UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

INSTITUTO DE QUÍMICA

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

DANILO CLARO ZANARDI

**A análise praxeológica de atividades experimentais subsidiando
a elaboração de situações-problema no ensino de Física**

São Paulo

2013

DANILO CLARO ZANARDI

A análise praxeológica de atividades experimentais subsidiando a elaboração de situações-problema no ensino de Física

Dissertação apresentada aos Institutos de Física,
de Química e de Biociências e à Faculdade de
Educação da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em Ensino de
Ciências.

Programa de Pós-Graduação

Interunidades em Ensino de Ciências

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Professor Doutor Mikiya Muramatsu

São Paulo

2013

Autorizo a reprodução 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

Zanardi, Danilo Claro

A análise praxeológica de atividades experimentais subsidiando a elaboração de situações-problema no ensino de física. – São Paulo, 2013.

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

Orientador: Prof. Dr. Mikiya Muramatsu

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física – Estudo e ensino; 2. Material didático; 3. Experimentos científicos; 4. Atividade escolar.

USP/IF/SBI-087/2013

Nome: ZANARDI, Danilo Claro

Título: A análise praxeológica de atividades experimentais subsidiando a elaboração de situações-problema no ensino de Física

Dissertação apresentada aos Institutos de Física, de Química e de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Física

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Dedico este trabalho à memória de meu irmão caçula, Rafael.

AGRADECIMENTOS

Não é tarefa fácil nomear todos aqueles que contribuíram para a condução da pesquisa de Mestrado e a redação desta dissertação, pois foram muitos.

Alguns amigos, com suas palavras de incentivo, me encorajaram a persistir com o objetivo do Mestrado, dentre eles, gostaria de agradecer ao Douglas e ao Cedrik, que acompanharam o processo e, com suas mensagens sempre otimistas, me ajudaram a acreditar que era possível. Obrigado aos dois!

Em termos profissionais, não poderia deixar de agradecer ao colégio onde lecionei por dez anos, de 2002 a 2012. Nesse período tive a oportunidade de aprender muito, tanto por meio das conversas informais com colegas de profissão como durante as reuniões pedagógicas. Foram momentos de troca intensa de experiência e conhecimento. As reuniões eram quase sempre conduzidas com o propósito de compartilhar práticas e assegurar o contato com teorias modernas de ensino e aprendizagem; debates acalorados e leitura de livros e textos sobre educação fizeram das tardes de segunda-feira momentos valiosos de reflexão e muito aprendizado. Fica aqui o meu agradecimento aos professores, coordenadores e mantenedores. Sem dúvida, foram anos representativos de uma vivência profissional determinante para que se estabelecesse boa parte das concepções que trago a respeito do ensino.

Ao meu orientador, Mikiya, que me aceitou, me compreendeu e me ensinou muito, além de abrir a porta para que eu trilhasse o caminho acadêmico, e fez isso sempre com serenidade e bom humor, o meu muito obrigado! Obrigado mesmo professor! Agradeço também à professora Vera Bohomoletz Henriques, que me aceitou como monitor da disciplina de Práticas em Ensino de Física, época em que nasceram muitas das ideias utilizadas em minha pesquisa. Aproveito para agradecer a todos os professores da Pós-Graduação; por intermédio de seus cursos e discussões em aula, tomei contato com teorias e metodologias que nem imaginava existir e, assim, vislumbrei novos pilares que sustentariam um também novo paradigma educacional. Em particular, agradeço aos professores Maurício Pietrocola, Ivã Gurgel e Elio Ricardo pelas discussões extremamente elucidativas e proveitosas! Sinto-me na obrigação de render uma homenagem especial aos jovens a quem tive a oportunidade de ensinar; afinal eles, os meus alunos, representam a razão de ser de todo o esforço empreendido em meu Mestrado. Espero de coração que o meu trabalho ajude a consolidar esse novo paradigma educacional. Que ele coopere por um ensino moderno, que considere as necessidades do jovem contemporâneo, e elimine, de uma vez por todas, a crueldade de entornar goela abaixo o conteúdo representativo de milênios de História em três anos de vida escolar: isso é um crime! Espero, no futuro, um ensino que selecione o que de fato deve ser ensinado e que garanta sentido na aprendizagem. Não é possível imaginar que um adolescente se anime e se mostre desejoso de, por exemplo, resolver, nos três minutos deixados para um teste de vestibular, a seguinte questão: Qual é a indicação de uma balança

sobre a qual está apoiado um caixote maciço cúbico de aresta 20 centímetros e de densidade 2,7 gramas por centímetro cúbico, sabendo que a balança se encontra no interior de um elevador que, por sua vez, sobe acelerando a razão de $3,7 \text{ m/s}^2$ próximo à superfície de um planeta de massa $4 \times 10^{24} \text{ kg}$ e diâmetro de $16 \times 10^3 \text{ km}$. Dado: constante da gravitação universal = $6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$. Ora, me poupe! Invejo vocês, alunos que não sucumbiram a tal barbaria! Enfim, agradeço pela paciência. Saibam que a insatisfação de vocês em relação ao abuso intelectual e emocional do sistema falido e arcaico do vestibular foi um dos fatores que me impeliram a buscar saídas no meu curso de Mestrado. Obrigado!

Devo ainda agradecer, obviamente, aos meus parentes – que não são poucos! – que tiveram de “aturar” alguém que, nas reuniões familiares, só falava de Física, ensino e aprendizagem, um mesmo tema por anos a fio! Peço perdão pela “teimosia” e agradeço pela paciência. Muito agradecido a vocês: Marcelo, Natália, Carolina, Daniel, Marcos, Catarina, Alexandre, Rebeca, Jorge, Dulcineia. Um “alô” especial aos parentes que não estão mais aqui conosco (fisicamente): meu pai, Nadir, e meu irmão caçula, Rafael. Aproveito para agradecer a meu mestre e amigo, Dr. Celso Charuri, que me revelou os princípios reguladores da conduta do indivíduo que anseia por um mundo melhor.

E o agradecimento mais importante (peço desculpas aos demais) vai para as três mulheres da minha vida: minha mãe querida, que, viúva há quase trinta anos, não cansou de dedicar-se diariamente aos seus filhos, encorajando, inspirando e amando. À minha esposa, dotada de uma capacidade inigualável de contemporizar e aceitar as diferenças e que, com todo o seu amor e a sua sabedoria, encontrou sempre a maneira mais apropriada de me ajudar a contornar as limitações impostas por um período de dedicação acadêmica. E, finalmente, à minha pimpolha, Sofia, minha filha querida, meu tudo, minha graça, minha razão de acreditar: o papai te ama mais do que é possível se amar! Obrigado por existir e vir me cumprimentar no escritório todos os muitos dias em que redigia esta dissertação, sempre com um sorriso alegre estampado no rosto, o que tornava a tarefa de escrever esta e outras tantas páginas muito mais agradável e gratificante. Muitíssimo obrigado, minha filha, papai te ama!

Em um dos manuais do programa, li que eu poderia deixar registrada uma epígrafe. Escolhi uma que poderá causar polêmica, não somente pelo conteúdo expresso, mas também pelo autor da frase que, apesar de gênio (será que era?), não era educador (será que não?):

“Educação é aquilo que permanece depois que você esquece o que a escola ensinou.”.

Albert Einstein

RESUMO

ZANARDI, Danilo Claro. *A análise praxeológica de atividades experimentais subsidiando a elaboração de situações-problema no ensino de Física*. 2013. 152 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Institutos de Física, de Química e de Biociências, São Paulo, 2013. (Orientador: Professor Doutor Mikiya Muramatsu)

A principal ocupação de nossa pesquisa foi a de elencar e de relacionar elementos teóricos que ajudassem a nós, professores de Física, compreender o potencial didático atrelado às diferentes abordagens frequentemente usadas para atividades experimentais em sala de aula. Com isso, esperávamos obter um caminho teoricamente fundamentado, capaz de subsidiar um planejamento consistente para o uso dessa estratégia em sala de aula, um planejamento que levasse em conta as características epistemológicas e operacionais da atividade escolhida. Nossa aposta inicial era a de que elas (as atividades experimentais) poderiam ser mais bem aproveitadas, em termos didáticos, se fossem usadas no contexto de uma situação-problema. Acreditávamos ser a situação-problema em ensino uma modalidade que viabilizaria a inclusão simultânea dos dois aspectos citados (epistemológico e operacional), o que, a nosso ver, configuraria o uso mais abrangente de atividades experimentais no âmbito escolar.

De início realizamos uma revisão de elementos teóricos relacionados tanto às estratégias estudadas – atividade experimental e situação-problema –, como ao tipo de ensino que tais estratégias poderiam, de acordo com a literatura examinada, promover: um ensino conceitual aprofundado com enfoque no desenvolvimento de habilidades e na construção de competências. Paralelamente à revisão, escolhemos as teorias de Chevallard (teoria da transposição didática e teoria antropológica do didático) para entender de que forma o saber expresso por uma prática social poderia ser conciliado com a atividade experimental eleita como modeladora da situação-problema a ser planejada. Em um próximo momento elaboramos, com base na análise feita até esse ponto e na literatura levantada sobre justificativas didáticas para atividades experimentais, categorias de classificação para o uso escolar de atividades experimentais. As categorias foram agrupadas em duas dimensões: de contexto social e de contexto didático. A discussão teórica e a elaboração de categorias abriram caminho para uma reflexão sobre quais seriam os questionamentos básicos que sustentariam o planejamento de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental. Finalmente, como último passo, utilizamos a análise e a discussão realizada para avaliar a proposta de atividades experimentais da forma como elas estão apresentadas em dois livros didáticos aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), e também para examinar dois artigos que discutem o uso de atividades experimentais no ensino.

O referencial teórico adotado parece apontar como viável e promissora a união das duas estratégias: atividade experimental e situação-problema. No entanto, os recursos apresentados em livros didáticos e artigos afins não atendem aos requisitos de um planejamento que considera os elementos propostos em nossa pesquisa e exigem do professor, além de muita criatividade, um trabalho intenso de pesquisa, estudo e investigação.

Palavras-chave: ensino de Física; atividades experimentais; organizações praxeológicas; habilidades e competências; situação-problema.

ABSTRACT

ZANARDI, Danilo Claro. *The praxeological analysis of experimental activities aiding the drawing of problem-situations in physics teaching*. 2013. 152 p. Dissertation (Masters in Science Education). Institute of Physics, Institute of Chemistry, Institute of Bioscience and School of Education of the University of São Paulo. São Paulo, 2013. (Advisor: Professor Mikiya Muramatsu)

The main occupation of our research was to list and to relate theoretical elements which could help us, physics' teachers, to comprehend the didactical potential coupled to the different approaches frequently assigned to experimental activities in the classroom. By doing that, we expected to obtain a theoretically reasoned path, which could, in turn, support a solid planning to use this strategy in the classroom; a planning which took into account the epistemological and operational features of the chosen activity. Our first bet was that they (experimental activities) could be better harnessed, in didactical terms, if they were used in the context of a problem-situation. We believed that a problem-situation in school was the kind of modality which would enable the simultaneous inclusion of the two mentioned aspects (epistemological and operational), which, in our point of view, would set the more extensive use to experimental activities in the school scope.

Initially, we conducted a review of theoretical elements relating to both the strategies studied – experimental activity and problem-situation – as well as the type of teaching that such strategies could, according to the literature examined, promote: a conceptual depth teaching with a focus on developing skills and building competencies. Alongside the review, we chose Chevallard's theories (theory of didactic transposition and anthropological theory of the didactic) to understand how knowledge supported by a social practice could be reconciled with the experimental activity elected as modeler of the problem-situation to be planned. As a next step, we designed, based on the analysis done up to this point and in the selected literature on the didactical reasons for experimental activities, classification categories to the educational use of experimental activities; the categories were grouped into two dimensions: the social context and the learning context. The theoretical discussion and elaboration of categories paved the way for a reflection on what should be the inquiries which would underpin the planning of a problem-situation centered in an experimental activity. Finally, as a last step, we used the analysis and discussion conducted to evaluate the proposal for experimental activities as they are presented in two textbooks approved by *Programa Nacional do Livro Didático* PNLD, and also to examine two articles that discuss the use of experimental activities in education.

The theoretical framework adopted seems to point out as feasible and promising the union of these two strategies: experimental activity and problem-situation. However, contents in textbooks and related articles do not meet the requirements of a planning which considers the elements suggested in our research and thus, would require the teacher, beyond a lot of creativity, an intense work of research, study and quest.

