nossos resultados apontam que a realização de atividades de caráter metacognitivo pode auxiliar o docente a conhecer os processos por intermédio dos quais os alunos aprendem, suas dificuldades e suas percepções sobre como se relacionam com as atividades propostas. Ademais, o estudo sobre *elementos mediadores* desenvolvido nesta tese aponta para o fato de que conhecer os *elementos mediadores* presentes nas retomadas feitas pelos estudantes pode auxiliar o docente a elaborar seu ensino de modo a afetá-los positivamente.

Passando a refletir sobre a pesquisa realizada, pensamos que uma limitação do estudo que desenvolvemos foi não ter explorado o conceito vigotskiano de ZDP e suas relações com as demais zonas por ele formuladas. A forma como fomos sendo impregnados pelos dados e como a análise foi conduzida acabou direcionando nossa atenção para outros elementos teóricos, mas pesquisas futuras sobre os mesmos dados podem ser feitas articulando, por exemplo, os *elementos mediadores* à ZDP.

Os aspectos metodológicos envolvidos nesta tese se mostraram adequados aos objetivos da pesquisa e contribuíram fortemente para minha formação enquanto

pesquisadora, em especial, no que se refere à observação participante realizada no trabalho de campo. Desenvolvimento de formas de coleta e organização de registros, de sistemática de observação e de atuação como observadora participante foram algumas das habilidades desenvolvidas para dar conta da coleta de registros necessários à pesquisa.

No que se refere à análise de dados, é importante destacar que não tínhamos o interesse nem a pretensão de estabelecer relações diretas e imediatas de causa e efeito entre dados dos momentos iniciais de aprendizagem e das atividades de retomada.

Primeiramente, temos consciência de que múltiplas são as variáveis que influenciam o processo de ensino e aprendizagem, tanto as de caráter sócio-histórico-cultural mais imediato como as de caráter individual do sujeito, as quais ele construiu ao longo da história de suas relações com o mundo e com os outros. Ainda que tenhamos realizado observação participante ao longo de um semestre letivo na sala de aula investigada, não conhecemos muitas das interações que podem ter existido entre os alunos e deles com o professor e com o conhecimento científico (como, por exemplo, aquelas estabelecidas por intermédio de estudos em casa e com os amigos, de leituras extraclasse e das variadas possibilidades de acesso a veículos de informação e comunicação existentes nos dias de hoje).

Além disso, entendemos que os indivíduos investigados, por mais que sejam os mesmos nas duas coletas, sofreram mudanças e transformações em relação ao ano letivo anterior. Isso se deve à nossa compreensão de que os indivíduos se constituem no discurso e de que “as interações sociais são consideradas essenciais para a aprendizagem, para a constituição dos sujeitos e para a construção dos sentidos em geral” (MARTINS, 2007, p. 298).

Em outras palavras, se as interações sociais influenciam a constituição dos sujeitos, os alunos, por intermédio delas, foram se modificando ao longo do período de aproximadamente um ano decorrido entre os momentos iniciais de observação e as atividades finais. De acordo com Galvão (2001), o sujeito está sempre (e necessariamente) em permanente (re)construção.

A ideia de que o ser humano se constrói na interação social, no confronto com o outro, traz importantes consequências para a compreensão, na escola, dos sujeitos em formação e de seus processos. Sujeitos concretos e contextualizados, os alunos têm na escola e na família, dentre outros ambientes

concretos ou simbólicos com os quais interagem, meios nos quais se constituem. (GALVÃO, 2001, p. 27)

A forma de ser e de pensar dos alunos, sua relação com o conhecimento e com aquilo que conseguiram (ou não) aprender estão sempre em um processo dinâmico de transformação, do qual tentamos nos aproximar, de algum modo e em certa medida, por intermédio desta tese.

A análise realizada, de forma geral, tentou indicar algum aspecto ainda não considerado, fazer uma inferência ainda não pensada por outros pesquisadores, em suma, teve como objetivo geral contribuir, de algum modo e em alguma medida, para a ampliação do conhecimento científico na área de ensino de ciências, finalidade básica de uma tese neste campo. O modo como ela foi estruturada permitiu que fossem observados, em diferentes âmbitos de análise e considerando variadas atividades, elementos teóricos comuns ou complementares, os quais acabaram, por vezes, se repetindo ao longo do texto. Nossa intenção, ao construir a tese dessa forma, foi justamente fortalecer nossa argumentação mediante não a quantidade de dados identificados, mas sim pela explicitação de dados que evidenciassem nossas interpretações teóricas nas mais variadas situações analisadas.

Sobre perspectivas futuras de aprofundamento desta tese, é possível, com os dados de que dispomos, ampliar a análise das interações discursivas que se deram no âmbito do pequeno grupo, como fizemos em trabalhos anteriores (MAXIMO-PEREIRA, 2013). Nesta tese, não consideramos alguns aspectos importantes de tais interações, que defendemos que podem ser abordados em investigações posteriores, como, por exemplo: o papel da argumentação no processo de apropriação de conhecimento científico escolar e sua relação com o desenvolvimento de habilidades; os tipos de relações entre os estudantes e deles com o professor e a pesquisadora; a promoção da alfabetização científica na aprendizagem ao longo do tempo, entre outros.

Pensamos que mais aprofundamentos poderiam ser realizados, por exemplo, com a elaboração de mais um episódio de investigação, de algum aluno que não tenha tido o mesmo êxito demonstrado pela Aluna 16. Todavia, por conta do recorte e extensão desta pesquisa, pretendemos dedicar-nos a essa questão em trabalhos futuros, com os mesmos registros de que já dispomos.

Dado que a perspectiva sócio-histórico-cultural permeou todas as análises, o que envolve uma concepção ampliada do sujeito e de sua relação com o outro e o mundo, estivemos sensíveis às características do contexto (daí algumas descrições por vezes longas), o que nos parece coerente com a abordagem vigotskiana, já que,

vale dizer especialmente que Vigotski não reconhecia a presença de alguma realidade separada, que incluía apenas o professor e a criança. Ele destacou e estudou o entorno social dinâmico que conecta o professor e a criança (ou seja, os outros adultos e crianças com quem determinada criança realmente vive e interage). (DAVYDOV, 1995, p. 17⁴³ apud DANIELS, 2003, p. 43)

Essa descrição do contexto de ensino e aprendizagem que investigamos é essencial para que se conheçam as condições de produção dos registros coletados e que se estabeleçam relações entre tais registros. Portanto, entendemos que este trabalho abre a possibilidade de um aprofundamento metodológico-analítico no sentido de considerar aspectos da análise do discurso aplicada à pesquisa em ensino de ciências nas análises realizadas (PINHÃO e MARTINS, 2009; SILVA e ALMEIDA, 2001). Tentamos nos aproximar desta concepção entendendo a pesquisa como interação discursiva (MARTINS, 2007), indo mais além do dado, do que foi dito ou escrito, buscando problematizar sempre nossos resultados, fugindo das primeiras impressões.

Por exemplo, na *Atividade 1*, os dados escritos e os provenientes da discussão no pequeno grupo se mostraram complementares e igualmente importantes para análise. O texto escrito expressava as sínteses do que os grupos discutiram, o que nos forneceu a possibilidade de ter uma noção geral das retomadas feitas pela turma como um todo. Muitos grupos escreveram textos com *conhecimento científico escolar* usado de forma adequada. Contudo, as falas dos estudantes no grupo analisado clarificaram que, muitas vezes, a escrita de uma única palavra ou expressão na folha (como foi o caso de *dilatação* e *correntes de convecção*), sem explicações adicionais escritas, não era uma mera menção ao *nome do assunto estudado*, impressão inicial que poderíamos ter. Ao contrário, o texto escrito, ainda que reduzido ao *nome do assunto estudado*, estava carregado de conhecimentos compartilhados coletivamente, de discussões acirradas e de múltiplos sentidos atribuídos pelos estudantes. Podemos formular a hipótese de que, no caso específico dessa temática, mencionada por intermédio da dilatação anômala da água,

⁴³ DAVYDOV, V. V. The influence of L. S. Vygotsky on Education Theory, Research and Practice. *Educational Research*, n. 24, v. 3, p. 12-21, 1995.

a discussão no grupo tenha sido tão intensa que seria pouco provável que os alunos conseguissem relatá-la na folha, já que a orientação da própria atividade indicava a escrita de sínteses na forma escrita.

Mesmo considerando problematizações desse tipo sobre os dados, temos consciência de que precisamos avançar muito mais, considerando elementos teóricos específicos da análise do discurso, para ampliar as análises e considerações feitas nesta tese.

Refletindo sobre o desenvolvimento geral da pesquisa, entendemos que a articulação de nossos elementos teóricos de base nos possibilitou compreender o processo de aprendizagem de Física ao longo do tempo e algumas de suas relações com o ensino, que podem ser aprofundadas em trabalhos futuros, pois são extremamente relevantes para a pesquisa em ensino de Física. Ademais, pesquisas posteriores podem ser feitas dedicando-se a investigar a prática pedagógica ou a perspectiva de ensino do docente da turma analisada, estudo que nos parece que pode contribuir para a pesquisa em formação de professores.

Diante de todo o exposto, defendemos a tese de que *a aprendizagem de Física ao longo do tempo, na perspectiva do ensino por investigação, é influenciada e permeada por memórias mediadas, as quais envolvem aspectos cognitivos, afetivos e metacognitivos e são formadas e acessadas por elementos mediadores*. Entendemos que a própria realização desta pesquisa, considerando tudo que ela envolve (leituras, discussões no grupo de pesquisa, orientações, trabalho de campo, desenvolvimento de atividades), e a própria escrita de seu relato foram *elementos mediadores* essenciais entre nós e o conteúdo desta tese, com suas limitações e avanços. Tudo o que foi aprendido e vivenciado por intermédio deste trabalho já permeia tanto nossa *memória científico-afetiva* como nossa *memória afetivo-vivencial*.

No entanto, após um tempo mais ou menos longo, muito possivelmente algumas das afirmações aqui colocadas ou das ideias defendidas neste texto, ao serem retomadas pelas memórias, serão alteradas, ampliadas ou revistas, por nós ou por outros pesquisadores. Esse aspecto não desvaloriza o esforço empreendido; ao contrário, evidencia o caráter dinâmico e transitório do conhecimento científico e é coerente com a perspectiva sócio-histórico-cultural que defendemos. O sentimento de inacabamento

desta tese, de incompletude e o permanente processo de construção de nós mesmos, de elaboração de perguntas e de movimentos de busca de possíveis respostas é o que nos mantém vivos, tanto para a docência quanto para a pesquisa em ensino de ciências, como em nossa própria vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD-EL-KHALICK, F.; BOUJAOUDE, S.; DUSCHL, R. A.; HOFSTEIN, A.; LEDERMAN, N. G.; MAMLOK, R.; NIAZ, M.; TREAGUST, D.; TUAN, H. Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, v. 88, n. 3, p. 397-419; 2004.

ABIB, M. L. V. S. A pesquisa em ensino de física e a sala de aula: articulações necessárias na formação de professores. In: Nilson Marcos Dias Garcia; Ivanilda Higa; Erika Zimmermann; Cibelle Celestino Silva; André Ferrer Pinto Martins. (Org.). *A pesquisa em ensino de física e a sala de aula: articulações necessárias*. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física, 2010, v. 1, p. 227-238.

ABIB, M. L. V. S. Avaliação e melhoria da aprendizagem de Física. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). *Ensino de Física. Coleção Ideias em Ação*. São Paulo: Cengage Learning, 2010, p. 141-158.