Keywords: physics teaching; experimental activities; praxeological organizations; skills and competencies; problem-situation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Elementos centrais da relação didática.	29
Figura 2: Dimensão didática de destaque em nossa pesquisa.	30
Figura 3: Os três níveis de saber de acordo com a teoria da transposição didática.....	33
Figura 4: Esquema que ilustra a relação entre a TD e a TAD.....	36
Figura 5: Um único tipo de tarefa (T) abarca inúmeras tarefas (t).....	40
Figura 6: Esquema que ilustra a origem das categorias do contexto social.	90
Figura 7: Categorias para atividades experimentais.	102
Figura 8: Mapa conceitual que ilustra os elementos considerados no planejamento de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental.	140

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – aluno
AE – atividade experimental
AS – aluno-saber: dimensão cognitiva da relação didática
I – instituição
ID – intenção didática
LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC – Ministério da Educação
OP – organização praxeológica
P – professor
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLD – Programa Nacional do Livro Didático
PS – professor-saber: dimensão epistemológica da relação didática
PSR – prática social de referência
S – saber
SP – situação-problema
T – tipo de tarefa
TA – tarefa ampla
TAD – teoria antropológica do didático
TD – teoria da transposição didática
VE – vigilância epistemológica
θ – tecnologia
Θ – teoria
τ – técnica

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	13
2. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS	18
2.1. Por que atividades experimentais no ensino?	18
2.2. Por que planejar o uso didático de uma atividade experimental?	19
2.3. Por que pensar em situações-problema e no ensino por competências hoje?	22
2.4. Qual a dificuldade de planejar situações-problema?	27
3. ELEMENTOS TEÓRICOS USADOS EM NOSSA PESQUISA	29
3.1. O que é atividade experimental em ensino?	30
3.2. Teorias de Chevallard: teoria da transposição didática (TD) e teoria antropológica do didático (TAD)	32
3.2.1. Relação entre a TD e a TAD	35
3.2.2. A teoria antropológica do didático como referencial teórico de pesquisas em ensino	38
3.2.3. Aspecto estrutural da TAD – organizações praxeológicas	40
3.2.4. Diferença entre organizações praxeológicas didáticas e reais	44
3.2.5. Outro conceito importante para a nossa pesquisa: versão autorizada	44
3.2.6. Críticas às teorias de Chevallard	44
3.3. Habilidades e competências no ensino	46
3.3.1. Condições para um ensino por competências	46
3.3.2. O ensino de Física e o ensino por competências nos textos oficiais	47
3.3.3. Por que a preocupação com a interdisciplinaridade?	50
3.3.4. Por que, então, foram criadas disciplinas escolares?	51
3.3.5. Qual o problema da compartimentalização na escola?	52
3.3.6. De que forma levar em conta a multidisciplinaridade intrínseca à realidade?	52
3.3.7. Aprofundando os significados de habilidade e competência	56
3.3.8. A figura do especialista competente	59
3.4. Campos conceituais: uma justificativa na dimensão cognitiva	61
3.4.1. Qual a perspectiva da teoria dos campos conceituais?	61
3.4.2. Qual a premissa da teoria dos campos conceituais?	61
3.4.3. Relacionando a ideia de conceitos com o conceito de situações	62
3.4.4. Situações e a ideia de esquemas	62
3.5. O ensino por situação-problema: uma estratégia promissora para o desenvolvimento de habilidades e para a aprendizagem significativa	63
3.5.1. O que é uma situação-problema proposta para o ensino?	64
3.5.2. Cuidados com as questões representativas de uma situação-problema	66

3.5.3. O enfrentamento do obstáculo em uma situação-problema	66
3.6. O conceito de obstáculo à aprendizagem	69
4. OBJETIVOS	72
a) Classificação das atividades experimentais em ensino.....	74
b) Bases teóricas e questionamentos que auxiliam o planejamento de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental.....	74
c) Aplicação das bases teóricas e dos questionamentos levantados	74
5. PROCEDIMENTOS E RESULTADOS.....	75
5.1. Elaborando categorias para atividades experimentais no ensino	75
5.1.1. Justificativas didáticas frequentemente relacionadas ao uso de atividades experimentais no ensino	75
5.1.2. Nosso rol de categorias para classificar atividades experimentais no ensino.	83
5.2. Bases teóricas e questionamentos que auxiliam o planejamento de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental.....	102
5.2.1. O que vale mais: os saberes de uma atividade humana regular, organizados praxeologicamente (OP), ou as habilidades e as competências?	103
5.2.2. Campos conceituais e ensino por competências: o que há em comum?	108
5.2.3. Por que atividades experimentais se adéquam a situações-problema?	109
5.2.4. O que deve ser considerado durante a elaboração de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental?	111
5.3. Usando as bases teóricas investigadas e os questionamentos levantados.....	116
5.3.1. Por que analisar atividades em livros didáticos?	116
5.3.2. Como foi realizada a escolha dos livros?	117
5.3.3. A análise dos livros	118
5.3.4. A escolha e a análise dos artigos.....	128
6. CONCLUSÕES	137
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	141
REFERÊNCIAS.....	144
ANEXOS	148
A.1. Síntese dos principais conceitos teóricos de nossa pesquisa	148
A.2. Fichas de categorização das atividades dos livros escolhidos.....	150

1. APRESENTAÇÃO

A partir de 2007 as atividades experimentais começaram a ganhar um lugar de destaque em meus planos de aula. A motivação para essa mudança se concretizou-se depois que participei de um curso de férias conduzido pelo coordenador técnico do laboratório didático do Instituto de Física, Claudio Furukawa. O objetivo do curso era o de instrumentalizar professores de Física que desejavam utilizar atividades experimentais em suas aulas. A empolgação com essa que considero uma excelente estratégia de ensino foi tamanha que ingressei como voluntário no projeto *Arte & Ciência no Parque* em 2009. Divulgando a ciência em escolas e parques, tomei contato com inúmeros experimentos que ainda não conhecia. A experiência que estava adquirindo ao usar experimentos em minhas aulas e nas apresentações do *Arte & Ciência*, somada à tentativa de encontrar alternativas de uso para um mesmo equipamento, me encorajaram a participar como monitor das oficinas e dos cursos de capacitação ministrados por meu orientador, Mikiya Muramatsu, em congressos e simpósios. Tanto me envolvi com o trabalho que acabei, com a ajuda de monitores, conduzindo dois cursos de férias ocorridos no encontro USP-ESCOLA, em 2011 e 2012, cujo público majoritário era composto de professores da rede pública. Nos dois cursos tive a oportunidade de compartilhar conhecimento e trocar experiências sobre a construção e a utilização de atividades experimentais ligadas ao ensino de Óptica.

No entanto, apesar do meu deslumbramento com os experimentos, não era clara para mim (e, para ser honesto, continuo com muitas dúvidas a respeito) a maneira como deveria utilizar os experimentos para assegurar a aprendizagem significativa de meus alunos (se é que tal garantia pudesse existir). Também não sabia responder de forma satisfatória quando era questionado sobre os pressupostos teóricos das atividades experimentais em ensino. Venho então, desde essa época, inteirando-me em relação às pesquisas existentes na área. Pesquisadores como Laburú, Araújo, Abib, Alves Filho, Borges, Gaspar, Medeiros, Monteiro, Galiuzzi, Séré, entre outros que modelaram parte das ideias aqui expostas, ajudaram-me a amenizar esse anseio. A pesquisa relatada nesta

dissertação serviu para que eu desse minha contribuição para a problemática do uso da atividade experimental em ensino.

Meu interesse inicial concentrou-se nos elementos teóricos que serviriam como fundamentos para argumentar, analisar, criar, enfim, compreender e maximizar os efeitos didáticos “benéficos” das atividades experimentais. Aos poucos, ele foi se modulando até se transformar no interesse atual e que encabeçou a pesquisa: levantar e analisar elementos teóricos que contribuam para um planejamento bem fundamentado de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental. Notei que existia muita pesquisa sobre o papel das atividades experimentais em ensino de Física. No entanto, nas minhas leituras, percebi ser mais frequente a investigação do uso que enfatiza o ensino de um suposto método experimental, ou o desenvolvimento das habilidades relacionadas a tal método. Porém, acredito que exista um potencial didático muito mais abrangente e relevante por trás dessa estratégia. Assim, decidi investigar as estruturas epistemológica e operacional de diferentes atividades experimentais e das diferentes abordagens que se pode atribuir a uma mesma atividade experimental voltada ao ensino de Física. Com isso, espero contribuir com um pouco de fundamentação teórica com aqueles que desejam elaborar um planejamento que objetive o uso diferenciado de atividades experimentais no ensino dessa disciplina.

Para isso, nossa pesquisa investigou a viabilidade de utilizar as praxeologias de Chevallard durante a concepção de situações-problema centradas em atividades experimentais. Além disso, analisamos a maneira pela qual as práticas sociais de referência de Martinand podem auxiliar a contextualização de tais situações. Finalmente, buscamos justificativas para as estratégias da situação-problema e da atividade experimental tanto na teoria do campo conceitual de Vergnaud como na modalidade de ensino por competências na visão de Perrenoud.

A ideia de usar atividades experimentais no contexto de situações-problema começou a despontar em minha mente em 2011, quando trabalhei supervisionando estágios de alunos da Licenciatura que cursavam a disciplina Práticas de Ensino de Física, ministrada pela professora Vera Bohomoletz

Henriques, com participação de Claudio Furukawa. Meu trabalho era ajudar alunos da Licenciatura a planejar a realização de atividades experimentais nas escolas públicas onde faziam seus estágios. O laboratório da disciplina contava com um verdadeiro arsenal de materiais de baixo e médio custo, agrupados em *kits* que eram levados semanalmente para as escolas onde os estágios aconteciam. O planejamento da atividade experimental era pensado e elaborado pela dupla de estagiários, e sua estrutura era dividida em: tempo programado, objetivos previstos, assunto e conteúdos abordados, material utilizado, procedimentos de montagem do experimento e resultados esperados. Após a aplicação da atividade, que poderia durar quantas aulas fossem necessárias, a dupla redigia um relatório final, em que discutia e analisava os resultados da atividade comparando-os com os objetivos esperados. Minha participação se dava em todo o processo, emitindo opiniões e ideias para o planejamento, fazendo pré-testes dos experimentos que seriam levados à escola, ajudando a montar os *kits* com o material e servindo de cobaia para a dupla testar os procedimentos da proposta antes de ir à escola. Depois disso, discutia com a dupla o relatório final, atentando para o que poderia ser modificado no planejamento e na execução da atividade de modo que ela fosse mais proveitosa para os alunos.

Ao mesmo tempo que trabalhava monitorando alunos da graduação, eu mesmo cursava a disciplina Didática das Ciências Experimentais da Pós-Graduação, ministrada pelos professores Mauricio Pietrocola e Elio Carlos Ricardo, quando tive a oportunidade de conhecer de forma mais aprofundada as teorias da didática francesa, em particular as teorias de Chevallard. A maneira de entender a organização dos saberes na sociedade, de acordo com as teorias desse educador, me chamou muito a atenção; tanto que comecei a tentar incluir a ideia de tarefas e técnicas no planejamento das atividades experimentais dos estagiários. A possibilidade de pesquisar inúmeras tarefas para uma mesma atividade experimental – o que, em tese, poderia torná-la “apta” a ser usada em uma situação-problema – me parecia uma possibilidade tão pertinente que a usei para investigar as tarefas que poderiam entremear a atividade experimental do *tubo de freio magnético*. Tal investigação foi publicada em parceria com meu orientador, Mikiya, e com meu colega Diogo Soga, doutor e técnico do laboratório

de Óptica e cuja experiência com arranjos e medições se mostrou essencial para o êxito da experiência. Os resultados da pesquisa, que inclui o rol de tarefas que poderiam acompanhar o uso desse experimento em sala de aula, estão publicados no *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 29, n. 2, 2012, sob o título *Medindo a massa de um ímã durante sua queda*.

Em 2011 e 2012 também atuei como tutor *on-line* de um curso do projeto Redefor de Campinas, curso de especialização para professores da rede pública. Como seria muito trabalhosa a descrição de atividades experimentais por meio de fórum, decidi filmar e disponibilizar vídeos com exemplos de experimentos que poderiam subsidiar o ensino de Física. Uma vez mais, eu aproveitava as ocasiões para refletir como tirar melhor proveito didático dos experimentos e para pensar em situações “reais” que poderiam se transformar em situações didáticas com a presença dos experimentos.

Paralelamente a esse período relatado, que vai de 2007 a 2012, eu continuava lecionando na mesma escola em que trabalhara desde 2002 como professor de Física do Ensino Médio. Os coordenadores da escola procuravam constantemente a inovação no ensino. Desde o ano de 2004, as reuniões pedagógicas semanais eram direcionadas à discussão dos pressupostos teóricos e à viabilidade de se aderir a uma modalidade de ensino por competências. No ano de 2011 e 2012, o estudo se intensificou sobremaneira e nós, professores, fomos convidados a ler e a discutir o livro de Perrenoud *Construir as competências desde a escola*, Artmed, 1999, que citaremos diversas vezes nesta dissertação.

Enfim, foi um período de proliferação de ideias e de contato com muitos conceitos sobre ensino e aprendizagem, em que construí algumas opiniões pessoais acerca do que poderia contribuir para um ensino diferenciado de Física, opiniões que permeiam as hipóteses e premissas de minha pesquisa. Duas das opiniões estarão bastante evidentes nas próximas páginas: o ensino de Física deve favorecer o desenvolvimento de habilidades e o domínio conceitual aprofundado. Situações de ensino que usam atividades experimentais são particularmente favoráveis a esse propósito. A proposta que resulta dessas opiniões e que a leitura atenta desta dissertação revelará é o desafio de tornar o

aluno não comprometido com sua aprendizagem no cenário de um ensino tradicional um estudante que leve a sério os seus compromissos escolares e se aprofunde no conhecimento gerado por esse comprometimento; além disso, este trabalho mostra que está em nossas mãos, os professores, a tarefa de pensar e de criar situações favoráveis a essa mudança de rumo na vida estudantil dos nossos alunos.

2. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

2.1. Por que atividades experimentais no ensino?

Para Moreira (2002), o conhecimento está encapsulado em situações e é nelas que o aluno aprende. Nossa crença, construída pela vivência docente e pelo estudo sobre o uso didático de experimentos, ilustra a afirmação desse autor, pois acreditamos que uma dessas situações, particularmente favorável à aprendizagem, seja proporcionada pelo uso didático de atividades experimentais.

Para Cerbaro e Rocha Filho (2009, p. 1119), entre os recursos didáticos disponíveis a um professor, “as atividades experimentais ocupam uma posição privilegiada, pois associam a aprendizagem à operação da realidade e favorecem o entendimento de leis e conceitos”. No artigo de Araújo e Abib (2003), os autores afirmam que os pesquisadores da área são unânimes em destacar dois aspectos fundamentais que validam o uso dessa estratégia:

- a) Capacidade de estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem.
- b) Tendência em propiciar a construção de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 190).

Esses mesmos autores, ainda sobre o uso de atividades experimentais, observam:

De modo convergente a esse âmbito de preocupações, o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 176).

Acreditamos, assim, que apesar de toda pesquisa já realizada e que considera o papel da atividade experimental no ensino de Física, muito ainda existe a ser investigado.

No nosso entender, é preciso conhecer mais sobre as potencialidades das atividades experimentais, quais conhecimentos abarcam, por que estão nos livros

didáticos, de onde vêm, para que servem, quais tarefas poderiam ser propostas a partir delas, quais habilidades elas ajudam a desenvolver, por que a escolha de uma em detrimento de outra; certamente, as respostas requerem um conhecimento mais aprofundado do assunto.

2.2. Por que planejar o uso didático de uma atividade experimental?

Segundo Alves Filho (2000b), o encaminhamento de atividades experimentais para a sala de aula, aqui no Brasil, não era sequer considerado na década de 1970, com a justificativa de que os experimentos já estavam descritos nos livros. Para ele, o valor didático de atividades experimentais começou a ser reconhecido e a se tornar popular apenas com o surgimento dos grandes projetos em ensino de Física, como o PSSC, o projeto Harvard, o PEF entre outros. Em função dos poucos anos de reconhecimento, não é de se estranhar que, a despeito do enorme potencial didático, as pesquisas apontem para a subutilização desse tipo de estratégia pelos professores do Ensino Médio. O trabalho de Laburú, Barros e Kanbach (2007) sumariza muitas dessas pesquisas, além de levantar possíveis causas para o não uso de experimentos. Os autores argumentam que a falta de preparo adequado dos professores e da infraestrutura da instituição da qual fazem parte não seriam, como se costuma pensar, as principais causas do que chamam de “fracasso experimental”. Isso pode ser visto no trecho a seguir:

Tentamos mostrar que a análise do problema do malogro da implementação experimental no Ensino Médio pelo professor de Física não se reduz à simples leitura negativa fundamentada na falta de material, de laboratório, de horário na grade escolar etc. Sem desconsiderar a importância desses fatores, vimos que eles não são condições necessárias e nem a leitura subjacente a eles é suficiente para se compreender a totalidade daquele problema (LABURÚ; BARROS; KANBACH, 2007, p. 317).

Os autores apontam ser a falta de comprometimento dos professores com a profissão o fator determinante para o não uso dessa estratégia em suas aulas. Ainda assim, nos parece plausível pensar que a falta de conhecimento de um caminho teórico para o planejamento da atividade inviabilizaria seu uso consciente e eficiente, mesmo para os professores comprometidos com a profissão. A falta de um modelo teórico para o planejamento de atividades

experimentais é comentada também por Borges (2002, p. 16), como podemos ver a seguir:

Mesmo em locais com forte tradição de ensino experimental, por exemplo, nos cursos superiores e cursos das escolas técnicas, quase nunca ocorre o planejamento sistemático das atividades, com a explicitação e discussão dos objetivos de tal ensino. A formulação de um planejamento para as atividades de ensino, quando existe, destina-se mais a atender às demandas burocráticas do que explicitar as diretrizes de ação do professor e dos estudantes, ao longo de um curso. Assim, o professor trabalha quase sempre com objetivos de ensino pouco claros e implícitos, confiando em sua experiência anterior com cursos similares.

Seguindo essa forma de entender o problema, procuramos investigar um possível caminho que assegurasse um planejamento consistente para o uso de atividades experimentais. Usamos, para isso, teorias de ensino já consagradas pela comunidade acadêmica. Vale observar que, em nossa opinião, a falta de um caminho não se deve necessariamente à falta de empenho, capacidade ou de estudo por parte do professor, mas, antes, à complexidade de se colocar em prática, na sala de aula, uma atividade experimental. Além da natural dificuldade que todos nós, professores, temos de nos desvencilhar da memória e da tradição docente que nos guiou em nossa trajetória escolar, em uma época em que atividades experimentais eram relegadas ao plano da citação ou descrição, estamos diante, agora, de uma vasta gama de características a serem consideradas durante o planejamento dessa estratégia. Uma rápida evolução como essa pode acabar mais nos reprimindo do que motivando. Laburú (2005, p. 161-162) destaca, de forma clara, o amplo leque de enfoques por que passa a pesquisa sobre o uso didático das atividades experimentais:

Entre os diversos estudos poderíamos citar aqueles com preocupação centrada em conteúdos específicos do laboratório. [...] Outros enfatizam mais os procedimentos e o desenvolvimento de habilidades, como o uso e manipulação acurada dos instrumentos e técnicas laboratoriais, de organização e comunicação, desenvoltura para questionar, pensar criticamente, resolver problemas, procurando debater a relação processo *versus* conteúdo. Alguns analisam os objetivos do laboratório, seu papel e características ou ressaltam a estruturação didática, as etapas do método científico, a importância da introdução de experimentos fundamentais. Há trabalhos que centram mais a atenção na natureza epistemológica e na relação desta com o ensino e aprendizagem, que investigam a questão da dinâmica de grupo de estudantes no trabalho de laboratório por meio de referenciais psicanalíticos, ou que buscam métodos alternativos de avaliação dos estudantes, mais apropriados às características pedagógicas desenvolvidas em ambiente de laboratório. Há os que buscam identificar as dimensões do interesse, que analisam o benefício de um experimento em

termos dos resultados das atitudes dos alunos frente a um estilo de instrução aberto e questionador, comparado a um estilo expositivo. Inclui-se, ainda, os que buscam as diferentes percepções dos alunos e professores a respeito do propósito do laboratório e que comparam o planejamento das atividades práticas com as razões para esse planejamento. Para terminar, temos os que, por meio de grandes projetos, mostram as práticas comuns vinculadas a objetivos gerais dos diversos laboratórios do Ensino Médio e universitário de vários países da Europa, inclusive, apontando as diferenciações e particularidades dos laboratórios de Física, Química e Biologia etc.

Diante da imensidão de possibilidades, não é de espantar que o professor que pesquisa um meio prático – porém fundamentado teoricamente – de incluir as atividades experimentais em seus planos de aula possa se sentir desamparado, sem saber por onde começar e, eventualmente, abandonar a ideia.

A pesquisa mostra que mesmo os professores que usam frequentemente atividades experimentais em suas aulas o fazem, na maioria das vezes, sob o comando de razões burocráticas e de uma cultura “dogmática” a respeito desse recurso didático, e não de pressupostos fundamentados teoricamente. Richoux e Beaufils (2003), por intermédio de uma pesquisa conduzida com professores franceses do Ensino Médio, concluíram que o planejamento da atividade experimental é realizado, na maior parte das vezes, por razões burocráticas e pelas concepções próprias que os professores têm em relação ao ensino. Segue um excerto da conclusão desses pesquisadores:

[...] a estrutura de trabalho de construção de atividades práticas pelos professores é bipolar: a “gestão de restrições” é um dos polos e o “modelo para colocar em marcha o ensino”, outro. Este último inclui, para cada professor, o modelo que ele ou ela tem de educação científica e de estudante, construído de uma forma bastante geral ou, algumas vezes, baseando-se na turma para a qual leciona naquele ano em particular (RICHOUX; BEAUFILS, 2003, p.104, tradução nossa).

A nosso ver, um dos principais ganhos em se tomar consciência de um caminho teórico que norteie o planejamento de aulas com a presença da atividade experimental consiste na possibilidade de sistematizar o processo de elaboração de tarefas a serem realizadas, habilidades a serem desenvolvidas e comparação entre os resultados esperados e aqueles efetivamente obtidos; tal sistematização ajuda, por retroalimentação, a tornar o planejamento cada vez mais eficiente.

2.3. Por que pensar em situações-problema e no ensino por competências hoje?

De acordo com Santos (2001), psicóloga e professora da Universidade Federal do Rio de Janeiro, a luta pela “escola para todos” teria tido a sua gênese na época da publicação da Declaração Universal dos Direitos Humanos em 1948. Na década de 1960 essa luta se ramificou, aqui no Brasil, na forma do movimento de “massificação do ensino”. É preciso dizer, no entanto, que apesar do marco simbólico para a qualidade do ensino nacional, em meados do século XX, a educação para todos ainda era elitista, uma vez que as classes desfavorecidas procuravam o ensino técnico profissionalizante para garantir sua capacitação para o mercado de trabalho, o que acabava por excluir a possibilidade do futuro ingresso no nível superior. Não obstante, é fato inegável que a oferta pública de ensino para todos é atraente em nível individual e essencial em nível coletivo. Aliás, a oferta de um ensino técnico profissionalizante atendia bem às necessidades de recursos humanos para o desenvolvimento econômico do país, em uma época em que o setor industrial se estabelecia como alicerce econômico para o desenvolvimento. As duas primeiras Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBs), que datam de 1961 e de 1971, apontam como objetivo para o Ensino Médio preparar o indivíduo para sua futura integração profissional à sociedade. Assim, pode-se entender como um dos papéis esperados da escola nesse momento a formação de cidadãos preparados para enfrentar as dificuldades do mundo profissional e capazes de contribuir para o crescimento econômico do país. Em linhas gerais, as funções associadas à produção e ao desenvolvimento industrial, nessa época, não demandavam um profissional que tivesse desenvolvido a fundo as funções cognitivas de criação e pensamento crítico; alguém que soubesse realizar tarefas preestabelecidas poderia cumprir bem o papel do profissional técnico. Nada mais natural que o currículo do Ensino Médio dessas décadas reflita os interesses de uma nação que precisava de profissionais especialistas na indústria para prosperar. Um ensino que valorizasse a memorização e a reprodução como resultados esperados para a aprendizagem não era tão malvisto como é atualmente, uma vez que tais operações cognitivas se mostravam suficientes para muitos dos cargos técnicos de então. Aliás, em consonância com tais necessidades, surgem, em 1942, o

Senai e, em 1946, o Senac, que, aos poucos, se consolidariam como via de acesso rápida e de qualidade para o ingresso no mercado técnico de trabalho.