ALMEIDA, A. R. S. A emoção e o professor: um estudo à luz da teoria de Henri Wallon. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*. Brasília: Instituto de Psicologia, UNB, v. 13, n. 2, p. 239-249, mai/ago, 1997.

ALMEIDA, S. H. V.; ANTUNES, M. M. A teoria vigotskiana sobre memória: possíveis implicações para a educação. In: 28ª REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO (ANPEd), 2005. Caxambu. Anais da 28ª Reunião Anual da ANPEd. Caxambu: 2005.

ANDRETTA, I.; SILVA, J. G.; SUSIN, N.; FREIRE, S. D. Metacognição e Aprendizagem: como se relacionam?. *PSICO (PUCRS)*. v. 41, n. 1, p. 7-13, 2010.

ARANHA, M. S. F. A interação social e o desenvolvimento humano. *Temas em Psicologia*. v. 1, n. 3, p. 19-28, 1993.

ARANTES, V. A. *A afetividade na escola - Alternativas Teóricas e Práticas*. São Paulo: Summus Editorial, 2003, p. 7-12.

ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, junho, 2003.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org). *Ensino de Ciências*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 19–33, 2004.

AZEVEDO, M. N. Mediação discursiva em aulas de ciências: motivos e sentidos no desenvolvimento profissional docente. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

BACHELARD, G. *O novo espírito científico*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2001.

BAILER, C.; TOMITCH, L. M. B.; D'ELY, R. C. S. Planejamento como processo dinâmico: a importância do estudo piloto para uma pesquisa experimental em linguística aplicada. *Revista Intercâmbio*, v. 24, p. 129-146, 2011.

BARROS, S. S. Reflexões sobre 30 anos da pesquisa em ensino de Física. In: VIANNA, D. M.; PEDUZZI, L. O. Q.; BORGES, O. N.; NARDI, R. (orgs). *Anais do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. São Paulo: SBF, 2002. (CD-ROM, arquivo: SA_1.pdf)

BAUER, M. W.; GASKELL, G. Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático. 7. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008, 516 p.

BELMONT, R. S.; MAXIMO-PEREIRA, M.; LEMOS, E. S. Integrando Física e Educação Física em uma atividade investigativa. In: III ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DO AMBIENTE, 2012. Niterói. Anais do III Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente. Niterói: 2012, p. 1-9.

BERNARDO, J. R. R.; SILVA, V. H. D.; VIANNA, D. M. A Construção de propostas de ensino em Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) para abordagem de temas sociocientíficos. In: Wildson Luiz P dos Santos; Décio Auler. (Org.). *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas*. 1 ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011, v. 1, p. 373-393.

BEZERRA, D. P.; GOMES, E. C. S.; MELO, E. S. N.; SOUZA, T. C. A evolução do ensino da física – perspectiva docente, *Scientia Plena*, v. 5, n. 9, p. 1-8, 2009.

BINSFELD, S. C.; AUTH, M. A. A Experimentação no Ensino de Ciências da Educação Básica: constatações e desafios. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VIII ENPEC) e I Congreso Iberoamericano de Investigación de Enseñanza de las Ciencias (I CIEC), 2011, Campinas. Anais do VIII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências e I Congreso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011. v. 1. p. 1-10.

BLANCO, A.; MORA, F. R. Contexto y enseñanza de la competencia científica. *Alambique*. Didáctica de las Ciencias Experimentales, n. 70, p. 9-18, 2012.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.19, n.3, dez. 2002.

BOSS, S. L. B.; TRINDADE, N. M.; BATAGIN NETO, A; LAVARDA, F. C. Ensino por Investigação: relato de uma experiência pedagógica em Termodinâmica. In: XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2009. Vitória. Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física. Vitória: 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. Exame Nacional do Ensino Médio – Documento Básico – 2000. Brasília: INEP, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais*: ensino médio. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria nº 318 de 22/02/2001 (Dispõe sobre o Exame Nacional do Ensino Médio). Brasília: MEC, 2001.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ ensino médio*: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio*. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2006.

BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v, 10, n. 1, p. 1-22, 2011.

BROWN, A. L. Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. In: GLASER, R. (Org.), *Advances in instructional psychology*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1978, v. 1, p. 77-165.

CACHEFFO, V. A. F. F.; GARMS, G. M. Z. A afetividade nas produções do GT 20 (Psicologia da Educação) da ANPED. In: X CONGRESSO NACIONAL DA PSICOLOGIA ESCOLAR E EDUCACIONAL, 2011. Maringá. Anais do X Congresso Nacional da Psicologia Escolar e Educacional. Maringá: 2011.

CAMARGO, E. P. Comunicação: variável estruturante para a promoção de inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica e eletromagnetismo. In: Nilson Marcos Dias Garcia; Ivanilda Higa; Erika Zimmermann; Cibelle Celestino Silva; André Ferrer Pinto Martins. (Org.). *A pesquisa em ensino de física e a sala de aula: articulações necessárias*. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física, 2010, v. 1, p.157-177.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Atividade de laboratório como instrumento para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. *Revista Pro-Posições*, v. 17, n.1(49), p. 137-153, 2006.

CARVALHO, A. M. P. et al. *Termodinâmica: Um ensino por investigação*. 1. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo – Faculdade de Educação, v. 1, 1999.

CARVALHO A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em sala de aula. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. Editora Unijuí: Ijuí, 2006. p. 13-48.

CARVALHO, A. M. P. Enseñar física y fomentar una enculturación científica. *Alambique*. Didáctica de las Ciencias Experimentales, n. 51, p. 66-75, 2007.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. O Saber e o Saber Fazer do Professor. In: CASTRO, A. D.; CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensinar a ensinar: Didática para a Escola Fundamental e Média*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001, Cap. 6, p. 107-124.

CHACÓN, I. M. G. *Matemática emocional. Os afetos na aprendizagem matemática*. Porto Alegre: Artmed, 2003. 255 p.

CHAMIZO, J. A.; IZQUIERDO, M. Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía. *Alambique*. Didáctica de las Ciencias Experimentales, n. 46, p. 9-17, 2005.

COLEONI, E.; BUTELER, L. Recursos metacognitivos durante la resolución de um problema de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 3, n. 3, p.371-383, 2008.

COLOMBO, F. A. Aquisição da escrita: A Afetividade nas Atividades de Ensino Desenvolvidas pelo Professor. Dissertação de mestrado. Campinas: FE/UNICAMP, 2007.

COSTA, M. A. F.; COSTA, M. F. B. Projeto de Pesquisa: Entenda e Faça. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011. 136 p.

CREPALDE, R. S.; AGUIAR, O. G. A formação de conceitos como ascensão do abstrato ao concreto: da energia pensada à energia vivida. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 18, n. 2, p. 299-325, 2013.

DANIELS, H. *Vygotsky e a pedagogia*. Trad. Milton Camargo Mota. São Paulo: Edições Loyola, 2003. 246p.

DAVIS, C.; NUNES, M. M. R.; NUNES, C. A. A. Metacognição e sucesso escolar: articulando teoria e prática. *Cadernos de Pesquisa*, v. 35, n. 125, p. 205-230, maio/ago. 2005.

DONADON, D. G.; LEITE, S. A. S. Educação de jovens e adultos: as mediações afetivas na mediação pedagógica. In: CONGRESSO DE LEITURA DO BRASIL, 17., 2009, Campinas. Anais do 17º COLE, Campinas, SP.: ALB, 2009.

DUARTE, G. C.; VARGAS, J. A.; MARTÍNEZ, S; CÓRDOBA, X. I.; PEDRAZA, M.; AMAYA, G. F. ¿Qué competencias científicas promovemos en el aula?. *Tecné, Episteme y Didaxis*, n. 20, p. 62-79, 2006.

EFKLIDES, A. Metacognition and affect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process?. *Educational Research Review*. v. 1, p. 3-14, 2006.

ERIKSON, C. L. Children's conceptions of heat and temperture. *Science Education*, v. 63, n. 2, p. 221-230, 1979.

ETKINA, E; KARELINA, A.; RUIBAL-VILLASENOR, M. How long does it take? A study of student acquisition of scientific abilities. *Physics Review Special Topics Physics Education Research*, v. 4, n. 2, p. 1-15, 2008.

FELDER, R. M. A longitudinal study of engineering student performance and retention. IV. Instructional methods and student responses to them. *Journal of Engineering Education*, v. 84, n. 4, p. 361-367, 1995.

FELDER, R. M.; FORREST, K. D.; BAKER-WARD, L.; DIETZ, E. J.; MOHR, P. H. A longitudinal study of engineering student performance and retention. I. Success and failure in the introductory course. *Journal of Engineering Education*, v. 82, n. 1, p. 15-21, 1993.

FIGUEIRA, A. P. C. Metacognição e seus contornos. *Revista Iberoamericana de Educación (Online)*. Disponível em <http://www.rieoei.org/deloslectores/446Couceiro.pdf>, p. 1-20, 2003. (Acesso em 20 de julho de 2012)

FINKEL, D. *Dar clase con la boca cerrada*. Valencia: Publications de la Universitat de Valencia, 2008. 292 p.

FLAVELL, J. H. Metacognitive aspects of problem solving. In: RESNICK, L. B. (Org.). *The nature of intelligence*. Hillsdale, N.Y.: Lawrence Erlbaum Associates, 1976, p. 231-235.

FLAVELL, J. H.; Metacognition and cognitive monitoring. A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, v. 34, n. 10, p. 906-911, 1979.

FLAVELL, J. H. Speculations about the nature and development of metacognition. In WEINERT, F. E.; KLUWE, R. H. (Org.). *Metacognition, motivation and understanding*. Hillsdale, N. Y.: Lawrence Erlbaum Associates, 1987. p. 21-29.

FLAVELL, J. H.; MILLER, H. P.; MILLER, S. A. *Desenvolvimento cognitivo*. Porto Alegre: Artmed, Trad. Claudia Dornelles, 1999. 341p.

FREIRE, P. *A importância do ato de ler: em três artigos que se completam*, São Paulo: Cortez & Autores Associados, 1989.

FREIRE, P. *Professora sim, tia não*. Cartas a quem ousa ensinar. 6. ed. São Paulo: Olho d'água, 1995. 127 p.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências?. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

GALVÃO, I. Expressividade e emoção: ampliando o olhar sobre as interações sociais. *Revista Paulista de Educação Física*, supl. 4, p. 15-31, 2001.

GALVÃO, I. Expressividade e emoções segundo a perspectiva de Wallon. In: Valéria Amorim Arantes. (Org.). *A afetividade na escola - Alternativas Teóricas e Práticas*. São Paulo: Summus Editorial, 2003, p. 71-88.

GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. A dimensão epistemológica da noção de problema na obra de Vigotski: implicações no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.17, n.1, p. 59-79, 2012.

GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. O papel do problema no ensino de ciências: compreensões de pesquisadores que se referenciam em Vygotsky. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*. v.15, n. 2, p. 45-63, 2013.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. In: II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (II ENPEC), 1999, Valinhos (SP). Anais do II Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências. São Paulo: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 1999. v. 1. p. 1-13.

GIORDAN, M. *Computadores e linguagens nas aulas de Ciências*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008. 328 p.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Significados dos conceitos da termodinâmica e possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes de Ensino Médio. *Revista Liberato* (Novo Hamburgo), v. 8, p. 7–12, 2007.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Avanços e retrocessos dos alunos no campo conceitual da Termodinâmica. *REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, p. 23–46, 2008.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, London, v. 14, n. 5, p. 541–566, 1992.