Contudo, o cenário econômico mundial começou a mudar nos anos 1980 e, no Brasil, a década de 1990 ficou marcada por uma revolução na maneira pela qual a economia da nação e as próprias relações sociais começaram a se estabelecer. A era da tecnologia e da informação, que já havia dado seus primeiros passos nas décadas anteriores, chegava ao Brasil e trazia à tona necessidades que o ensino tradicional, concebido para preparar para exames vestibulares ou formar profissionais da indústria, não mais poderia suprir. A quantidade de informação produzida e disseminada a partir da década de 1990 exigia profissionais que soubessem pesquisar, selecionar e analisar informação, com autonomia para procurar e aprender. Em outras palavras, a memorização e a especialização técnica que atendiam bem à demanda da década anterior deram espaço à apropriação de habilidades e competências diferentes. A escola tradicional, nessa perspectiva, deveria ser repensada (e parece que o olhar público está atento a essa necessidade).

A iniciativa pública começa a se concretizar na LDB de 1996. Ao compararmos o primeiro artigo das três LDBs, de 1961, 1971 e 1996, que iniciam o capítulo sobre objetivos e organização do ensino para o nível do Ensino Médio, a preocupação de uma formação diferenciada se torna evidente somente na última das três (LDB/96, grifo nosso):

Lei n. 4 024, de 20 de dezembro de 1961:

Art. 33. A educação de grau médio, em prosseguimento à ministrada na escola primária, destina-se à formação do adolescente.

Lei n. 5 692, de 11 de agosto de 1971:

Art. 21. O ensino de 2º grau destina-se à formação integral do adolescente.

Parágrafo único. Para ingresso no ensino de 2º grau, exigir-se-á a conclusão do ensino de 1º grau ou de estudos equivalentes.

Lei n. 9 394, de 20 de dezembro de 1996:

Art. 35. O Ensino Médio, etapa final da Educação Básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I. a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II. a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III. o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico.

Nota-se que as duas primeiras LDBs fazem menção apenas a uma formação integral do adolescente, sem delinear o que seria ou o que envolveria tal formação. O primeiro artigo da LDB de 1996, no entanto, ressalta de forma clara as preocupações com o tipo de formação que se espera nesse nível, possivelmente o reflexo de uma mudança na necessidade do perfil do profissional que a nação precisa naquele momento para se desenvolver.

Foi nesse contexto que, no final da década de 1990, os PCN para o Ensino Médio (PCNEM) são publicados, talvez como a resposta pública para as novas necessidades educacionais e expectativas de aprendizagem.

O texto dos PCNEM está permeado pela ideia de que o ensino tradicional, pautado na memorização e reprodução, se mostrava obsoleto perante a nova realidade. Se outrora bastava ao profissional desenvolver tais funções cognitivas, agora elas se mostrariam incapazes de embasá-lo cognitivamente de forma que garantisse a ele adequação profissional e social. O próprio conteúdo que era ensinado na escola tinha um papel cada vez menos relevante. As mudanças que se impunham pelos novos tempos e pelas novas tecnologias eram tão dinâmicas que o conhecimento aprendido na escola se tornaria insuficiente poucos anos depois. O que fazer? Como contornar tal situação? Uma resposta que começou a ganhar força entre os educadores foi a de que a escola deveria usar o conteúdo como matéria-prima para desenvolver habilidades e construir competências. Essas habilidades e competências deveriam ser, de acordo com essa corrente de pensamento, os novos quesitos para a futura profissão, para o prosseguimento nos estudos e para a adequação social à nova realidade que se modificava pela era da informação. Em outras palavras, o conteúdo, pouco a pouco, foi perdendo *status* e dando lugar à construção de competências. Um equívoco comum, no entanto, é pensar que o conteúdo deveria ser abandonado por completo; não é esse o caso e não é isso o que aparece nos textos sobre o assunto. Como exemplo, podemos citar Perrenoud:

[...] para entender o mundo e agir sobre ele, não se deve, ao mesmo tempo, apropriar-se de conhecimentos profundos e construir competências suscetíveis de mobilizá-los corretamente? (PERRENOUD, 1999, p. 11, grifo nosso).

A título de exemplo, tomemos o ensino da Cinemática. De acordo com o entendimento que temos da escola pedagógica por competências, os conteúdos

da Cinemática não devem ser deixados de lado, mas sim utilizados para proporcionar aos estudantes oportunidades de desenvolver habilidades. A Cinemática, em particular, apresenta um rico repertório para o trabalho com as habilidades relacionadas à leitura e à interpretação de gráficos e tabelas. Comparar gráficos de movimento uniforme com movimento uniformemente variado, extrair valores de gráficos, tais como velocidade, deslocamento, aceleração e compreender o significado da inclinação e de vértices, por exemplo, são operações que, juntas, auxiliam o aluno a desenvolver a habilidade de trabalhar com gráficos. É provável que ele, em sua futura profissão, não se recorde dos conceitos de movimento uniformemente variado, aceleração, entre outros, mas, apesar do esquecimento, a aposta pedagógica que se faz é que as habilidades desenvolvidas e as competências construídas sobreviverão ao período posterior à escola. Se este for mesmo o caso, o indivíduo, ao deparar no decorrer da vasta gama de atividades de naturezas complexas impostas pela nova realidade profissional, com uma situação em que precise lançar mão da habilidade de trabalhar com gráficos, ele será capaz de utilizá-la para a resolução do problema em questão, o que certamente o diferenciará de alguém que, na escola, desenvolveu apenas as funções cognitivas de memorização e reprodução do conteúdo aprendido. Em síntese, os conteúdos aprendidos na escola poderão ser esquecidos na vida não escolar, mas a construção de habilidades e competências traz à educação a esperança de mudar a postura do indivíduo diante das situações ainda que corriqueiras do dia a dia. Habilidades e competências pressupõem autonomia e proatividade diante das adversidades. Tais características não são esperadas apenas no contexto profissional, mas também na convivência social, daí a escolha por essa linha educacional ser tão sedutora.

Em contrapartida, a própria passagem de Perrenoud que trouxemos acima indica a necessidade de um conhecimento profundo, sem o qual o profissional se limitaria em suas possibilidades de atuação sobre o problema posto. Contudo, tal conhecimento, de acordo com as ideias desse pensador, é adquirido ao longo da vida, por experiência, estudo e reflexão, forjando o perfil de um profissional geralmente citado como *especialista competente*, aquele que possui um profundo conhecimento de seu campo de atuação e que, além disso, apresenta as

competências requeridas para atuar, agir sobre a situação imposta e buscar novos conhecimentos quando necessário. No outro extremo estariam os eruditos puros, que compilaram, por memorização, uma infinidade de saberes e são capazes de falar sobre eles e convencer os mais incautos, porém são incapazes de colocá-los em prática de forma criativa e efetiva.

Nos PCN, PCN+ e nas orientações curriculares para o Ensino Médio, a preocupação com as novas necessidades trazidas pela era da informação pode ser verificada nas passagens a seguir:

[...] Disciplina, obediência, respeito restrito às regras estabelecidas, condições até então necessárias para a inclusão social, via profissionalização, perdem a relevância, diante das novas exigências colocadas pelo desenvolvimento tecnológico e social.

[...] A nova sociedade, decorrente da revolução tecnológica e seus desdobramentos na produção e na área da informação, apresenta características possíveis de assegurar à educação uma autonomia ainda não alcançada. Isso ocorre na medida em que o desenvolvimento das competências cognitivas e culturais exigidas para o pleno desenvolvimento humano passa a coincidir com o que se espera na esfera da produção. O novo paradigma emana da compreensão de que, cada vez mais, as competências desejáveis ao pleno desenvolvimento humano aproximam-se das necessárias à inserção no processo produtivo. Segundo Tedesco, aceitar tal perspectiva otimista seria admitir que vivemos “uma circunstância histórica inédita, na qual as capacidades para o desenvolvimento produtivo seriam idênticas para o papel do cidadão e para o desenvolvimento social”.

[...] De que competências se está falando? Da capacidade de abstração, do desenvolvimento do pensamento sistêmico, ao contrário da compreensão parcial e fragmentada dos fenômenos, da criatividade, da curiosidade, da capacidade de pensar múltiplas alternativas para a solução de um problema, ou seja, do desenvolvimento do pensamento divergente, da capacidade de trabalhar em equipe, da disposição para procurar e aceitar críticas, da disposição para o risco, do desenvolvimento do pensamento crítico, do saber comunicar-se, da capacidade de buscar conhecimento. Estas são competências que devem estar presentes na esfera social, cultural, nas atividades políticas e sociais como um todo, e que são condições para o exercício da cidadania num contexto democrático.

Naquela época, o ensino “funcionava bem”, porque era propedêutico. Privilegiava-se o “desenvolvimento do raciocínio” de forma isolada, adiando a compreensão mais profunda para outros níveis de ensino ou para um futuro inexistente.

Para que esses objetivos se transformem em linhas orientadoras para a organização do ensino de Física no Ensino Médio, é indispensável traduzi-los em termos de competências e habilidades, superando a prática tradicional.

E esse sentido emerge na medida em que o conhecimento de Física deixa de constituir um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir.

Além da referência retirada dos documentos oficiais do Ministério da Educação, trazemos a seguir uma passagem de Perrenoud et al. (2007, p. 124-127) que deixa clara a necessidade atual de um ensino por situações-problema que visam ao desenvolvimento de competências:

Competência, situação-problema, habilidades sempre foram questões fundamentais para a nossa sobrevivência em todos os sentidos. Qual é a novidade desse tema hoje? A novidade é que antes pautávamos nossa conduta tendo como referência principalmente o passado, a tradição, aquilo que a cultura da comunidade apontava-nos como referência para as tomadas de decisão, para as nossas mobilizações de recursos [...] Só que hoje, além do passado como organizador de nosso presente, também temos o futuro, a tecnologia, com suas surpresas, suas novas oportunidades, seus valores alternativos. É claro que o passado continua sendo importante, aliás, hoje temos consciência do quanto os valores são importantes. Não é por acaso que, atualmente, se fala tanto de valores, da recuperação de coisas que não poderíamos ter jogado fora. A novidade agora é que nós também temos o futuro como organizador do presente. É claro que tal fato acontecia com nossos antepassados, mas o futuro era lido ou interpretado de um modo diferente de como se configura hoje. [...] Atualmente, temos uma tecnologia que em cinco anos, por exemplo, pode alterar radicalmente a importância de certos recursos na escola. Enfim, temos uma tecnologia que torna rapidamente obsoleta uma solução de problema ou uma oferta de recurso e que demanda uma orientação para frente. [...] Esta é a nova configuração de competência e de situação-problema: preservar o passado como organizador de nosso presente naquilo que ele tem de melhor e organizar um presente em nome desse futuro, com suas incertezas, com sua loucura, com sua insensatez e, ao mesmo tempo, com tudo de esperança, de abertura, de novidade, de facilidades que ele pretende proporcionar-nos.

2.4. Qual a dificuldade de planejar situações-problema?

Em nossas leituras sobre o conceito teórico de situações-problema, compreendemos se tratar de uma estratégia com significativo valor didático. Contudo, não deve, de maneira alguma, ser interpretada de forma simplista, com a associação (ingênua) de seu nome com seu significado. Ou seja, uma situação-problema não é apenas uma situação em que o aluno deve resolver um problema. No terceiro capítulo desta dissertação deverá ficar claro que uma situação-problema é um meio diferenciado para o ensino, cuja elaboração demanda muita dedicação e criatividade. Veremos que planejar situações-problema que subsidiem um ensino por competência não é, em absoluto, evidente e, de forma alguma, tarefa simples.

Para reforçar tal complexidade, citamos abaixo uma passagem de Perrenoud que expressa, de forma clara, a dificuldade com que depara alguém

que almeja elaborar situações-problema (tal complexidade será mais bem compreendida após a leitura, no próximo capítulo, das condições que rodeiam a idealização e o uso de uma situação-problema em ensino). Vamos à mencionada passagem de Perrenoud (1999, p. 61):

Não se pode esperar de um professor que ele imagine e crie sozinho, ininterruptamente, situações-problema cada uma mais apaixonante e pertinente do que as outras. Por isso, seria importante que os editores ou os serviços de didática colocassem à sua disposição ideias de situações, pistas metodológicas e material adequado. Esses meios seriam diferentes dos encontrados nas livrarias especializadas em material escolar, pois seriam concebidos e realizados por pessoas norteadas pela abordagem por competências, a qual requer outras didáticas.