IZQUIERDO, I. *Memória*. Porto Alegre: Artmed, 2002. 95 p.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. *10 ideas claves*. Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Graó, 2010. 200 p.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas e metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 3, p. 359–370, 2003.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, S. S. Um estudo a respeito das concepções alternativas sobre calor e temperatura. *Revista Brasileira de Investigação em Educação em Ciências*, v. 2, n. 3, p. 84–96, 2002.

LAGO, L. G. Lua: fases e facetas de um conceito. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

LEITE, S. A. S.; TASSONI, E. C. M. A afetividade em sala de aula: as condições de ensino e a mediação do professor. In.: AZZI, R. G.; SADALLA, A. M. F. A. (Orgs). *Psicologia e Formação docente: desafios e conversas*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2002.

LOCATELLI, R. J. ; CARVALHO, A. M. P. Como os alunos explicam os fenômenos físicos. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra (VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias), Barcelona: 2005.

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.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986. 99 p.

MAHONEY, A. A.; ALMEIDA, L. R. Sentimentos e emoções: um estudo com professores do ensino superior. In: 28ª Reunião Anual da ANPED, 2005, Caxambú. *Anais...* Caxambu: Anped, 2005. p.1-7.

MAIA, P. F. Habilidades investigativas no ensino fundamentado em modelagem. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

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. 431-50, 2008.

MARTINS, I. Dados como diálogo. Construindo dados a partir de registros de observação de interações discursivas em salas de aula de ciências. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e sua metodologias*. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2007, p. 297-321.

MÁRQUEZ, C.; PRAT, A. Favorecer la argumentación a partir de la lectura de textos. *Revista Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales*, v. 63, p. 39- 48, 2010.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MAXIMO, M.; ABIB, M. L. V. S. Habilidades metacognitivas em atividades de resolução de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, v. Extra, p. 2233-2237, 2013.

MAXIMO-PEREIRA, M. *Uma abordagem alternativa para o ensino da dilatação térmica de líquidos no Ensino Médio*. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de licenciatura em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MAXIMO-PEREIRA, M. *“Ufa!! Que calor é esse?! Rio 40 °C” — Uma proposta para o ensino dos conceitos de calor e temperatura no Ensino Médio*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MAXIMO-PEREIRA, M. Dimensões da aprendizagem de Física em médio prazo para os estudantes: um estudo preliminar. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (VIII ENPEC) e I CONGRESO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS (I CIEC), 2011, Campinas. Anais do VIII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências e I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011. v. 1. p. 1-12.

MAXIMO-PEREIRA, M. What do students recall from the inquiry-based teaching?. In: TAŞAR, M. F. (Org.). THE WORLD CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION (WCPE), 2012, Istanbul. Book of Abstracts of The World Conference on Physics Education (WCPE). Ankara: Gazi Üniversitesi, p. 401-401, 2012.

MAXIMO-PEREIRA, M. Some tasks to develop metacognition and evaluate students in Physics classroom. In: GIREP-MPTL International Conference on Teaching/Learning Physics: Integrating Research into Practice, 2014, Palermo. Book of Proceedings of GIREP-MPTL, Palermo: University of Palermo, p. 261-262, 2014.

MAXIMO-PEREIRA, M.; ABIB, M. L. V. S. Ensino por investigação e aprendizagem de conceitos físicos e de habilidades ao longo do tempo. In: XIV ENCONTRO BRASILEIRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA (XIV EPEF), 2012, Maresias - SP. Anais do XIV Encontro Brasileiro de Pesquisa em Ensino de Física (XIV EPEF). São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2012.

MAXIMO-PEREIRA, M.; ANDRADE, V. A. Autoavaliação como estratégia para o desenvolvimento da metacognição em aulas de ciências. In: IV ENCONTRO IBEROAMERICANO SOBRE INVESTIGAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2012, Porto Alegre. Anais do IV Encontro Iberoamericano sobre Investigação em Ensino de Ciências. Burgos: Universidade de Burgos, 2012.

MAXIMO-PEREIRA, M.; ANDRADE, V. A. Elaboração e resolução de questões pelos estudantes: um estudo de caso acerca de aspectos cognitivos e metacognitivos. *Revista Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2014.

MAXIMO-PEREIRA, M.; SOARES, V. Ver TV e aprender Física: um caminho possível. In: 62ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA (SBPC), 2010, Natal. Anais da 62ª Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) Ciências do Mar: herança para o futuro. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2010.

MAXIMO-PEREIRA, M.; SOARES, V. Ver TV para aprender Física: análise e exploração didática de uma reportagem de telejornal. In: Fábio Marques de Souza; Angela Patricia Felipe Gama. (Org.). MÍDIA, LINGUAGEM E ENSINO Diálogos transdisciplinares. 1. ed. São Carlos (SP): Pedro & João Editores, 2012, v. 1, p. 179-2012.

MAXIMO, M.; SOARES, V. Colher de pau vs. colher de metal: potencialidades de uma atividade investigativa para a aprendizagem do conceito de temperatura. *Enseñanza de las Ciencias*, v. Extra, p. 2238-2243, 2013.

MAXIMO-PEREIRA, M.; SOARES, V.; ANDRADE, V. A. Escrita como ferramenta indicativa das possíveis contribuições de uma atividade investigativa sobre temperatura para a aprendizagem. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 6, n. 3, p. 118-132, 2011.

MERCER, N. The seeds of time: why classroom dialogue needs a temporal analysis. *Journal of the Learning Sciences*, v. 17, n. 1, p. 33-59, 2008.

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. *Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador*. 2. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008. 245 p.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, n. 7, v. 1, p. 7-29, 2002.

MOREIRA, M. A. A pesquisa em educação em ciências e a formação permanente do professor de ciências. In: Educação Científica. Alcalá: Universidad de Alcalá, 1999. p. 71-80.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa Crítica. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>, 2010. (Acesso em 06 de abril de 2012)

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*. v. 4, p. 267-285. 1995.

MORTIMER, E. F. Perfil Conceptual: formas de pensar y hablar en las clases de ciencias. *Infancia y Aprendizaje*. v. 24, n. 4, p. 475-490. 2001.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n. 1, 2007.

NAGY SILVA, M. C.; BURIASCO, R. L. C. Análise da produção escrita em matemática: algumas considerações. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 3, p. 499-512, 2005.

NEWMAN, D.; GRIFFIN, P.; COLE, M. *The Construction Zone: Working for Cognitive Change in School*. New York: Cambridge University Press, 1989.

OLIVEIRA, C. M. A.; CARVALHO, A. M. P. Escrevendo em aulas de ciências. *Ciência & Educação*, v. 11, p. 3, p. 347-366, 2005.

OLIVEIRA, J. R. S. A Perspectiva Sócio-histórica de Vygotsky e suas Relações com a Prática da Experimentação no Ensino de Química. *Alexandria* (Revista de Educação em Ciência e Tecnologia), v. 3, n. 3, p. 25-45, nov. 2010.

OLIVEIRA, M. K.; REGO, T. C. Vygotsky e as complexas relações entre cognição e afeto. In: Valéria Amorim Arantes. (Org.). *A afetividade na escola - Alternativas Teóricas e Práticas*. São Paulo: Summus Editorial, 2003, p. 13-34.

OLIVEIRA, M. K. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico*. São Paulo: Scipione, 1997, 112 p.

PEREIRA, D. R. O.; AGUIAR, O. Ensino de Física no nível médio: tópicos de Física Moderna e experimentação. *Revista Ponto de Vista*, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 65–81, dez. 2006.

PIERSON, A. H. C. O cotidiano e a busca de sentido para o ensino de física. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PINHÃO, F. MARTINS, I. A análise do discurso e a pesquisa em ensino de ciências no Brasil: um levantamento da produção em periódicos entre 1998 e 2008. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (VII ENPEC), 2009, Florianópolis. Anais do VII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009. v. 1. p. 1-12.

PINO, A. (mimeo). A Afetividade e vida de relação. Campinas, UNICAMP: FE, 2000.

PINO, A. O biológico e o cultural nos processos cognitivos, em linguagem, cultura e cognição: reflexão para o ensino de ciências. In: ENCONTRO SOBRE TEORIA E PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 1997, Campinas. Anais do Encontro sobre teoria e pesquisa em ensino de ciências. Campinas: UNICAMP, 1997. p. 5-24.

PRIMI, R.; SANTOS, A. A. A.; VENDRAMINI, C. M.; TAXA, F.; MULLER, F. A.; LAKJANENKO, M. F.; SAMPAIO, I. S. Competências e habilidades cognitivas: Diferentes definições dos mesmos constructos. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, n. 17, v. 2, p. 151-159, 2001.

REGO, T. C. Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação. 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2010, 139 p.

RIBEIRO, C. Metacognição: Um Apoio ao Processo de Aprendizagem. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 16, n. 1, p. 109-116, 2003.

RODRIGUES, C. A. F.; MENDES SOBRINHO, J. A. de C. O ensino de Física na escola média: tendências contemporâneas. In: III ENCONTRO DE PESQUISA EM

EDUCAÇÃO DA UFPI, 2004. Teresina. Atas do III Encontro de Pesquisa em Educação da UFPI, Teresina: 2004.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. In: XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2008. Curitiba. Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2008.

ROMER, R. H. Heat is not a noun, *Am. J. Phys.* v. 69, n. 2, p. 107–109, 2001.

ROSA, C. W.; PINHO ALVES, J. Evocação espontânea do pensamento metacognitivo nas aulas de Física: estabelecendo comparações com as situações cotidianas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 1, p. 7-19, 2012.

SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR, O. A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 16, p. 79-102, 2011.

SÁ. E. F.; PAULA, H. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR, O. As Características das Atividades Investigativas Segundo Tutores e Coordenadores de um Curso de Especialização em Ensino de Ciências. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2007. Florianópolis. Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007.

SADROLASHRAFI, M.; RAFA, M. M. Inquiry SKILLS for physics classrooms. In: WORLD CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION (WCPE), 2012, Istambul. Anais da World Conference on Physics Education. Ancara: Gazi Üniversitesi, 2012.

SANTOS, D. B.; SOUSA, M.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. Utilização do Modelo Didático Analógico em aulas de ciências: uma aproximação à prática docente. In: VIII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ (PUCPR) - EDUCERE, 2008, Curitiba. Anais do VIII Congresso Nacional de Educação da PUCPR - EDUCERE. Curitiba: PUCPR, 2008.

SANDOVAL, W. A. Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, v. 89, n. 4, p. 634– 656. 2005.

SARAIVA-NEVES, M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Repensando o papel do trabalho experimental na aprendizagem de física, em sala de aula – um estudo exploratório. *Investigações em ensino de ciências*, Porto Alegre, v. 11, n. 3, dez. 2006.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Escrita e Desenho: Análise de registros elaborados por alunos do Ensino Fundamental em aulas de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 10, n. 2, 2010.

SASTRE, G.; MORENO, M. O significado afetivo e cognitivo das ações. In: Valéria Amorim Arantes. (Org.). *A afetividade na escola - Alternativas Teóricas e Práticas*. São Paulo: Summus Editorial, 2003, p. 129-152.

SILVA, C. C. Em direção a uma efetiva inserção da História e Filosofia no ensino de Ciências. In: Nilson Marcos Dias Garcia; Ivanilda Higa; Erika Zimmermann; Cibelle Celestino Silva; André Ferrer Pinto Martins. (Org.). *A pesquisa em ensino de física e a sala de aula: articulações necessárias*. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física, 2010, v. 1, p. 79-82.

SILVA, E. R. As relações entre cognição e afetividade em LA: a influência de Vygotsky nessa abordagem temática. *SOLETRAS*, São Gonçalo: UERJ, Ano VIII, n. 15, jan./jun. 2008.

SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Contribuições da análise de discurso para a compreensão do funcionamento de imagens em aulas de física. In: III ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (III ENPEC), 2001, Atibaia (SP). Anais do III Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2001. v. 1. p. 1-12.

SMOLKA, A. L. B. O (im)próprio e o (im)pertinente na apropriação das práticas sociais. In: SMOLKA, A. L. B. *Cadernos Cedes - Relações de ensino: análises na perspectiva histórico-cultural*. n. 50, p. 26-40, 2000.

SOLIVERES, M. A.; GUIRADO, A. M.; BIZZIO, M. A.; MACÍAS, A. Intervenciones didácticas en clases de ciencias naturales mediante el uso de estrategias cognitivas y metacognitivas de lectura. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. v. 10, n. 3, p. 420-437, 2011.

TASSONI, E. C. M.; LEITE, S. A. S. Afetividade no processo de ensino-aprendizagem: as contribuições da teoria walloniana. *Educação* (Porto Alegre, impresso). v. 36, n. 2, p. 262-271, maio/ago. 2013.

VALENTE, S. M. P. Parâmetros Curriculares Nacionais e Avaliação nas perspectivas do Estado e da Escola. Marília, 2002. 206f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Estadual Paulista, 2002.

VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. 2. ed., São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009, 494 p.

VIGOTSKI, L. S. *A Formação Social da Mente*. 7. ed., São Paulo: WMF Martins Fontes, 2007, 182 p.

VYGOTSKY, L. S. The development of higher forms of attention in childhood. In: WERTSCH, J. V. (Org.). *The concept of activity in soviet psychology*. Armonk, New York: M. E. Sharpe, 1981. p. 162-163.

WALLON, H. *As origens do caráter na criança*. São Paulo: Difusão Europeia do Livro, 1995. 280 p.

WU, H. K.; HSIEB, C. E. Developing sixth graders' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments. *International Journal of Science Education*, Reading, v. 28, n. 11, p. 1289-1313, 2006.

YEO, S.; ZADNIK, M. Introductory Thermal Concept Evaluation: assessing student's understanding. *The Physics Teacher*. v. 39, p. 496-504, 2001.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2. ed.. Tradução de Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2001, 205 p.

ZABALA, A. *Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar*. Trad. Ernani Rosa. Porto Alegre: ARTMED, 2002, 248 p.

ZIMMERMANN, E. Divulgação e comunicação da Física em espaços não formais. In: Nilson Marcos Dias Garcia; Ivanilda Higa; Erika Zimmermann; Cibelle Celestino Silva;

André Ferrer Pinto Martins. (Org.). *A pesquisa em ensino de física e a sala de aula: articulações necessárias*. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física, 2010, v. 1, p. 297-299.

ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, p. 35-62, 2002.

APÊNDICE A – PROTOCOLOS DE PESQUISA

Rio de Janeiro, ____ de _____ de 20__.

SOLICITAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA

Eu, Marta Maximo Pereira, solicito por meio deste documento autorização junto à direção do XXX e à coordenação de Física para realizar, nesta instituição de ensino, no campus Nilópolis, o trabalho de campo e a coleta de dados relativos à minha tese de doutorado.

As atividades que pretendo desenvolver no XXX consistem basicamente em acompanhar as aulas de Física (tanto teóricas como práticas) ministradas pelo professor XXX para uma turma de 2º período do Ensino Médio-Técnico durante o 1º semestre do ano de 2012 e observar a mesma turma durante as primeiras semanas de aula do 1º semestre de 2013. O professor XXX já permitiu a realização desta pesquisa.

Nos dois momentos da pesquisa serão realizados registros em diário de bordo, filmagens dos alunos realizando atividades, gravação de suas falas e coleta de material escrito fornecido por eles, tanto questionários como atividades de sala de aula. Trata-se de uma pesquisa qualitativa baseada em observação participante e com caráter etnográfico, cujo foco é a aprendizagem de Física dos estudantes.

A todos os alunos da turma observada será solicitado o fornecimento de uma autorização por escrito para o uso de suas falas, imagens e material escrito, conforme formulários em anexo. Os formulários são diferenciados: para os casos de alunos maiores de 18 anos, os mesmos poderão assinar as próprias autorizações; para os casos de alunos menores de idade, um responsável maior de idade deverá assinar as autorizações.

Desde já agradeço a atenção e a disponibilidade em contribuir para o avanço da pesquisa em Ensino de Física e, em especial, com a minha pesquisa nessa área. Coloco-me à disposição para qualquer tipo de esclarecimento. Minha carta de apresentação, na qual constam meus contatos, segue também em anexo.

Atenciosamente,

Marta Maximo Pereira

Rio de Janeiro, ____ de _____ de 20__.

CARTA DE APRESENTAÇÃO

Eu, Marta Maximo Pereira, que, conforme documento em anexo, solicito autorização para realizar no XXX, campus XXX, atividade de pesquisa relativa a meu Doutorado, sou aluna do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Modalidade Ensino de Física) da Universidade de São Paulo (USP). Meus interesses de pesquisa concentram-se nos processos de ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio.

Tenho licenciatura e bacharelado em Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e sou Mestre em Ensino de Física pela mesma instituição. Sou professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), na Unidade de Ensino Descentralizada de Nova Iguaçu. Nesta instituição ministro aulas de Física no Ensino Médio e também desenvolvo projetos de pesquisa e extensão, sempre no âmbito da Física e de seu ensino.

Informações acadêmicas adicionais podem ser obtidas em meu *currículo lattes* <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4736546E3>

Seguem abaixo meus contatos para qualquer esclarecimento.

Marta Maximo Pereira
Endereço: XXX
CEP: XXX
E-mail: martamaximo@yahoo.com
Telefones: XXX

Desde já agradeço a oportunidade.

Atenciosamente,

Marta Maximo Pereira

Rio de Janeiro, ____ de _____ de 20__.

CONCESSÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA

Eu, _____, portador da identidade nº _____ e da matrícula SIAPE _____, de posse das prerrogativas que o cargo de _____ do XXX me confere, AUTORIZO a pesquisadora Marta Maximo Pereira a realizar nesta instituição de ensino, no campus XXX, as atividades por ela solicitadas relativas à sua pesquisa de Doutorado em Ensino de Ciências (modalidade Ensino de Física), o qual é realizado junto ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (USP).

Declaro conhecer os documentos enviados pela pesquisadora para solicitar a realização da pesquisa, que ocorrerá em 2012 e em 2013, e estar ciente das atividades que serão por ela desenvolvidas.

Sem mais,

**AUTORIZAÇÃO PARA USO DE FALAS E REGISTROS ESCRITOS (alunos
menores de 18 anos)**

Por meio deste documento autorizo o(a) pesquisador(a) _____, ou a(s) pessoa(s) por ele(a) designada(s), a gravar as falas espontâneas, de resposta a questionários ou em entrevistas do(a) aluno(a) _____ e a utilizá-las para fins de pesquisa, informação ou divulgação, nas área de educação e ensino de ciências.

Autorizo ainda que tais falas sejam transcritas e citadas total ou parcialmente em trabalhos apresentados em congressos, artigos publicados em periódicos ou em outros meios de divulgação científica.

Autorizo também que registros escritos produzidos pelo(a) aluno(a) sejam utilizados com finalidade científica em trabalhos de pesquisa em educação e em ensino de ciências, de forma total ou parcial.

Em todos os casos supracitados, abro mão de qualquer direito de pré-inspeção e pré-aprovação do material utilizado, assim como de qualquer compensação financeira pelo seu uso. Além disso, qualquer publicação deverá preservar o nome do(a) aluno(a) supracitado(a) e manter sigilo quanto à sua identidade.

Declaro ser maior de idade, tendo todo o direito de autorizar os termos acima expressos, em nome do(a) aluno(a) supracitado(a), estando plenamente ciente do inteiro teor desta autorização.

Nome completo: _____

Assinatura: _____ **Identidade:** _____

Endereço Residencial: _____

Data: ____/____/____

Testemunha 1 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

Testemunha 2 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM EM FOTOGRAFIA E FILMAGEM
(alunos menores de 18 anos)

Por meio deste documento autorizo o(a) pesquisador(a) _____, ou a(s) pessoa(s) por ele(a) designada(s), a produzir, reproduzir ou multiplicar fotografias, vídeos, filmes ou transparências em que apareça o(a) aluno(a) _____ no todo ou sendo focalizada uma parte de seu corpo, para fins de pesquisa, informação ou divulgação, em educação ou em ensino de ciências, publicadas em periódicos ou em outros meios de divulgação científica, podendo ser feitos a cor ou em preto e branco.

Autorizo, ainda, que a reprodução e multiplicação dessas imagens possam ser acompanhadas ou não de texto explicativo, abrindo mão de qualquer direito de pré-inspeção e pré-aprovação do material, assim como de qualquer compensação financeira pelo seu uso. A publicação será feita preservando-se o nome do(a) aluno(a) supracitado(a) e sua privacidade.

Deixo expresso nesta autorização que () permito ou () não permito que seu rosto seja utilizado, sem as tarjas usualmente empregadas para dificultar a identificação.

Declaro ser maior de idade, tendo todo o direito de autorizar os termos acima expressos, em nome do(a) aluno(a) supracitado(a), estando plenamente ciente do inteiro teor desta autorização.

Nome completo: _____

Assinatura: _____ **Identidade:** _____

Endereço Residencial: _____

Data: ____/____/____

Testemunha 1 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

Testemunha 2 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

AUTORIZAÇÃO PARA USO DE FALAS E REGISTROS ESCRITOS (alunos maiores de 18 anos)

Por meio deste documento autorizo o(a) pesquisador(a) _____, ou a(s) pessoa(s) por ele(a) designada(s), a gravar minhas falas espontâneas, de resposta a questionários ou em entrevistas, e utilizá-las para fins de pesquisa, informação ou divulgação, nas área de educação e ensino de ciências.

Autorizo ainda que minhas falas sejam transcritas e citadas total ou parcialmente em trabalhos apresentados em congressos, artigos publicados em periódicos ou em outros meios de divulgação científica.

Autorizo também que registros escritos por mim produzidos sejam utilizados com finalidade científica em trabalhos de pesquisa em educação e em ensino de ciências, de forma total ou parcial.

Em todos os casos supracitados, abro mão de qualquer direito de pré-inspeção e pré-aprovação do material utilizado, assim como de qualquer compensação financeira pelo seu uso. Além disso, qualquer publicação deverá preservar meu nome e manter sigilo quanto à minha identidade.

Declaro ser maior de idade, tendo todo o direito de autorizar os termos acima expressos, em meu próprio nome, estando plenamente ciente do inteiro teor desta autorização.

Nome completo: _____

Assinatura: _____ **Identidade:** _____

Endereço Residencial: _____

Data: ____/____/____

Testemunha 1 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

Testemunha 2 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM EM FOTOGRAFIA E FILMAGEM
(alunos maiores de 18 anos)

Por meio deste documento autorizo o(a) pesquisador(a) _____, ou a(s) pessoa(s) por ele(a) designada(s), a produzir, reproduzir ou multiplicar fotografias, vídeos, filmes ou transparências em que eu apareça, no todo ou sendo focalizada uma parte de meu corpo, para fins de pesquisa, informação ou divulgação, em educação ou em ensino de ciências, publicadas em periódicos ou em outros meios de divulgação científica, podendo ser feitos a cor ou em preto e branco.