[...] É importante, também, que os professores e os pesquisadores envolvidos estejam associados à concepção de novos meios. Ora, a inventividade didática tem seus limites. Assim, é útil que cada professor disponha de muitas sugestões. Mas, ao contrário de um exercício que pode simplesmente ser dado aos alunos sem ter sido examinado detalhadamente e sem saber exatamente o que se mobiliza, uma situação-problema exige ser habitada pelo docente, que deve apropriar-se dela após tê-la caracterizado a partir de um ponto de vista epistemológico, didático e pedagógico. Isso supõe, por parte do docente:

- Uma certa independência para com o mercado dos meios de ensino, uma capacidade de adaptá-los e livrá-los de suas finalidades oficiais.
- A competência de produzir situações-problema “sob medida”, trabalhar com o que está à mão, sem temer o desvio de ferramentas ou de objetos concebidos para outros fins.

3. ELEMENTOS TEÓRICOS USADOS EM NOSSA PESQUISA

Existem muitas teorias de origem francesa cujo estudo auxilia a prática docente e que têm servido como ferramenta de análise para o processo de ensino e de aprendizagem. São teorias que exploram esse processo com base nos três protagonistas da relação didática: o professor (P), o aluno (A) e o saber (S). A figura abaixo, extensivamente utilizada nessas teorias, representa as respectivas ligações entre eles, correspondentes às dimensões: cognitiva (entre A e S), epistemológica (entre P e S) e sociológica (entre P e A).

Figura 1: Elementos centrais da relação didática.

Alguns elementos da relação entre professor-aluno (PA) podem ser compreendidos, por exemplo, pela leitura de Brousseau (1986), em sua teoria do chamado *contrato didático*, que descreve a relação didática como sendo constituída por um conjunto de regras e comportamentos que determinam implícita e explicitamente o que cada participante (professor e aluno) deverá fazer e do que deve prestar conta. Elementos da dimensão cognitiva, correspondente à relação entre aluno-saber (AS), podem ser encontrados na *teoria dos campos conceituais* de Vergnaud, teoria que discutiremos de forma mais aprofundada ainda neste capítulo. Astolfi também analisa a dimensão cognitiva, porém sob a perspectiva dos *obstáculos à aprendizagem*, que também discutiremos mais adiante neste capítulo.

Nossa pesquisa, por buscar elementos teóricos que contribuam para o planejamento do ensino, tem a sua fundamentação e as suas perguntas

centradas de forma mais acentuada na dimensão epistemológica, conforme indica a figura:

Figura 2: Dimensão didática de destaque em nossa pesquisa.

Nossa crença é de que essa dimensão (a epistemológica), quando bem estabilizada, pode contribuir de forma significativa para o êxito do processo de ensino-aprendizagem. A dimensão cognitiva será explorada quando houver necessidade de encontrar justificativas para as escolhas feitas na dimensão epistemológica, afirmação que será mais bem compreendida ao longo das próximas páginas.

3.1. O que é atividade experimental em ensino?

Em nosso trabalho não chamaremos de atividade experimental apenas aquelas que ocorrem no laboratório ou que usam material de laboratório. Também não nos restringiremos às atividades que usam material que sirva somente para ilustrar, seja ele lúdico ou sofisticado. Chamaremos de experimental qualquer atividade que apele para outros meios que não apenas a exposição ou a comunicação oral de modelos e conceitos e que ajude o aluno a visualizar, a compreender e a se apropriar desses modelos e conceitos por intermédio de recursos variados. Nessa perspectiva, o simples deixar cair de uma folha de papel pode ser considerado uma atividade experimental, por se tratar de um fenômeno passível de ser acompanhado por uma intenção didática como, por exemplo, iniciar o aluno no fenômeno gravitacional. Acerca dessa forma de entender a atividade experimental, nos parecem sensatas as ideias de Borges (2002), bem explícitas em seu trabalho *Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências*, no qual ele argumenta que:

É um equívoco corriqueiro confundir atividades práticas com a necessidade de um ambiente com equipamentos especiais para a realização de trabalhos experimentais, uma vez que podem ser desenvolvidas em qualquer sala de aula, sem a necessidade de instrumentos ou aparelhos sofisticados (BORGES, 2002, p. 294).

Quando então, nesta dissertação, mencionarmos atividades experimentais no ensino, são as ideias de Borges sobre esse recurso didático a que estaremos nos referindo.

Precisamos dizer que existem outras “correntes” de pensamento em relação à definição que pode ser atribuída a experimento em ensino de Física. A pesquisa apresentada por Alves Filho (2000b), por exemplo, traz a visão do experimento em ensino como tendo a necessidade de ser realizado em um ambiente propício, como um laboratório didático, correspondendo ao conceito original de experimento, que, conforme sabemos, é oriundo das atividades dos cientistas. O conceito empregado por Alves Filho (2000b) é perfeitamente plausível e justificável, no entanto, preferimos não nos afiliar a essa corrente de pensamento e sim à de Borges, pois percebemos que a definição deste, por ser mais abrangente e abarcar atividades didáticas que Alves Filho não chamaria de experimentais, possibilita um leque maior de tarefas e, assim, uma classificação também mais abrangente.

Uma divisão importante em nosso trabalho será a divisão de experimento, experiência e equipamento. Entendemos o experimento como a experiência controlada e realizada por intermédio de um equipamento, ou mais de um equipamento, conforme o caso. *Atividade experimental* é o termo que reservaremos quando desejarmos expressar um uso didático do experimento. Tal divisão não tem o intuito de aprofundar os significados desses conceitos; não é esse o nosso objetivo. No entanto, durante a reflexão que originou as categorias estruturais que serão expostas mais adiante, percebeu-se que, por vezes, o que se levava para o ensino era apenas o equipamento que pertenceu a algum momento da história da ciência, mas a experiência em si se modificou completamente ao adentrar a sala de aula. Outras vezes, a experiência é que perdurou, mas o equipamento foi deixado de lado. No caso do gerador Van de Graaf, por exemplo, o equipamento perdurou, mas a experiência, representada pela tarefa de acelerar partículas, desaparece por completo quando o

equipamento é levado para a sala de aula. Porém, se recordarmos o experimento proposto e supostamente realizado por Galileu – da queda livre de bolas pesadas do alto da torre de Pisa –, nos parece claro que nenhum professor levará os alunos ao alto de uma torre para que o experimento seja realizado, pois hoje é perfeitamente viável a construção de tubos evacuados que cumprem o papel do fenômeno da queda livre de forma mais adequada, ou seja, este é um caso em que o equipamento (bolas pesadas e uma torre) foi abandonado, mas a experiência de queda livre permaneceu. Essa separação fará parte de nossa análise, pois julgamos que a consciência de tal diferenciação poderá contribuir para um maior detalhamento dos planos de aula de professores de Física. Vale dizer ainda que, sob essa perspectiva, quando se propõe um experimento lúdico, de baixo custo, o que se faz, de forma geral, é utilizar uma montagem barata que substitua o equipamento original, financeiramente inacessível, mas que mantenha a experiência que será realizada.

3.2. Teorias de Chevallard: teoria da transposição didática (TD) e teoria antropológica do didático (TAD)

Para Chevallard (1991), o conhecimento escolar, embora tenha a sua origem no conhecimento científico ou em outros materiais culturais disponíveis, não é mera simplificação ou distorção desse conhecimento original. É um conhecimento com lógica própria, que tem relação com o saber de referência que lhe dá origem e cuja constituição pode ser objeto de estudo e análise por intermédio de uma epistemologia própria.

Chevallard (1991), com a *teoria da transposição didática*, descreve o percurso epistemológico do saber desde a sua origem até a sala de aula. De acordo com essa teoria, em todo processo de ensino é possível identificar três níveis distintos de saber: *saber sábio*, *saber a ensinar* e *saber ensinado*. O primeiro nível, o saber sábio (*savoir savant*), algumas vezes traduzido como *saber acadêmico*, diz respeito ao conhecimento original, que é construído pela comunidade de cientistas e se torna público após sua divulgação em artigos e revistas acadêmicas. Geralmente, esse saber não chega à sala de aula da forma como é divulgado nessas revistas, pois elas têm uma linguagem restrita, própria da comunidade científica. Há, portanto, a necessidade de uma primeira

transformação do conhecimento original, a qual Chevallard chama de *transposição didática externa*, que leva o conhecimento ao segundo nível do saber, o saber a ensinar (*savoir à enseigner*). Essa etapa consiste, basicamente, em transpor o conteúdo do saber sábio aos livros e manuais didáticos, tornando-o acessível aos alunos. Como exemplo, é de se esperar que, caso um aluno do Ensino Médio queira aprender a teoria da relatividade, não a estude pelos artigos originais de Einstein, pois é preciso uma transformação na forma de expor esses saberes para que as ideias de Einstein possam ser apreciadas por um aluno do Ensino Médio.

As ideias expostas acima estão alicerçadas pelo entendimento que Chevallard (2005, p. 22, tradução nossa) tem acerca do conceito de didática: “o estudo científico de como o conhecimento se “infiltra” através dos vários grupos de pessoas”.

A segunda transformação do saber se dá dentro da sala de aula, com a presença do professor. Ele utiliza os saberes explícitos em livros didáticos e adequa ainda mais esse conteúdo para estruturar e sequenciar as suas aulas. Essa etapa é pessoal e suscetível a variáveis como: o ambiente de sala de aula e da escola, o nível de interesse da turma de alunos daquele ano e características particulares da relação didática do contexto em questão. Essa etapa de transformação do saber a ensinar em saber ensinado (*savoir enseigné*) é denominada *transposição didática interna*, pois acontece no interior da sala de aula.

Esses dois processos de transposição estão representados no esquema abaixo:

Figura 3: Os três níveis de saber de acordo com a teoria da transposição didática.

As passagens 1 e 2 indicam, respectivamente, a *transposição externa*, que dá origem aos manuais, livros e programas didáticos por meio da modificação e

adequação do saber sábio, e a *transposição interna*, na qual um dos principais personagens é o professor. Nessa segunda passagem o professor é o principal agente de transformação do saber dos livros didáticos (saber a ensinar) em saber ensinado. Além do professor, a transformação do saber nesse processo é influenciada por elementos institucionais, econômicos e políticos de um dado ambiente social, elementos que compõem o que Chevallard denomina *noosfera*. Para ele, “a noosfera é a ‘região’ onde se pensa o funcionamento didático” (CHEVALLARD, 1991, p. 9). Em outras palavras, a noosfera, tal como definida por Chevallard, situa-se fora da sala de aula e pode ser entendida, conforme menciona Machado (2011, p. 44), como o centro operacional da transposição de saberes, de tal forma que se configurem em objeto de ensino na escola. Para essa pesquisadora, a noosfera aparece, de forma direta ou indireta, nos diferentes agentes de poder de decisão, entre eles: professores, especialistas da disciplina, representantes de órgãos políticos, associações de professores, pais de alunos etc.

A teoria da transposição didática é um referencial de análise do processo didático e fornece ferramentas importantes, que ajudam o professor a tomar consciência do processo de construção ou reconstrução do saber a ensinar. O simples pressuposto de que o saber a ensinar se origina no saber sábio abre a possibilidade de o professor praticar a *vigilância epistemológica* (VE) e verificar se o que ele ensina está de acordo com os objetivos traçados, uma vez que, com a conscientização e a vigilância desse processo, o professor tem melhores condições de organizar e estruturar os saberes que ele deseja ensinar. A VE permite ao professor garantir a “sobrevivência dos saberes” no contexto da sala de aula. Para Chevallard, essa vigilância é o que permite ao professor “tomar distância, interrogar as evidências, pôr em questão as ideias simples, desprender-se da familiaridade enganosa de seu objeto” (CHEVALLARD, 1991, p. 16). A vigilância epistemológica é uma atitude individual que permite ainda ao professor refazer o percurso do saber e verificar a pertinência e a validade dos objetivos e conteúdos que se propõe a ensinar.