Autorizo, ainda, que a reprodução e multiplicação dessas imagens possam ser acompanhadas ou não de texto explicativo, abrindo mão de qualquer direito de pré-inspeção e pré-aprovação do material, assim como de qualquer compensação financeira pelo seu uso. A publicação será feita preservando-se meu nome e minha privacidade.

Deixo expresso nesta autorização que () permito ou () não permito que meu rosto seja utilizado, sem as tarjas usualmente empregadas para dificultar a identificação.

Declaro ser maior de idade, tendo todo o direito de autorizar os termos acima expressos, em meu próprio nome, estando plenamente ciente do inteiro teor desta autorização.

Nome completo: _____

Assinatura: _____ **Identidade:** _____

Endereço Residencial: _____

Data: ____/____/____

Testemunha 1 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

Testemunha 2 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

AUTORIZAÇÃO PARA USO DE FALAS E REGISTROS ESCRITOS (professor regente)

Por meio deste documento autorizo o(a) pesquisador(a) _____, ou a(s) pessoa(s) por ele(a) designada(s), a gravar minhas falas espontâneas, de resposta a questionários ou em entrevistas, e utilizá-las para fins de pesquisa, informação ou divulgação, nas área de educação e ensino de ciências.

Autorizo ainda que minhas falas sejam transcritas e citadas total ou parcialmente em trabalhos apresentados em congressos, artigos publicados em periódicos ou em outros meios de divulgação científica.

Autorizo também que registros escritos por mim produzidos sejam utilizados com finalidade científica em trabalhos de pesquisa em educação e em ensino de ciências, de forma total ou parcial.

Em todos os casos supracitados, abro mão de qualquer direito de pré-inspeção e pré-aprovação do material utilizado, assim como de qualquer compensação financeira pelo seu uso. Além disso, qualquer publicação deverá preservar meu nome e manter sigilo quanto à minha identidade.

Declaro ser maior de idade, tendo todo o direito de autorizar os termos acima expressos, em meu próprio nome, estando plenamente ciente do inteiro teor desta autorização.

Nome completo: _____

Assinatura: _____ **Identidade:** _____

Endereço Residencial: _____

Data: ____/____/____

Testemunha 1 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

Testemunha 2 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM EM FOTOGRAFIA E FILMAGEM
(professor regente)

Por meio deste documento autorizo o(a) pesquisador(a) _____, ou a(s) pessoa(s) por ele(a) designada(s), a produzir, reproduzir ou multiplicar fotografias, vídeos, filmes ou transparências em que eu apareça, no todo ou sendo focalizada uma parte de meu corpo, para fins de pesquisa, informação ou divulgação, em educação ou em ensino de ciências, publicadas em periódicos ou em outros meios de divulgação científica, podendo ser feitos a cor ou em preto e branco.

Autorizo, ainda, que a reprodução e multiplicação dessas imagens possam ser acompanhadas ou não de texto explicativo, abrindo mão de qualquer direito de pré-inspeção e pré-aprovação do material, assim como de qualquer compensação financeira pelo seu uso. A publicação será feita preservando-se meu nome e minha privacidade.

Deixo expresso nesta autorização que () permito ou () não permito que meu rosto seja utilizado, sem as tarjas usualmente empregadas para dificultar a identificação.

Declaro ser maior de idade, tendo todo o direito de autorizar os termos acima expressos, em meu próprio nome, estando plenamente ciente do inteiro teor desta autorização.

Nome completo: _____

Assinatura: _____ **Identidade:** _____

Endereço Residencial: _____

Data: ____/____/____

Testemunha 1 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

Testemunha 2 (nome): _____

Assinatura da testemunha: _____

APÊNDICE B – GUIAS DE ORIENTAÇÃO PARA O PROFESSOR⁴⁴

OBS₁: Marcamos com * as hipóteses fisicamente corretas e consideradas mais completas. O conteúdo delas é o que queremos que nosso aluno aprenda. As hipóteses não marcadas ou não respondem à pergunta feita, ou estão parcialmente corretas ou incorretas, ou utilizam vocabulário muito próximo ao cotidiano, não apresentando a formalidade científica necessária.

OBS₂: As perguntas entre parênteses que aparecem ao lado das etapas do plano de trabalho de algumas atividades são possíveis indagações dos alunos, não devendo ser fornecidas a eles pelo professor.

Atividade A: Está com febre?

1.1 – Objetivos: verificar que não é confiável medir a temperatura por meio do tato; identificar que temperatura é uma medida da sensação de quente ou frio em relação a um determinado padrão; identificar que os instrumentos de medida de temperatura demoram certo tempo para entrarem em equilíbrio com o sistema do qual se quer conhecer a temperatura e para fornecerem seu valor correto.

1.2 – Problema: Como saber se alguém está com febre?

1.3 – Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos:

- Colocamos a parte de cima de nossa mão na testa da pessoa;
- Colocamos a parte de cima de nossa mão em seu pescoço;
- Colocamos um termômetro embaixo do braço da pessoa e verificamos a temperatura;

⁴⁴ Disponível em sua versão completa em Maximo-Pereira (2010).

- Colocamos um termômetro embaixo do braço da pessoa, esperamos um pouco e verificamos a temperatura;*
- ...

1.4– Etapas para a solução ao problema:

- A partir das hipóteses e para testá-las, o professor sugere a realização de um experimento simples, que permite resolver o problema acima sem necessitar de alguém que esteja realmente com febre.
- Experimento proposto
- O professor coloca à disposição de cada grupo de alunos 3 vasilhas iguais e com a mesma quantidade de água, sendo que numa delas há água fria, na outra, água à temperatura ambiente e, na terceira, água morna (essas informações não devem ser fornecidas aos alunos). O professor pede, então, que um dos alunos do grupo coloque a mão dentro da primeira vasilha e diga a sua sensação. Sem tirar a mão da primeira vasilha, o aluno deve colocar a outra mão no terceiro recipiente e igualmente descrever a sua sensação. Por fim, pede que o aluno coloque uma das mãos no segundo recipiente e diga se está quente ou frio, e depois a outra, informando também a sensação que tem agora;
- Os grupos realizam o experimento, debatem entre si sobre os resultados obtidos e tiram conclusões;
- Todos os grupos se reúnem e cada um apresenta seus resultados e sua solução para o problema;
- Com a orientação e mediação do professor, os grupos discutem para chegar à melhor solução coletiva.

Atividade B: Colher de pau vs. Colher de metal

2.1– Objetivos: identificar que nossa percepção sensorial nem sempre corresponde à temperatura verdadeira de um sistema.

2.2– Problema: Qual a relação entre as temperaturas de uma colher de pau e de uma colher de metal que estão sobre uma mesa?

2.3– Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos:

- A colher de metal é mais “geladinha” que a de pau;
- A temperatura da colher de metal é menor que a da colher de pau;
- A temperatura da colher de pau é maior que a da colher de metal;
- A colher de pau é mais fria porque, quando cozinhamos com ela, o calor não chega à nossa mão, ao contrário do que ocorre com a colher de metal;
- As duas colheres estão à mesma temperatura, apenas temos percepções diferentes ao tocá-las;*
- ...

2.4– Etapas para a solução ao problema:

- A partir dessas hipóteses e para testá-las, o professor sugere a realização do experimento mencionado no problema;
- Os alunos se organizam em grupos para o planejamento da atividade experimental (elaboração do plano de trabalho);

Plano de trabalho proposto pelo professor aos alunos:

- Que instrumento usar para medir temperatura? (Tato? Termômetro de mercúrio? Sensor termopar?)
 - Como medir? (Como colocar o termômetro ou o termopar em contato com a colher? Medir a temperatura ao mesmo tempo nas duas colheres ou separadamente?)
- Os grupos debatem e escolhem o(s) melhor(es) procedimento(s) experimental(ais) proposto(s);
 - Os grupos realizam o experimento, debatem entre si sobre os resultados obtidos e elaboram sua solução para o problema;
 - Todos os grupos se reúnem e cada um apresenta seus resultados e sua solução;
 - Com a orientação e mediação do professor, os grupos discutem para chegar à melhor solução coletiva.

Atividade C: Panela com água no fogão

1.1– Objetivos: verificar que a energia transferida para um sistema devido ao seu entorno pode gerar tanto mudança de temperatura como mudança de fase à temperatura constante, ou seja, variação de sua energia interna; conceituar calor como sendo essa energia transferida que não podemos associar ao trabalho.

1.2– Problema: Que efeito(s) é (são) observado(s) quando colocamos água em uma panela sobre a chama do fogão? O que provocou tal (tais) efeito(s)?

1.3.1– Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos para a primeira pergunta (Que efeito(s) é (são) observado(s) quando colocamos água em uma panela sobre a chama do fogão?):

- A água fica quente;
- A temperatura da água aumenta;
- Após certo tempo, a água ferve;

- A temperatura da água vai aumentando, até que começa a ferver e a temperatura continua aumentando;
- Inicialmente, não acontece nada, mas depois começam a aparecer bolhas na água;
- A chama esquentar a panela, que esquentar a água;
- A água dilata;
- A temperatura da água vai aumentando, até que a água começa a passar de líquido a vapor. A temperatura fica constante nesse processo de mudança de fase;*
- ...

1.3.2– Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos para a segunda pergunta (O que provocou tal (tais) efeito(s)?):

- A chama do fogão;
- O calor que passa para a água;
- O fogo que passa para a água;
- O calor que passa para a panela, que passa para a água;
- A energia que é transferida da chama para a panela e dessa para a água, denominada calor;*
- ...

1.4– Etapas para a solução ao problema:

- A partir dessas hipóteses e para testá-las, o professor sugere a realização do experimento mencionado no problema;

- Os alunos se organizam em grupos para o planejamento da atividade experimental (elaboração do plano de trabalho):

Plano de trabalho proposto pelo professor aos alunos:

- O que observar? (Temperatura? Massa? Volume? Tempo?)
- O que medir? (Temperatura? Massa? Volume? Tempo? Calor? Energia?)
- Que materiais usar? (Panela? Fogão ou aquecedor de chá? Termômetro? (Qual?) Cronômetro ou relógio?)
- Que procedimento utilizar?
- Como medir? (De quanto em quanto tempo? Onde posicionar o termômetro?)
- Como organizar os dados coletados? (Tabela? Gráfico?)
- Os grupos debatem e escolhem o(s) melhor(es) procedimento(s) experimental(ais) proposto(s);
- Os grupos realizam o experimento, debatem entre si sobre os resultados obtidos e elaboram sua solução para o problema;
- Todos os grupos se reúnem e cada um apresenta seus resultados e sua solução;
- Com a orientação e mediação do professor, os grupos discutem para chegar à melhor solução coletiva.

A partir da solução encontrada, o professor propõe um novo problema.

Atividade D: Panela com mais água no fogão

2.1– Objetivo: verificar que a temperatura de mudança de fase possui um valor constante durante esse processo, independentemente da massa de água utilizada.

2.2– **Problema:** E se fizermos o mesmo experimento anterior com uma quantidade maior de água, o que acontece? Os resultados e conclusões serão os mesmos?

2.3– Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos:

- Demora mais para esquentar a água;
- A temperatura aumenta mais lentamente;
- Demora mais para a água ficar quente e a temperatura de mudança de fase é menor que antes;
- Como a quantidade de água é maior, então a temperatura de mudança de fase é maior;
- Demora mais para aumentar a temperatura da água, mas a temperatura de mudança de fase permanece constante e igual ao experimento anterior;*
- ...

2.4– Etapas para a solução ao problema:

- Os grupos realizam o experimento, debatem entre si sobre os resultados obtidos e elaboram sua solução para o problema;
- Todos os grupos se reúnem e cada um apresenta seus resultados e sua solução;

- Com a orientação e mediação do professor, os grupos discutem para chegar à melhor solução coletiva.

Atividade G: Tanque cheio de gasolina ao sol

8.1– Objetivo: verificar que o aumento de temperatura pode gerar aumento de volume;

8.2– Problema: Uma pessoa encheu completamente o tanque de gasolina de seu carro e deixou-o estacionado ao sol. Após algum tempo, quando voltou para buscá-lo, observou que certa quantidade de gasolina havia entornado. O que aconteceu com a gasolina dentro do tanque para que o vazamento ocorresse? Por que isso aconteceu?

8.3.1– Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos para a primeira pergunta (O que aconteceu com a gasolina dentro do tanque para que o vazamento ocorresse?):

- A gasolina vazou e caiu fora do tanque;
- A gasolina aumentou de tamanho e, por isso, não coube mais dentro do tanque;
- Como o tanque estava completamente cheio, a gasolina dilatou (aumentou de volume) e não conseguiu manter-se dentro dele; por isso, transbordou;*
- ...

8.3.2– Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos para a segunda pergunta (Por que isso aconteceu?):

- Isso aconteceu porque a temperatura da gasolina estava muito alta;

- Isso aconteceu porque o volume do tanque diminuiu, a gasolina não conseguiu ficar mais lá dentro e transbordou;
- Devido ao aquecimento provocado pelos raios solares, houve um aumento na temperatura da gasolina, o que gerou sua dilatação;*
- ...

8.4– Etapas para a solução ao problema:

- A partir das hipóteses e para testá-las, o professor sugere a utilização de um aparato simples, proposto originalmente por nós em Maximo-Pereira (2006) e Maximo-Pereira e Soares (2009), que modela o fenômeno descrito no problema e permite resolvê-lo sem a necessidade de um carro com o tanque cheio ao sol.

Descrição do aparato:

Enchemos com água um vidro de perfume vazio (cuja dilatação própria é desprezível em relação ao líquido), interligando verticalmente a sua tampa a um tubo mais fino (no caso, uma seringa de injeção). Esse conjunto é colocado dentro de um bquer com água, de modo a ficar, em grande parte, submerso. Colocamos um aquecedor de chá (do tipo “mergulhão”) dentro do bquer.

Por intermédio desse arranjo simples, podemos identificar as seguintes analogias com o problema proposto:

Vidro de perfume com tubo da seringa → tanque de gasolina do carro
com tubo de injeção de combustível;

Água dentro do bquer → ambiente externo ao tanque;

Aquecedor de chá → Sol.

- Os alunos se organizam em grupos para o planejamento da atividade experimental (elaboração do plano de trabalho):

Plano de trabalho proposto pelo professor aos alunos:

- O que observar? (Tempo? Temperatura? Volume? Variação de temperatura? Variação de volume?)
- O que medir? (Variação de temperatura? Variação de volume? Temperatura? Volume?)
- Que procedimento utilizar? (Medir volume a cada intervalo fixo de temperatura ou temperatura a cada intervalo fixo de volume? Que intervalos utilizar entre uma medida e outra? Até que ponto efetuar as medições?)
- Como medir? (Que termômetro utilizar? Onde posicioná-lo?)
- Como organizar os dados coletados? (Tabela? Gráfico?)
- Os grupos debatem e escolhem o(s) melhor(es) procedimento(s) experimental(ais) proposto(s);
- Os grupos realizam o experimento, debatem entre si sobre os resultados obtidos e elaboram sua solução para o problema;
- Todos os grupos se reúnem e cada um apresenta seus resultados e sua solução;
- Com a orientação e mediação do professor, os grupos discutem para chegar à melhor solução coletiva.

Atividade I: Cozinhando feijão na panela de pressão

12.1– Objetivos: introduzir a noção de que, quanto maior a pressão, maior a temperatura de ebulição da água e, por isso, a panela de pressão cozinha mais rapidamente os alimentos que uma panela comum;

12.2– Problema: Em qual recipiente cozinhamos feijão mais rapidamente: em uma panela comum ou na panela de pressão? Por que isso acontece?

12.3.1– Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos para a primeira pergunta (Em qual recipiente cozinhamos feijão mais rapidamente, em uma panela comum ou na panela de pressão?):

- Nas duas panelas o tempo de cozimento do feijão é o mesmo;
- Na panela comum;
- Na panela de pressão;*
- ...

12.3.2– Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos para a segunda pergunta (Por que isso acontece?):

- Porque a panela de pressão foi feita para cozinhar os alimentos mais rapidamente;
- Porque dentro da panela de pressão a pressão é maior;
- Como a pressão dentro dessa panela é maior do que nas comuns, a temperatura de mudança de fase da água é alterada, de modo que seu ponto de ebulição ocorre a uma temperatura superior à que ocorreria numa panela comum, na mesma altitude. Assim, dentro da panela de pressão, há água na fase líquida a uma temperatura mais alta, o que acelera o cozimento do feijão;*
- ...

12.4– Etapas para a solução ao problema:

- A partir dessas hipóteses e para testá-las, o professor sugere a exibição do vídeo sobre a panela de pressão, que está disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=QKO6BYfqlnw>;
- O professor inicia a exibição do programa e pode pausá-la aproximadamente ao término da primeira fala da repórter fora do

estúdio (por volta do instante 1 min 16 s), perguntando aos grupos se já são capazes de responder à primeira pergunta do problema;

- Após as respostas dos grupos, o professor pode continuar a exibição da reportagem até o momento (instante 1 min 59 s, aproximadamente) em que a culinária responde à pergunta da repórter sobre haver algum problema em fazer doce de leite colocando a lata de leite condensado dentro da panela de pressão com o feijão. Nesse ponto, ele pode parar o vídeo e perguntar aos grupos se a culinária fornece um embasamento científico para a sua resposta e se eles estão de acordo com o que ela afirma. É interessante perguntar também se os alunos conhecem algum efeito que o aquecimento da lata de leite condensado imersa no feijão pode gerar nele e pedir que pesquisem posteriormente em casa sobre essa questão. Por fim, o docente pode voltar para as duas últimas falas do vídeo nesse bloco (a da culinária sobre a lata de doce de leite e a da repórter, na sequência, sobre o funcionamento da panela de pressão,) e perguntar aos grupos se elas fazem uso ou não da linguagem científica e em que elementos eles se basearam para fornecer suas respostas;
- Dando prosseguimento ao vídeo, para entender melhor como funciona a panela de pressão, a repórter vai até o laboratório didático de Física da USP. Lá um professor coloca água em uma panela de pressão sobre a chama do fogão e verifica o aumento da temperatura dentro da panela e de sua pressão interna, com o auxílio, respectivamente, de um termômetro e de um manômetro, previamente conectados à panela de pressão (entre os instantes 1 min 59 s e 2 min 18 s do vídeo);
- Por volta do instante 2 min 34 s, após o diálogo entre a repórter e a culinária sobre se “tem que abaixar o fogo depois que pega pressão” (fala da repórter), o professor pode interromper o vídeo e solicitar aos grupos que retomem os resultados da *Atividade 4* sobre Calor, para justificar o fato de poder diminuir a intensidade da chama (“abaixar o

fogo”) após início da mudança de fase, como informou a culinária, e que analisem a sua fala;

- Na sequência da reportagem, o experimento de aquecimento da água na panela de pressão volta a ser exibido. O professor pode parar o vídeo próximo ao instante 2 min 49 s e, por fim, perguntar aos grupos o que acontece na panela de pressão que difere do que acontece numa panela comum (como observado nas Atividades de 1 a 6 sobre Calor) para que os alimentos cozinhem mais rapidamente dentro dela;
- Os grupos analisam as informações do vídeo, retomam os resultados das atividades anteriores, debatem entre si e elaboram sua solução para o problema;
- Todos os grupos se reúnem e cada um apresenta suas conclusões;
- Com a orientação e mediação do professor, os grupos discutem para chegar à melhor solução coletiva.

Atividade J: Observando a panela de pressão

13.1– Objetivos: verificar que calor pode gerar tanto trabalho como mudança de fase à temperatura constante; retomar a conceituação de calor como sendo a energia transferida entre um sistema e seu entorno que não pode ser associada ao trabalho.

13.2– Problema: **Que efeito(s) é (são) observado(s) quando colocamos água em uma panela de pressão sobre a chama do fogão? O que provocou tal (tais) efeito(s)?**

13.3.1– Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos para a primeira pergunta (Que efeito(s) é (são) observado(s) quando colocamos água em uma panela de pressão sobre a chama do fogão?):

- A água esquenta e depois começa a ferver;
- A água ferve mais rápido do que na panela comum;
- Sai “fumaça” pela válvula quando a água começa a ferver;
- Quando a água começa a ferver, sai “fumaça” pelo pino, que começa a subir e a descer;

- A temperatura da água aumenta até o ponto em que ela começa a mudar de fase à temperatura constante. Quando isso acontece, o vapor de água realiza trabalho para levantar o pino e sair da panela. Em outras palavras, o calor transferido serviu inicialmente para a mudança de temperatura e, posteriormente, para a mudança de fase à temperatura constante e realização de trabalho;*
- ...

13.3.2– Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos para a segunda pergunta (O que provocou tal (tais) efeito(s)?)

- A panela de pressão;
- O fato de a panela estar fechada;
- A energia que é transferida da chama para a panela, e dessa para a água, denominada calor;*
- ...

13.4– Etapas para a solução ao problema:

- O professor pode inicialmente pedir que os alunos retomem o conteúdo do vídeo exibido até então para que possam tentar responder à primeira pergunta, ainda que parcialmente;
- A exibição da reportagem é iniciada a partir do instante 2 min 49 s até próximo ao instante 3 min 13 s, quando o docente pode parar o vídeo e pedir aos grupos de alunos que justifiquem fisicamente, utilizando os resultados das atividades anteriores, a fala da culinária sobre a lata de doce de leite retirada da panela de pressão: “as pessoas às vezes põem dentro do freezer e acham que a parte de fora está gelada e abrem, é muito perigoso, pode espirrar e [dar] queimadura séria”. Além disso, pode perguntar aos alunos se nas duas falas da repórter sobre pressão ela utiliza esse conceito de modo científico ou cotidiano, voltando a exibir, se necessário, o trecho do vídeo mencionado acima;

- Continuando a exibição da reportagem, é interessante que o professor pare no instante 3 min 33 s e refaça para os grupos a pergunta do problema, a fim de que eles percebam a associação entre o levantamento do pino pela saída do vapor e o trabalho realizado por ele e notem que este é devido ao calor, assim como a mudança de fase da água, e que ambos os processos acontecem simultaneamente;
- Os grupos utilizam as informações fornecidas no vídeo, analisam os resultados da atividade anterior, debatem entre si e elaboram sua solução para o problema;
- Todos os grupos se reúnem e cada um apresenta suas conclusões;
- Com a orientação e mediação do professor, os grupos discutem para chegar à melhor solução coletiva;
- Voltando a ver o vídeo até o instante 4 min 26 s, o professor pode perguntar mais uma vez sobre a fala da culinária sobre pressão durante o cozimento do macarrão e pedir aos alunos que expliquem fisicamente o que ela quer dizer;
- Exibindo o programa a partir desse ponto até o instante 5 min 19 s aproximadamente, o professor pode pedir aos grupos que associem as experiências realizadas no vídeo ao funcionamento da panela de pressão e expliquem por que uma panela de pressão pode explodir. Além disso, pode solicitar que os alunos comentem a frase da repórter sobre o vapor que sai do balão com água durante a mudança de fase: “Vapor é energia.”;
- Os grupos utilizam as informações fornecidas no vídeo, debatem entre si e elaboram sua solução para o problema;
- Todos os grupos se reúnem e cada um apresenta suas conclusões;
- Com a orientação e mediação do professor, os grupos discutem para chegar à melhor solução coletiva;
- Continuando a exibição do vídeo até o instante 5 min 37 s, o professor pode pedir aos grupos que verifiquem se a estimativa do físico para a força com a qual a tampa da panela de pressão seria empurrada no

caso de um mau funcionamento devido a um entupimento no pino ou na válvula de segurança (equivalente a aproximadamente um peso de uma massa de 500 kg na Terra) é correta;