A transposição dos saberes carrega uma *intenção didática* (ID), conceito importante na teoria da transposição didática, sem o qual não haveria um objetivo claro e uma intencionalidade no ensino. A intenção didática permite desencadear

o processo da transposição a partir do saber sábio até a sala de aula, ao passo que a vigilância epistemológica permite ao professor analisar as transformações ocorridas nesse processo e, assim, poder avaliar a sua pertinência em relação ao projeto de ensino que deseja executar.

A transposição didática surgiu na área da Matemática, mas pode ser levada também para outras ciências, principalmente aquelas que possuem um saber de referência facilmente identificável, caracterizado pelo saber sábio e validado pela comunidade científica que o produz. Talvez como uma resposta a essa restrição e pensando em abranger áreas do conhecimento em que o saber sábio poderia não ser tão facilmente identificável – como é o caso das ciências humanas –, Chevallard ampliou a teoria da transposição didática para a chamada *teoria antropológica do didático* (TAD), que abarca todas as atividades humanas e suas respectivas instituições sob uma perspectiva praxeológica.

A TAD, em um modelo único, toma como base dois blocos que definem a teoria e a prática. Um deles é o bloco teórico (*logos*), referente ao saber; é composto de duas partes: a tecnologia, simbolizada nesta teoria pela letra grega θ , e a teoria, simbolizada por sua congênere maiúscula Θ . O outro é o bloco prático (*práxis*) e refere-se, portanto, ao saber-fazer. Ele também é composto de duas partes: o tipo de tarefa, simbolizado pela letra T, e a técnica, simbolizada pela letra grega τ . Para Machado (2011, p. 74), “o significado de praxeologia (*práxis* + *logos*) pode ser traduzido como prática calcada em conhecimentos”. A *práxis* é, portanto, constituída pelas tarefas (ou atividades) e pelas técnicas, sendo que as técnicas seriam maneiras de realizar tais tarefas ou atividades. Já o *logos* é o discurso teórico que justifica e interpreta essas técnicas. Esses dois blocos formam a *organização praxeológica* (OP), conceito que será extensivamente utilizado em nossa pesquisa.

3.2.1. Relação entre a TD e a TAD

Na análise do ensino de Ciências pelo referencial da TD, o saber que chega à sala de aula passa pelas transposições externa e interna. Como existem três dimensões diferentes desse saber, a existência deles é sustentada por, pelo menos, três grupos sociais diferentes, que se interligam e coexistem, conforme

comenta Alves Filho (2000b, p. 221), na noosfera. Os grupos sociais que compartilham da mesma rotina, ou seja, comungam das mesmas organizações praxeológicas, definem o que Chevallard chama de *instituição*. Podemos dizer, então, que cada nível de saber da TD (sábio, a ensinar e ensinado) tem uma praxeologia própria (da TAD), uma vez que são pessoas de instituições diferentes que o “alimentam”. Juntando o esquema da Figura 3 da TD com o conceito de organização praxeológica (OP), chegamos ao esquema da Figura 4, que ajuda a ilustrar como Chevallard ampliou a TD para a TAD:

Figura 4: Esquema que ilustra a relação entre a TD e a TAD.

No primeiro nível do saber (saber sábio) existem grupos de pessoas que compartilham das mesmas tarefas (T), das mesmas técnicas (τ), das mesmas tecnologias (θ) e das mesmas teorias (Θ) no seu dia a dia e, por isso, determinam uma instituição; trabalham para produzir e manter o saber sábio, com o objetivo comum de produzir ciência. Esses profissionais pertencem à mesma instituição, pois compartilham das mesmas organizações praxeológicas, como é o caso, por exemplo, dos pesquisadores de uma mesma área da Física.

O segundo nível do saber, o saber a ensinar, é gerado por um grupo de pessoas que confeccionam os livros didáticos e elaboram os programas de ensino. Os quatro elementos das organizações praxeológicas (OP₂) presentes no cotidiano dessas pessoas são parcialmente diferentes dos elementos das organizações praxeológicas presentes na instituição do saber sábio (OP₁). Nesse segundo nível, os autores de livros formam outra instituição.

Na última dimensão do saber, o grupo de pessoas que trabalha com as mesmas organizações praxeológicas (OP₃) e que sustenta a atividade em sala de aula (pois o saber ensinado aparece dentro da sala) são os professores, que, seguindo a definição de instituição mencionada acima podem, nesse contexto, também representar uma instituição.

É importante observar que a definição de instituição, segundo Chevallard, está relacionada, fundamentalmente, ao tipo de tarefas e às técnicas de solução a serem adotadas numa tradição coletiva, ou seja, ao bloco prático que a pessoa utiliza em suas atividades diárias e não à pessoa em si; portanto, uma mesma pessoa pode fazer parte de duas ou mais instituições. Por exemplo, um pesquisador da área de Física desenvolve um conhecimento que se caracteriza como saber sábio, mas ele próprio também pode escrever livros didáticos, transpondo o saber sábio para a dimensão do saber a ensinar. Assim, ele pertence às duas instituições citadas, à de pesquisadores e à de autores de material didático.

Os objetos principais da transposição didática são o *saber*, o *aluno* e o *professor*. Na teoria antropológica do didático, porém, o objeto principal é a atividade humana regular (“encarnada” em tarefas e técnicas de resolução), daí, aliás, a denominação *antropológica*. É interessante notar, no entanto, que tais objetos se encontram no mundo, uma vez que toda atividade humana é orbitada por saberes e estes, por sua vez, ganham sentido nas ações humanas.

Convém, neste ponto, refinar algumas definições. Emprestaremos a citação de Anhorn (2003, apud MACHADO, 2011, p. 34) para clarificar um pouco mais o significado de transposição:

[...] o termo transposição deve ser apreendido no sentido de reconstrução, recriação de saberes, ações necessárias quando ocorrem mudanças de *habitus* ou esferas de problematização, isto é, quando os saberes mudam, são transpostos de um tipo de instituição de saber a outro.

Outro conceito importante dessas teorias é o conceito de instituição que, de acordo com Douglas (1998, apud MACHADO, 2011, p. 56), foi assim definido:

[...] a expressão instituição será usada no sentido de um agrupamento social legitimado... que pode ser uma família, um jogo ou cerimônia. A autoridade legitimadora pode ser pessoal, tal como um pai, um médico, um

juiz... ou então pode ser difusa, baseada na concordância comum em torno de algum princípio fundante. O que está excluído do conceito de instituição é qualquer arranjo prático puramente instrumental ou provisional, reconhecido enquanto tal.

Os termos *conhecimento* e *saber* possuem significados distintos de acordo com as teorias didáticas francesas. Assim, convém discorrer um pouco sobre eles. Para Chevallard (1999), o *conhecimento* permeia as relações que se dão entre o objeto a ser conhecido e o sujeito. Em termos práticos, podemos entender o conhecimento como existente dentro do sujeito e que é manifestado em sua relação com o mundo. Já o *saber*, apesar de ter sido criado pelo ser humano, é um conjunto mais abrangente e organizado de conhecimentos, uma obra humana que nos permite responder a questões sobre a realidade (MACHADO, 2011). De uma maneira resumida e simplificada, usaremos o termo *saber* quando nos referirmos ao conhecimento que está fora, na forma de leis, conceitos, teorias etc.; já o termo *conhecimento* será reservado para o saber interiorizado pelo indivíduo, a forma como ele entende, interpreta e aplica determinado saber.

3.2.2. A teoria antropológica do didático como referencial teórico de pesquisas em ensino

A teoria antropológica do didático, por se fundamentar na premissa de que às atividades humanas regulares estão associados corpos organizados de saber, poderia ser usada, em princípio, em qualquer setor da sociedade no qual seja possível identificar tal estrutura própria de saber.

Apesar de ter tido origem na didática da Matemática, o seu uso como referencial teórico para outras áreas tem crescido em número e diversidade. Acerca disso, Machado (2011, p. 36) comenta:

[...] apesar das diferenças existentes entre as áreas de Matemática e de Ciências, por se tratar de uma teoria que proporciona ultrapassar as particularidades de sua área de origem, conforme ocorrido com a Transposição Didática, contribui com as particularidades didáticas também de outras áreas.

Swiatkiewicz (1997) defende a potencialidade da praxeologia não apenas na visão didática como pensada por Chevallard, mas também com uma visão abrangente, que resgata o sentido original do termo, atribuído pelo austríaco Ludwig von Mises. Para Swiatkiewicz, o conceito de praxeologia poderia ser

usado como metodologia de pesquisa em outros setores da atividade humana, além do ensino.

Em educação, o seu uso na análise de livros e manuais didáticos tem se mostrado útil em revelar características próprias do saber e do tipo de abordagem dada no tratamento dos assuntos. Como exemplos, podemos citar os trabalhos de Cruz (2005), Kurnaz e Arslan (2010), Poisson (2011), Valenzuela (2007) e Machado (2011). Além desses, estudamos, com o intuito de compreender melhor a potencialidade da TAD como ferramenta teórica, o trabalho de Mortensen (2010), que utiliza a TAD para comparar as organizações praxeológicas esperadas e de fato observadas em uma exposição itinerante de um museu de Biologia que se apresentou na Dinamarca e na Bélgica; o trabalho de Barbe et al. (2005), que analisa, por intermédio das organizações praxeológicas, as restrições impostas pelas características do conteúdo *limite* quando abordado no Ensino Médio, assim como de que forma essas restrições influenciam e, em certo grau, determinam a prática do professor; e, por último, o trabalho de Cruz (2005), que, em sua dissertação de Mestrado, investiga como a noção de variável aparece nos livros didáticos de 5^a a 8^a anos do Ensino Fundamental.

Por fim, a nossa pesquisa se baseou na crença de que a TAD poderia contribuir, também de forma eficiente, no processo de compreensão das maneiras e modalidades didáticas como as atividades experimentais podem ser utilizadas. Araújo e Abib (2003, p. 177) constatarem que a diversidade da pesquisa sobre propostas de atividades didático-experimentais ainda é pouco explorada em livros escolares:

Assim, apesar de a pesquisa sobre essa temática revelar diferentes tendências e modalidades para o uso da experimentação, essa diversidade, ainda pouco analisada e discutida, não se explicita nos materiais de apoio aos professores. Ao contrário do desejável, a maioria dos manuais de apoio ou livros didáticos disponíveis para auxílio do trabalho dos professores consiste ainda de orientações do tipo “livro de receitas”, associadas fortemente a uma abordagem tradicional de ensino.

Em nosso trabalho, a TAD possui um papel importante como referência teórica e, por isso, alguns de seus conceitos fundamentais serão aprofundados a seguir.

3.2.3. Aspecto estrutural da TAD – organizações praxeológicas

Conforme mencionado, a TAD parte da premissa de que toda atividade humana regular pode ser descrita por um modelo chamado *praxeologia*, do grego ‘práxis’ (*prática*: bloco ligado ao “o que fazer” e “como fazer”) e ‘logos’ (*razão*: bloco ligado ao “por que fazer assim”). O que faremos a seguir é descrever melhor e exemplificar cada um dos quatro elementos que pertencem a uma organização praxeológica (OP): tarefa (T), técnica (τ), tecnologia (θ) e teoria (Θ).

TIPOS DE TAREFAS (T)

Chama-se de tarefa aquilo que alguém tem de fazer regularmente, como resolver equações quadráticas (tarefa de alunos), ensinar o teorema de Pitágoras (tarefa de professores), cortar a madeira (tarefa de carpinteiro), pintar janelas, paredes e portas (tarefas de um pintor) etc.

As tarefas podem ser agrupadas em gêneros de tarefas, tipos de tarefas (T) e a tarefa propriamente dita (t) e, por se referirem a algo que deve ser feito, são frequentemente definidas por um verbo. Exemplo: “Calcular” é um gênero de tarefa; calcular o valor de uma função num ponto é um tipo de tarefa (T) e calcular o valor da função $f(x) = x^2$ para $x = 7$ é a tarefa propriamente dita (t).

A relação entre o tipo de tarefa (T) e suas respectivas tarefas (t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , ..., t_n) pode ser mais facilmente compreendida por meio de uma representação gráfica:

Figura 5: Um único tipo de tarefa (T) abarca inúmeras tarefas (t).