- Para tanto, os grupos devem ter tempo para retomar a Atividade 10 sobre Calor e para ter acesso às informações do vídeo e a outras que acharem pertinentes para efetuar os devidos cálculos;
- Todos os grupos se reúnem e cada um apresenta suas conclusões;
- Com a orientação e mediação do professor, os grupos discutem para chegar à melhor solução coletiva;
- Após esse trabalho dos grupos, a reportagem pode continuar a ser exibida até o fim.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE K

Atividade diagnóstica de Física

- 1- *Você leu em algum jornal ou revista, viu na TV ou na internet alguma(s) notícia(s) relacionada(s) à Física ou à ciência de modo geral no período em que não houve aula na escola? Em caso afirmativo, cite o(s) assunto(s) tratado(s) e seu(s) respectivos(s) meio(s) de comunicação.*
- 2- *Você estudou algum conteúdo de Física no período em que não houve aula? Em caso afirmativo, cite os assuntos estudados e diga por que os estudou. Em caso negativo, diga por que não estudou.*
- 3- *Escreva aquilo de que você se lembra das aulas de Física que teve este ano.*
- 4- *Você se lembra especificamente de algum ou alguns conteúdo(s) ensinado(s) nas aulas de Física que teve este ano? Em caso afirmativo, escreva-o(s) abaixo e passe aos itens de 5 a 8. Em caso negativo, passe aos itens de 9 a 11.*
- 5- *Escreva o que você aprendeu do que foi ensinado nas aulas de Física deste ano. (Neste item, você deve escrever, por exemplo: “Aprendi que 1ª lei de Newton diz que...”; “Aprendi que a condução é um fenômeno que ocorre na situação... e que consiste em...”, etc.)*
- 6- *O que você acha que o(a) levou a aprender o que escreveu no item 5?*
- 7- *Escreva o que você considera que **não** aprendeu do que foi ensinado nas aulas de Física deste ano.*
- 8- *Por que você acha que **não** aprendeu o que mencionou no item 7? O que você acha que o(a) levou a **não** aprender isso?*

As perguntas abaixo são somente para quem respondeu não ao item 4.

- 9- *Por que você acha que não se lembra dos conteúdos ensinados? O que você acha que o(a) levou a não se lembrar deles?*
- 10- *Mesmo não se lembrando do que foi ensinado, você aprendeu algo nas aulas de Física deste ano? Em caso afirmativo, mencione o que aprendeu.*
- 11- *O que você acha que poderia ter feito para aprender o que foi ensinado ou para aprender mais?*

APÊNDICE D – ATIVIDADES DE COLETA DE REGISTROS DE 2013

Atividade 2: Reflexão sobre sua aprendizagem durante a disciplina Física II

Perguntas do Questionário

- 1- O que você considera que aprendeu nas aulas de Física II?
- 2- O que você acha que influenciou para você aprender o que mencionou acima?
- 3- O que você considera que **não** aprendeu nas aulas de Física II?
- 4- O que você acha que influenciou para você **não** aprender o que mencionou acima?
- 5- Após as aulas de Física II, você teve contato, fora da escola, com alguma(s) situação(ões) relacionada(s) ao que você aprendeu nessa disciplina? Em caso afirmativo, mencione tal(tais) situação(ões) e que parte(s) do que você aprendeu você conseguiu associar a ela(s).
- 6- A associação que você escreveu acima, você a fez na hora em que vivenciou tal(tais) situação(ões) ou você fez essa relação agora, por conta deste questionário?

Atividade 4: Reflexão sobre a Atividade 3

Perguntas do Questionário

- 1- Qual a sua opinião sobre a questão do ENEM que foi proposta para ser resolvida em grupo?
- 2- Como você avalia a questão proposta?
☐ Muito difícil ☐ Difícil ☐ Normal ☐ Fácil ☐ Muito Fácil
 Justifique sua resposta:
- 3- Você considera que conseguiu resolver a questão: (marque apenas uma opção)
☐ sozinho;
☐ com a ajuda só de seu grupo;
☐ com a ajuda só dos outros grupos;
☐ com a ajuda só do professor;
☐ com a ajuda de seu grupo e dos outros grupos;
☐ com a ajuda de seu grupo e do professor;
☐ com a ajuda dos outros grupos e do professor;
☐ com a ajuda de seu grupo, dos outros grupos e do professor;
☐ Não consegui resolver a questão, mas entendi a explicação da solução;
☐ Não consegui resolver a questão e não entendi a explicação da solução.

4- Caso tenha conseguido resolver a questão, o que você acha que pode ter contribuído para isso?

5- Para tentar resolver a questão, você teve que utilizar algum conhecimento ou se lembrar de alguma atividade com os quais já teve contato na escola? Que conhecimentos ou atividades foram esses?

Atividade 5: Retomada pela memória do que foi vivenciado na disciplina Física II

A Atividade 5 consistiu na apresentação, pelo docente, de algumas imagens relativas à disciplina Física II. Ele solicitou aos estudantes que fossem comentando o que conseguiam retomar por intermédio das imagens mostradas. Tal apresentação iniciou-se com a seguinte pergunta: *De que você se lembra ao ver as seguintes imagens?*

As imagens foram selecionadas considerando-se nossos pressupostos teóricos e alguns de nossos resultados com o estudo piloto desta tese.

A evocação da memória enquanto função mental superior é uma característica explícita desta atividade, pois consideramos que as imagens podem facilitar as retomadas por parte dos estudantes e proporcionar interações com o que lhes será solicitado para realizar as atividades seguintes. O aspecto afetivo do processo de ensino e aprendizagem também está presente na Atividade 5, de modo que havia imagens relativas a momentos de interação dos estudantes entre si, com o professor e a pesquisadora, em sala de aula ou no laboratório, durante a disciplina Física II (Imagens 3 e 5).

<p>Imagem 1</p>	<p>Imagem 2</p>
<p>Imagem 3</p>	<p>Imagem 4</p>

Imagem 5

Imagem 6

Imagem 7

Imagem 8

Imagem 9

Imagem 10

Figura 40. Imagens usadas na Atividade 5

Ademais, no estudo piloto realizado com base na Atividade 1, identificamos elementos de mediação que os estudantes utilizaram para a retomada, pela memória lógica, dos conhecimentos e atividades trabalhados com eles previamente. Considerando tais resultados preliminares, entendemos que utilizar esses elementos poderia facilitar e potencializar as retomadas no contexto da investigação principal aqui descrita.

As imagens selecionadas para a Atividade 5 visavam contemplar alguns deles, quais sejam: *procedimento experimental realizado* (Imagens 1 e 5); *material utilizado no experimento* (Imagens 2 e 4); *fenômeno observado* (Imagem 6); *descrição do arranjo experimental* (Imagens 6 e 10); *problema colocado pela atividade investigativa* (Imagem 7); *objetivo da atividade* (Imagem 8); *analogia do experimento com uma situação cotidiana* (Imagem 9). Tais elementos estavam bastante relacionados às atividades investigativas realizadas também no estudo piloto, as quais foram as mesmas aplicadas na pesquisa final aqui descrita.

No que diz respeito à aplicação em sala de aula, o docente foi orientado a não fazer comentários explícitos relativos ao ano anterior que pudessem direcionar o olhar dos estudantes e sua participação na atividade. A pesquisadora não fez intervenções durante a atividade, que foi a primeira do segundo dia de coleta de registros em 2013. Consideramos que esta atividade de retomada geral era importante para que os alunos voltassem a refletir sobre e problematizar aquilo que foi trabalhado na disciplina Física II de forma mais lúdica, mais próxima a sua realidade (pelo menos em um primeiro momento) e menos formal.

A Atividade 5 foi validada por pares no interior de nosso grupo de pesquisa, que sugeriu a inserção de algumas imagens e formas de mediação do professor ao longo da aplicação da atividade.

Atividade 7: Resolução da questão elaborada por outro colega da turma

Nesta atividade, cada estudante tentou resolver a questão proposta por outro colega da turma. As questões foram distribuídas de forma aleatória entre os discentes, tomando-se o cuidado de que o aluno não recebesse a própria questão que elaborou. Vale

mentonar que a resolução proposta por quem fez a questão estava em outra folha, logo, o aluno que iria resolver a questão do colega não tinha acesso a ela.

Um diferencial desta solução em relação às solicitadas em avaliações formais escritas comumente aplicadas pelos docentes em sala de aula é que os alunos foram orientados a avaliarem, inicialmente, o enunciado da questão, a fim de reconhecerem se sua elaboração havia sido apropriada e se a questão era passível de resolução. Esta reflexão inicial demandava, por parte do aluno que iria resolver a questão, o conhecimento dos assuntos abordados nela e das situações que poderiam lhes dar sentido.

Caso o aluno avaliasse que não era possível resolver a questão porque seu enunciado estava elaborado de forma incorreta ou incompleta, ele deveria indicar isso em sua folha de resposta e justificar por que considerava o enunciado inadequado. Se ele reconhecesse incorreções que não impedissem a resolução do problema, ele poderia corrigir o enunciado e resolver a questão. Também era possível que o aluno reconhecesse o enunciado como adequado e não soubesse resolver a questão ou, finalmente, que o enunciado fosse considerado correto e que o aluno fornecesse uma resposta a ele.

Atividade 8: Como funciona a panela de pressão?

Nesta atividade, os alunos foram solicitados a resolver, de forma individual, uma questão sobre o funcionamento da panela de pressão. Tal questão foi elaborada por nós adaptando-se as questões 32 e 33 da prova Amarela do ENEM de 1999 ao modelo de questões discursivas. A questão segue abaixo.

A panela de pressão permite que os alimentos sejam cozidos em água muito mais rapidamente do que em panelas convencionais. Sua tampa possui uma borracha de vedação que não deixa o vapor escapar, a não ser através de um orifício central sobre o qual assenta um peso que controla a pressão. Quando em uso, desenvolve-se uma pressão elevada no seu interior. Para a sua operação segura, é necessário observar a limpeza do orifício central e a existência de uma válvula de segurança, normalmente situada na tampa.

O esquema da panela de pressão e um diagrama de fase da água são apresentados a seguir.

1- Qual é a vantagem de se utilizar a panela de pressão? Explique fisicamente o que ocorre no interior da panela que permite tal vantagem.

2- Se, por economia, abaixarmos a intensidade da chama do fogo sob a panela de pressão quando se inicia a saída de vapor pela válvula, de forma simplesmente a manter a fervura, o que acontece com o tempo de cozimento do alimento? Por que isso acontece?

3- Você consegue associar o funcionamento da panela de pressão a alguma(s) lei(s) física(s) já estudada(s) por você anteriormente? Caso consiga fazer isso, diga que lei(s) é(são) essa(s) e como ela(s) explica(m) o funcionamento dessa panela.