Apesar de existir, como vimos acima, uma definição mais formal para esse conceito, o cerne de toda tarefa apresenta o mesmo elemento: a requisição de que algo seja feito, realizado, daí, como se disse acima, serem expressas por

verbos. Pelo que observamos na literatura que utiliza as organizações praxeológicas como referencial teórico de pesquisa, o mais importante não é seguir à risca as definições formais apresentadas para o conceito de tarefa, mas levar em consideração que tarefa é algo que deve ser realizado, de forma sistemática, por alguém que pertence a uma instituição. Disso decorre que alguns autores chamam de tarefa um exercício completo de Física, ao passo que outros o subdividem e chamam de tarefas apenas alguns comandos isolados desse exercício. Nessa linha, pode-se definir uma tarefa ampla, TA, que seria formada por um conjunto de tipos de tarefas (T). Um exercício de Física, por exemplo, pode ser visto, em alguns casos, como uma tarefa ampla (TA), já que a sua realização demanda a execução de muitos tipos de tarefas (T) até que se chegue a uma solução.

TÉCNICA (τ)

É o método pelo qual se realizam as tarefas. A técnica (τ) é a maneira de resolver ou realizar um determinado tipo de tarefa (T) de uma forma sistemática, segura e rotineira. Resolver equações quadráticas, por exemplo, é um tipo de tarefa (T) que pode ser realizada por várias técnicas (τ), tais como o completamento de quadrados, a fórmula de Bhaskara, entre outras. Uma instituição poderá utilizar apenas uma técnica (τ) ou um grupo de técnicas para um determinado tipo de tarefa (T), enquanto outras instituições poderão utilizar técnicas diferentes para realizar o mesmo tipo de tarefa. Na instituição escola, alunos aprendem a resolver equações quadráticas por meio das técnicas acima mencionadas, no entanto, se uma equação quadrática for apresentada a um indivíduo sem essas instruções, ele poderá resolvê-la por tentativa e erro, escolhendo números aleatórios que satisfaçam à equação; observe que se trata de uma técnica (τ) alternativa, diferente das ensinadas na escola. Percebe-se, assim, que a técnica legitimada para a realização de determinada tarefa está vinculada à instituição à qual o indivíduo pertence.

Por fim, vale frisar que toda técnica tem alcance limitado, funcionando apenas para algumas tarefas. Por exemplo, o cálculo da distância focal de um espelho esférico (tipo de tarefa “T”) costuma ser efetuado com a equação de

Gauss: $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$. No entanto, a técnica (τ) da equação de Gauss só é válida caso o espelho seja de pequena abertura angular, caso contrário o seu foco, que, neste caso, não será único, poderá ser inferido pelo método gráfico, que é outra técnica, mais geral do que a equação de Gauss.

- Mais alguns exemplos de tarefas e técnicas:

Tipo de tarefa (T): Somar números inteiros.

Exemplos de tarefas (t) que pertencem a esse tipo de tarefa (T):

t_a : somar $1 + 2$;

t_b : somar $40 + 50$;

t_c : somar $4 + 2 + 6$.

Técnica (τ) usada para resolver essas tarefas:

τ_1 : somar com os dedos – provavelmente a técnica que seria observada na instituição: alunos ainda não instruídos na operação de adição;

τ_2 : somar com a conta armada – provavelmente a técnica que seria observada na instituição: alunos já instruídos na operação de adição.

TECNOLOGIA (θ)

É o discurso racional que justifica e explica o uso da técnica (τ) que se emprega para realizar um tipo de tarefa (T). A tecnologia garante que a técnica vai cumprir seu propósito e explica de que maneira ela consegue fazer isso. Explicita o alcance da técnica, indicando o seu grau de validade. Finalmente, a tecnologia também tem como função a produção de novas técnicas. Enfim, é necessário, segundo Chevallard et al. (2001, p. 124), “que as técnicas sejam acompanhadas de tecnologias, capazes de compreender e validar sua utilização, e de uma teoria que fundamente esta tecnologia”.

TEORIA (θ)

A teoria justifica e explica as afirmações da tecnologia. É o discurso racional sobre a tecnologia. Ela tem, em relação à tecnologia, o mesmo papel que esta tem em relação à técnica, ou seja, a teoria é a tecnologia da tecnologia. A

tecnologia justifica, explica e gera técnicas; a teoria justifica, explica e gera tecnologias, possibilitando interpretar técnicas e provar tecnologias. Por exemplo, a tecnologia que explica a razão de a técnica da equação de Gauss para espelhos esféricos funcionar é a semelhança de triângulos e as leis da reflexão; já a tecnologia que determina a sua validade apenas para espelhos de pequena abertura é o fato de pequenos ângulos possuírem senos e tangentes praticamente de mesmo valor. Já as teorias (Θ) que justificam e explicam as tecnologias citadas (semelhança de triângulos, leis da reflexão e pequenos ângulos) são a Geometria plana da Matemática (daí esta área da Física ser comumente chamada de Óptica geométrica) e as equações do Eletromagnetismo.

Por fim, uma última consideração terminológica é necessária. Uma organização praxeológica fica determinada pelo conjunto dos quatro “t’s”: (t, τ , θ , Θ). Assim, um tipo de tarefa (T) pode agregar inúmeras organizações praxeológicas (t, τ , θ , Θ), uma vez que, como foi visto na Figura 5, existem muitas tarefas únicas (t) que pertencem a um grupo maior de tipo de tarefas (T) e que podem ser resolvidas ou realizadas por uma mesma técnica τ . Exemplo:

OP₁: (somar os inteiros 15 e 27, técnica da conta armada de adição, θ , Θ)

OP₂: (somar os inteiros 13 e 25, técnica da conta armada de adição, θ , Θ)

OP₃: (somar os inteiros 156 e 21, técnica da conta armada de adição, θ , Θ),

e assim por diante. Nota-se que todas essas OPs possuem tarefas (t) que pertencem a um grupo maior de tipo de tarefas (T) chamado “somar números inteiros”. Um detalhe sutil é que, à primeira vista, poder-se-ia pensar que existem infinitas OPs do mesmo tipo “somar os inteiros 15 e 27, técnica da conta armada de adição, θ , Θ ”, que se diferenciariam apenas pelo primeiro “t”, visto que existem infinitos números inteiros. Não obstante, a técnica da conta armada de adição torna-se inviável quando os números inteiros ficam muito extensos, o que levaria ao uso de outra técnica e, assim, o conjunto (t, τ , θ , Θ) não seria mais do mesmo tipo dos três exemplos citados acima, pois encerraria outra técnica, “ τ ”.

3.2.4. Diferença entre organizações praxeológicas didáticas e reais

Chamaremos de OP didática a organização praxeológica relacionada à atividade experimental ou à situação-problema da maneira como ela é disposta em livros didáticos, manuais ou no planejamento do professor. Chamaremos de OP real a organização praxeológica compartilhada pela instituição relativa a uma prática social qualquer.

O tipo de planejamento que objetivamos fundamentar em nossa pesquisa, como veremos mais à frente, poderá exigir, entre outras coisas, que o professor elabore OPs didáticas a partir da transposição didática do saber relacionado às OPs reais.

3.2.5. Outro conceito importante para a nossa pesquisa: versão autorizada

Para Chevallard (1989), a principal razão para as dificuldades e os vícios relacionados ao ensino reside no fato de que o conhecimento, com poucas exceções, não foi criado para ser ensinado, mas para ser utilizado. Assim, ensinar seria uma atividade artificial. Para que se torne conhecimento ensinável fora do contexto de utilidade, aquilo que será ensinado precisa receber reconhecimento e legitimidade da sociedade. Consequentemente, para responder às diferentes pressões da sociedade, o corpo de conhecimento ensinável deve ser minimamente completo e integrado, o que dá origem ao que Chevallard chama de *versão autorizada* do saber a ser ensinado e que corresponderia aos saberes disponíveis em manuais didáticos. Em outras palavras, durante o processo de transposição do saber sábio até que se torne um saber a ensinar, este último – representado por sua versão autorizada em manuais didáticos – pode ter se tornado muito diferente e desconectado do primeiro. A versão autorizada ajuda a entender o surgimento de categorias de atividades experimentais desconexas de uma prática social de referência, em particular a categoria *escolar*, que será discutida mais adiante.

3.2.6. Críticas às teorias de Chevallard

Segundo Ricardo (2005, p. 174): “Michel Caillot, um dos críticos da teoria da transposição didática de Chevallard, recorre à sociologia dos currículos para

mostrar que não são apenas os saberes produzidos pelas comunidades científicas que determinam o saber a ensinar”. Caillot (1996, p. 23) argumenta que o conceito de transposição didática é questionado por estudiosos da didática de outras disciplinas escolares que contestam o fato de o saber sábio ser a única referência/fonte para o saber ensinado. O autor dá o exemplo do saber ligado às práticas sociais e linguísticas, que não pertencem ao saber acadêmico elaborado pela comunidade científica, mas fazem parte do saber escolar. Além disso, Caillot argumenta que o contexto social e as escolhas econômicas ou políticas têm grande influência nas opções didáticas.

No entanto, acreditamos que, com o conceito de noosfera, Chevallard mostra ter consciência da existência de fatores externos na determinação do saber a ensinar e do programa escolar, mas não se aprofunda na maneira como tal influência ocorreria. Seja como for, nosso problema localiza-se, de forma mais evidente, na parte PS e, com menor ênfase, na parte AS do triângulo S-P-A, ou seja, nas relações do saber com o professor e do saber com o aluno. Assim, reconhecemos a existência do problema levantado por Caillot, porém, acreditamos que ele influencie de forma mais enfática a dimensão sociológica, representada pela relação entre professor e aluno (PA), que, como já dissemos, não é considerada em nossa pesquisa. Acreditamos que aderir a um referencial teórico é fazer escolhas e que, portanto, expressa a decisão por um caminho parcial, que não abrange o todo do problema, ou seja, não fornece, àquele que investiga, respostas definitivas ou absolutas. Daí escolhermos essa teoria, a despeito de críticas como a de Caillot serem, de fato, pertinentes.

Ainda em relação às críticas às teorias de Chevallard, Forquim (1996, apud MONTEIRO, 2001, p. 126), questiona se “o modelo da transposição didática” é universalmente aplicável, ou se seria mesmo ele que melhor explica a “lógica profunda” do currículo. Nessa mesma linha de argumentação, Caillot comenta que, no caso das ciências sociais, mais especificamente na História e na Geografia, o significado é fundamental, havendo possibilidade de existência de diferentes versões e interpretações. Citando Audigier, Crémieux e Tutiaux-Guillon (1994), ele mostra como o saber escolar não “funciona” como os saberes sábios, constituindo, estes dois, tipos diferentes de saberes. Os saberes escolares, de

acordo com esses autores, são regidos pelos constrangimentos escolares em si mesmos e pelas finalidades que a escola lhes dá.

Ainda assim, entendemos que as críticas mais contundentes às teorias de Chevallard remetem à sua aplicabilidade aos saberes relacionados às áreas das ciências humanas e linguagens, o que, de certo modo, autoriza o seu uso em nossa pesquisa, já que esta última esbarra muito superficialmente nos conteúdos das ciências humanas.

3.3. Habilidades e competências no ensino

3.3.1. Condições para um ensino por competências

Gérard Fourez, professor da Universidade de Namur (na Bélgica) e autor de várias obras sobre o desenvolvimento de habilidades e competências no ensino de Ciências, menciona, em um de seus artigos, que:

Há praticamente unanimidade entre os especialistas das ciências da educação ao considerar que tais competências não são aprendidas de um modo geral, mas sim partindo de casos e contextos particulares, modelando-as e transferindo-as em seguida a uma família mais extensa de situações. Aprendem-se estas competências gerais praticando-as sob orientação de alguém que as domine e que tenha delas uma representação que permita discernir as lacunas e guiar a aprendizagem. (FOUREZ, 2003, p. 117).

Perrenoud (1999, p. 10) discorre sobre o principal dilema decorrente do ensino por habilidades e competências, o dilema da escolha dos conteúdos e o limite do tempo escolar:

Tal treinamento (*refere-se aqui ao treinamento necessário ao desenvolvimento de habilidades*) só é possível se o sujeito tiver tempo de viver as experiências e analisá-las. Por esta razão é impossível, em um número limitado de anos de escolaridade, cobrir programas pletóricos de conhecimentos, senão abrindo mão, em grande medida, da construção de competências. [...] é utopia acreditar que o aprendizado sequencial de conhecimentos provoca espontaneamente sua integração operacional em uma competência.