Nosso objetivo com esta questão era promover a retomada específica de temas de Física trabalhados pelo docente nas aulas de 2012, quais sejam: tempo de cozimento de alimentos em panela comum e de pressão; relação entre pressão e temperatura de ebulição; implicação da alteração do ponto de ebulição para o tempo de cozimento dos alimentos em uma panela de pressão; processos de transferência de energia (calor e trabalho); conservação da energia. Em especial, o funcionamento da panela de pressão foi abordado nas *Atividades I e J* (APÊNDICE B), aplicadas em 06 de junho de 2012.

Atividade 9: O que influencia a ebulição da água?

Esta atividade consistiu na resolução, em pequenos grupos, da questão 58 da prova Azul do primeiro dia de prova do ENEM de 2010, a qual versa sobre os fatores que podem influenciar a ebulição da água. O objetivo desta atividade foi proporcionar aos alunos uma situação em que pudessem pensar sobre a relação entre pressão ambiente e temperatura de ebulição de uma substância nele colocada e utilizar conhecimentos e

habilidades trabalhados nas atividades investigativas do ano de 2012 para a solução de uma nova questão, apresentada a seguir.

Sob pressão normal (ao nível do mar), a água entra em ebulição à temperatura de 100°C. Tendo por base essa informação, um garoto residente em uma cidade litorânea fez a seguinte experiência:

- *Colocou uma caneca metálica contendo água no fogareiro do fogão de sua casa.*
- *Quando a água começou a ferver, encostou cuidadosamente a extremidade mais estreita de uma seringa de injeção, desprovida de agulha, na superfície do líquido e, erguendo o êmbolo da seringa, aspirou certa quantidade de água para seu interior, tapando-a em seguida.*
- *Verificando após alguns instantes que a água da seringa havia parado de ferver, ele ergueu o êmbolo da seringa, constatando, intrigado, que a água voltou a ferver após um pequeno deslocamento do êmbolo.*

Considerando o procedimento anterior, a água volta a ferver porque esse deslocamento

- a) permite a entrada de calor do ambiente externo para o interior da seringa.*
- b) provoca, por atrito, um aquecimento da água contida na seringa.*
- c) produz um aumento de volume que aumenta o ponto de ebulição da água.*
- d) proporciona uma queda de pressão no interior da seringa que diminui o ponto de ebulição da água.*
- e) possibilita uma diminuição da densidade da água que facilita sua ebulição.*

A questão solicitava que os grupos selecionassem a opção em que havia a explicação adequada de por que o deslocamento do êmbolo ocasionou uma nova ebulição da água.

A água volta a ferver porque o deslocamento do êmbolo promove o aumento do volume disponível para a água e, conseqüentemente, a diminuição da pressão na região interna à seringa. A diminuição da pressão ocasiona a diminuição da temperatura de ebulição da água contida no interior da seringa para um valor inferior ao da temperatura de ebulição à pressão ambiente. Por isso, a água volta a ferver (entrar em ebulição). Logo, a opção d) (*proporciona uma queda de pressão no interior da seringa que diminui o ponto de ebulição da água*) é a fisicamente adequada.

Em termos da aplicação da atividade em sala de aula e dos interesses de pesquisa para esta tese, a Atividade 9 é bastante semelhante à *Atividade 3: Contraste entre os conceitos espontâneos e científicos de calor e temperatura*, já descrita anteriormente neste texto.

Atividade 10: Reflexão sobre a Atividade 9

A Atividade 10 consistiu na resposta individual a um questionário aberto sobre a resolução coletiva da questão aberta proposta na Atividade 9. Por intermédio dele, pretendíamos conhecer as percepções dos estudantes sobre o grau de dificuldade da questão e os elementos aos quais eles atribuíam a possibilidade de resolver ou não a questão. Além disso, pretendíamos que eles evidenciassem de que forma acreditavam ter conseguido resolver (ou não) a questão proposta na *Atividade 9*, os conhecimentos que mobilizaram em tal resolução e suas relações com os assuntos tratados previamente na disciplina Física II.

O questionário foi validado por pares dentro de nosso grupo de pesquisa e é idêntico ao apresentado neste APÊNDICE, na *Atividade 4*.

APÊNDICE E – ESTUDO PILOTO DA TESE

Realizamos o estudo piloto desta tese com uma turma que cursava o 1º ano do Ensino Médio em 2010 e o 3º ano, em 2012, em uma instituição federal de ensino, localizada na região denominada Baixada Fluminense, no estado do Rio de Janeiro. A localização e a caracterização da instituição, o perfil sócio-econômico dos estudantes, a estrutura curricular e o contexto escolar geral do estudo piloto são bem semelhantes aos da investigação da tese. Aplicamos também as mesmas atividades investigativas desta tese (*Atividades A, B, C, D, G, I e J*, apresentadas na seção 3.3 do presente texto) em 2010 com esses alunos e as *Atividades 1, 3, 6 e 7* (que aparecem na mesma seção), em 2012.

Uma diferença entre o estudo piloto e a pesquisa da tese é que, no primeiro, atuamos simultaneamente como professora regente da disciplina Física e como pesquisadora. Já na tese, como será explicitado neste texto, atuamos somente como pesquisadora, pois a disciplina era ministrada por outro docente. Ademais, no caso do estudo piloto, as situações de retomada aconteceram aproximadamente dois anos após as atividades iniciais, enquanto que, na tese, o intervalo de tempo entre os dois momentos é de cerca de um ano.

De acordo com Bailer, Tomitch e D'Ely (2011, p. 130), “o estudo piloto é um teste, em pequena escala, dos procedimentos, materiais e métodos propostos para determinada pesquisa [...] A importância de conduzir um estudo piloto está na possibilidade de testar, avaliar, revisar e aprimorar os instrumentos e procedimentos de pesquisa”. O estudo piloto nos auxiliou nas escolhas feitas para o desenho metodológico da pesquisa e na validação dos instrumentos de coleta de registros, com o aperfeiçoamento dos mesmos. O processo de construção de dados e a análise dos mesmos foram igualmente fundamentais para uma maior consistência e segurança no que se refere a nossas interpretações, com base na literatura, para a pesquisa da tese. Alguns dos resultados obtidos no estudo piloto foram publicados e serão citados na tese, sempre que pertinente, como mais um critério de rigor para a pesquisa principal.

Entre as conclusões do estudo piloto, obtivemos que *Atividades A e B* colaboraram positivamente para a construção do conceito de temperatura e para o

desenvolvimento de habilidades como levantar hipóteses sobre uma questão, trabalhar em grupo, argumentar com fundamentação científica e reconhecer e participar das etapas de um processo de investigação científica (MAXIMO-PEREIRA, SOARES e ANDRADE, 2011; MAXIMO e SOARES, 2013). Na *Atividade 1*, os alunos investigados retomaram, com muita frequência, as atividades desenvolvidas em sala de aula, em especial, os experimentos realizados em perspectiva investigativa, além de explicitarem conhecimentos considerados aprendidos e aspectos metacognitivos em suas retomadas (MAXIMO-PEREIRA, 2011). Ademais, foi observado que, para a resolução da questão proposta na *Atividade 3*, os alunos mobilizaram habilidades metacognitivas (MAXIMO e ABIB, 2013), retomaram de forma apropriada o conceito de calor e seus efeitos nos sistemas térmicos e conseguiram diferenciar os conceitos científicos e espontâneos de calor e temperatura (MAXIMO-PEREIRA e ABIB, 2012).

ANEXO A – TEXTO HISTÓRICO UTILIZADO EM SALA DE AULA NA ATIVIDADE E

Extraído de Briccia e Carvalho (2011).

Estando recentemente encarregado da superintendência de perfuração de canhões, em uma oficina de arsenal militar em Munique, fiquei impressionado com o considerável grau de calor que uma peça metálica adquire, em pequeno tempo, sendo perfurada; e com o calor até mais intenso (maior que o da água fervente, como comprovei pela experiência) das lascas metálicas originadas pela perfuração.

Quanto eu mais pensava nestes fenômenos mais eles pareciam ser para mim curiosos e interessantes. Uma completa investigação deles parecia, ao mesmo tempo, oferecer uma satisfatória interpretação para a natureza oculta do calor e nos tornar capazes de tecer algumas conjecturas razoáveis em relação à existência ou não de um fluido ígneo: um assunto que há muito tem dividido a opinião dos filósofos (...).

É ele fornecido pelas lascas metálicas que são separadas do metal pelo perfurador? Se este fosse o caso, então, de acordo com as modernas doutrinas de calor latente e do calórico, a capacidade para o calor das partes do metal reduzidas em lascas deveria não somente suficientemente grande para justificar o calor produzido.

Mas tal mudança não ocorre. Tomando iguais quantidades, em peso, destas lascas e de finas camadas do mesmo bloco metálico, separadas por meio de uma serra muito boa, coloquei-as a uma mesma temperatura (igual a da água fervente), em quantidades iguais de água fria (temperatura de 59,5° F); a porção de água na qual as lascas foram colocadas não foi mais ou menos aquecida que a outra de água, na qual as placas metálicas foram colocadas.

Este experimento foi repetido várias vezes; o resultado foi sempre o mesmo e não pude determinar nada, nem mesmo que a mudança tinha sido produzida no metal, pela produção de lascas, por meio da observação de sua capacidade para o calor.

É, pois, evidente que o calor produzido não podia ter sido fornecido pelo “gasto” do calor latente das lascas metálicas (Magie, 1935, p. 151-152). “O que é o calor? Há alguma coisa como um fluido ígneo? Há algo que possa ser propriamente chamado de calórico?”

Temos visto que uma considerável quantidade de calor pode ser produzida na fricção de duas superfícies metálicas e libera um constante fluxo, em todas as direções, sem interrupções ou intermissões e sem nenhum sinal de diminuição ou esgotamento.

De onde vem o calor que é continuamente liberado desta maneira nos experimentos precedentes? Foi ele fornecido por pequenas partículas do metal, arrancadas da massa sólida que foi atritada? Este, como já vimos, não pode ter sido o caso.

Foi ele fornecido pelo ar? Isto não pode ser, uma vez que em três dos experimentos o maquinário esteve imerso em água e o acesso do ar atmosférico foi completamente evitado.

Foi ele fornecido pela água que envolve o maquinário? Que isto não pode ser é evidente. Primeiro, porque esta água estava recebendo continuamente calor e não

poderia dar calor a um corpo ao mesmo tempo que o recebe dele. Segundo, porque não houve nenhuma decomposição química (o que não seria razoável esperar). Se houvesse, um de seus componentes elásticos (mais provavelmente o ar inflamável) deveria ao mesmo tempo ter sido posto em liberdade e, escapando para a atmosfera, teria sido detectado. Embora eu tivesse examinado freqüentemente a água para ver se alguma bolha de ar subia através dela e tivesse igualmente preparado para pegá-las e examiná-las se alguma surgisse, não pude perceber nada: não havia sinal de decomposição de qualquer tipo, nem outro processo químico ocorreu na água.

Não devemos esquecer de considerar esta mais remarcável circunstância, na qual a fonte de calor gerada por fricção parecia evidentemente inexaurível.

É forçosamente necessário admitir que o que um corpo isolado ou sistema de corpos podia produzir de modo contínuo, sem limitação, não podia ser substância material e parece-me extremamente difícil, senão impossível, imaginar algo capaz de ser produzido ou comunicado da forma como o calor o foi nestes experimentos, exceto se ele for movimento. (Magie, 1935, p.160-161).

Questões:

- 1. Que dúvida que pairava sobre Rumford a respeito da natureza do calor?*
- 2. Como o trabalho com os canhões auxiliou Rumford a discordar do modelo do calórico?*