Essas duas passagens parecem indicar algumas características que o ensino precisaria apresentar para que favorecesse o desenvolvimento de habilidades e a construção de competências:

- selecionar o conteúdo;
- proporcionar situações que favoreçam a transferência de habilidades entre contextos distintos;
- propiciar ao aluno tempo para que ele exercite e analise aquilo que está aprendendo.

3.3.2. O ensino de Física e o ensino por competências nos textos oficiais

A análise dos PCN, PCN+ e Orientações Curriculares para o Ensino Médio, textos oficiais publicados pelo MEC, revela existir pontos comuns que buscam caracterizar uma nova concepção de ensino. Além disso, todos eles apresentam indicações sobre o papel do ensino de Física nesse novo panorama educacional.

Alguns desses pontos, listados abaixo, parecem estar de total acordo com as três características exigidas pelo ensino por competências e habilidades que levantamos acima.

São eles:

- salienta a necessidade de um ensino que favoreça a transferência de conhecimentos e habilidades para contextos não escolares;
- sugere a seleção de conteúdos e a sua contextualização usando o mundo vivencial dos alunos;
- enfatiza a importância do ensino interdisciplinar;
- recomenda um ensino que destaca o conhecimento gerado pela Física como fruto de um processo histórico.

Abaixo apontamos algumas passagens extraídas desses três textos oficiais que exemplificam as orientações destacadas:

- Salienta a necessidade de um ensino que favoreça a transferência de conhecimentos e habilidades para contextos não escolares:

Sendo o Ensino Médio um momento particular do desenvolvimento cognitivo dos jovens, o aprendizado de Física tem características específicas que podem favorecer uma construção rica em abstrações e generalizações, tanto de sentido prático como conceitual. Levando-se em conta o momento de transformações em que vivemos, promover a autonomia para aprender deve ser preocupação central, já que o saber de futuras profissões pode ainda estar em gestação, devendo buscar-se competências que possibilitem a independência de ação e a aprendizagem futura.

Sendo que toda relação didática está definida dentro da escola, a noção de competências pretende que o aluno mobilize seus conhecimentos em contextos distintos daquele em que aprendeu, para poder se relacionar com o mundo.

Assim, o acúmulo de informações não garante a aprendizagem em novas situações que certamente se dão em um tempo posterior à escola, quando a pertinência dos saberes escolares é colocada à prova. É com isso que a noção de competências se preocupa quando enfoca a relação didática. Ou seja, a escola teria de repensar seu ensino não para funcionar somente dentro de seus muros, mas para ultrapassá-los e possibilitar aos

seus alunos a continuidade de sua aprendizagem sem a presença do professor. Uma relação didática terá sucesso se modificar as relações com os saberes que os alunos tinham antes dela.

- Sugere a seleção de conteúdos e a sua contextualização usando o mundo vivencial dos alunos:

A contextualização como recurso didático serve para problematizar a realidade vivida pelo aluno, extraí-la do seu contexto e projetá-la para a análise.

Como cada ciência, que dá nome a cada disciplina, deve também tratar das dimensões tecnológicas a ela correlatas, isso exigirá uma atualização de conteúdos ainda mais ágil, pois as aplicações práticas têm um ritmo de transformação ainda maior que o da produção científica.

Também é visão de mundo, além de conhecimento prático essencial a uma educação básica, compreender a operação de um motor elétrico ou de combustão interna, ou os princípios que presidem as modernas telecomunicações, os transportes, a iluminação e o uso clínico, diagnóstico ou terapêutico, das radiações.

É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional.

Não se trata, portanto, de elaborar novas listas de tópicos de conteúdo, mas sobretudo de dar ao ensino de Física novas dimensões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Apresentar uma Física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação. Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução. Que trate do refrigerador ou dos motores a combustão, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia a dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões. Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado.

O vasto conhecimento de Física, acumulado ao longo da história da humanidade, não pode estar todo presente na escola média. Será necessário sempre fazer escolhas em relação ao que é mais importante ou fundamental, estabelecendo para isso referências apropriadas.

- Enfatiza a importância do ensino interdisciplinar:

Vale a pena lembrar que, lado a lado com uma demarcação disciplinar, é preciso desenvolver uma articulação interdisciplinar para conduzir organicamente o aprendizado pretendido.

Uma compreensão atualizada do conceito de energia, dos modelos de átomo e de moléculas, por exemplo, não é algo “da Física”, pois é igualmente “da Química”, sendo também essencial à Biologia molecular, num exemplo de conceitos e modelos que transitam entre as disciplinas. A poluição ambiental, por sua vez, seja ela urbana ou rural,

do solo, das águas ou do ar, não é algo só “biológico”, só “físico” ou só “químico”, pois o ambiente, poluído ou não, não cabe nas fronteiras de qualquer disciplina, exigindo, aliás, não somente as Ciências da Natureza, mas também as Ciências Humanas, se se pretender que a problemática efetivamente socioambiental possa ser mais adequadamente equacionada, num exemplo da interdisciplinaridade imposta pela temática real. Assim, a consciência desse caráter interdisciplinar ou transdisciplinar, numa visão sistêmica, sem cancelar o caráter necessariamente disciplinar do conhecimento científico mas completando-o, estimula a percepção da inter-relação entre os fenômenos, essencial para boa parte das tecnologias, para a compreensão da problemática ambiental e para o desenvolvimento de uma visão articulada do ser humano em seu meio natural, como construtor e transformador desse meio.

A Física, por sistematizar propriedades gerais da matéria, de certa forma como a Matemática, que é sua principal linguagem, também fornece instrumentais e linguagens que são naturalmente incorporados pelas demais ciências. A cosmologia, no sentido amplo de visão de mundo, e inúmeras tecnologias contemporâneas, são diretamente associadas ao conhecimento físico, de forma que um aprendizado culturalmente significativo e contextualizado da Física transcende naturalmente os domínios disciplinares estritos.

- Recomenda um ensino que destaca o conhecimento gerado pela Física como fruto de um processo histórico:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas.

A Física, percebida como construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo do tempo, como o modelo geocêntrico, substituído pelo heliocêntrico; a teoria do calórico pelo conceito de calor como energia; ou a sucessão dos vários modelos explicativos para a luz. O surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram.

Vale, no entanto, pontuar algumas críticas a esses documentos. No campo epistemológico e filosófico, os conceitos de competência e habilidade já haviam sido estudados e, de acordo com Ricardo (2005), em princípio parece não ter havido uma articulação cuidadosa entre os conceitos desse campo quando utilizados como objetivos e expectativas de ensino. Aliás, também de acordo com Ricardo (2005), a própria diferença entre habilidade e competência fica obscura na leitura dos textos dos PCN. Ricardo é Professor Doutor da Faculdade de Educação da USP e, em sua tese de Doutorado, investiga, por meio de entrevistas, as concepções que os próprios formuladores dos textos dos PCN

apresentam sobre competências e habilidades. Vale então sintetizar alguns dos resultados encontrados.

De acordo com aquilo que se lê no capítulo de sua tese (RICARDO, 2005, p. 52-58) intitulado *A visão dos autores sobre a noção de competências*, os autores dos PCN entendem as diferenças entre os conceitos de habilidade e competência do seguinte modo:

- a competência é mais abrangente que a habilidade;
- a competência está mais ligada às estruturas cognitivas, enquanto a habilidade é o verbo acionado da competência;
- quando a competência é mobilizada, ela é acionada no mundo real por meio de uma habilidade.

Ricardo (2005, p. 13) ainda chama a atenção para a forma autoritária com que os interesses políticos e econômicos ditam os rumos da educação: “[...] Isso remete ao princípio justificador da proposta de reforma contida na LDB/96 e nas DCNEM: a nova ordem mundial. Ou seja, a adaptação do sujeito às regras do mercado. Não há tempo para contestar, é preciso sobreviver!”.

Acreditamos que as críticas pontuadas por Ricardo se devam muito mais à forma precipitada pela qual o governo conduziu a “migração” da defesa de um ensino tradicional para um ensino por competências do que ao ensino por competências em si. Assim, apesar das críticas, muitas das concepções presentes nos documentos oficiais parecem estar de acordo com a concepção de ensino por competências como proposto por Perrenoud e, por isso, os documentos oficiais serviram tanto para justificar como para orientar algumas das decisões que tomamos para estruturar a nossa pesquisa.

3.3.3. Por que a preocupação com a interdisciplinaridade?

A nosso ver, a necessidade de articular conhecimentos multidisciplinares nasce do fato de que, no mundo, os processos e os objetos extrapolam os saberes de uma única disciplina escolar. Algumas situações com as quais especialistas de diferentes áreas deparam fazem com que mobilizem os aportes de várias disciplinas, além de conhecimentos próprios de seu campo de atuação. Um ensino atualizado, portanto, deve ser aquele que propicia conexões entre as

diferentes áreas do saber na busca por explicações sobre o mundo, destacando e significando conceitos e problemas comuns a todas elas.

Tendo em vista essa necessidade, fica fácil questionar a validade de um ensino fragmentado, que não explicita a relação epistemológica e prática entre domínios do conhecimento. Também é fácil entender a interdisciplinaridade, tendência atual do ensino, como a saída lógica para esse impasse, uma vez que a relação bem-feita entre disciplinas poderá proporcionar uma visão unificada da natureza, ajudando o indivíduo a posicionar-se com mais propriedade e responsabilidade perante as questões que influenciam a vida coletiva, já que muitas delas são “naturalmente” multidisciplinares.

3.3.4. Por que, então, foram criadas disciplinas escolares?

A busca por saber e conhecer, natural ao ser humano, tem gerado um enorme acúmulo de conhecimentos. Desse modo, a separação e a organização do saber auxiliam a continuidade do estudo e aprofundamento de assuntos específicos. A classificação em temas afins facilita o trabalho de cientistas e estudiosos, que se apropriam dos conhecimentos passados para construir um novo saber. Nessa perspectiva, poderíamos então dizer que, em um primeiro momento, a reunião do conhecimento por padrões de afinidade surge da necessidade de dar continuidade à própria ciência, daí a ramificação em domínios e subdomínios de conhecimento ser uma constante na história da humanidade. Contudo, o acúmulo de saber disciplinar na escola atualmente é tamanho que, com frequência, o próprio professor acaba se perdendo quanto aos motivos reais de ensinar determinados assuntos. Por isso a vigilância epistemológica, comentada anteriormente, é imprescindível para aqueles que executam a transposição didática externa e interna, servindo como um dos meios de selecionar o conteúdo que deve, de fato, constar nos planos de aula.

Além disso, o motor propedêutico que tomou a escola por tanto tempo descaracterizou ainda mais os saberes escolares, transformando-os em algo que deveria ser aprendido sem que se buscasse explicitar razões claras para isso. A separação, organização e classificação do saber adquirido foram ações motivadas por necessidades justas. Todavia, essas ações, conforme destacado

pelos textos oficiais e que também encontra lógica na nossa concepção de ensino, devem ser acompanhadas do esforço em apontar o caminho de volta, fornecendo razões que unificam e reintegram esses saberes. Neste momento, recorreremos a mais uma citação de Perrenoud (1999, p. 43-44), que sintetiza bem essas ideias:

A honestidade está em dizer, hoje, que não sabemos exatamente qual é a utilidade das disciplinas escolares – além de ler, escrever e contar – na vida diária das pessoas que não seguiram estudos superiores. A razão é muito simples: historicamente a escolaridade tem sido construída para preparar os estudos universitários. É muito recente sua preocupação com sua relação com situações da vida profissional e não profissional.

[...] cada disciplina tem a tentação de desinteressar-se do problema e encerrar-se na lógica que melhor conhece: compactar, modernizar, complexificar os conhecimentos ensinados e limitar-se a certas competências disciplinares consagradas, como resumo de texto, a leitura de mapas geográficos ou a resolução de equações, entre outros.

3.3.5. Qual o problema da compartimentalização na escola?

O ensino fragmentado supõe que a integração dos saberes se dará de forma espontânea pelo estudante; esse é seu problema. Questões ou situações reais demandam saberes de mais de uma disciplina escolar, e a pesquisa em ensino de Ciências tem mostrado que essa integração entre saberes das diferentes disciplinas dificilmente ocorrerá caso não haja um trabalho didático-pedagógico planejado para esse fim, cujo objetivo seja preparar o aluno para a mobilização de saberes multidisciplinar. Mais uma vez Perrenoud (1999, p. 44) nos chama a atenção para esse fato:

Sabe-se agora que a transferência de conhecimentos ou a sua integração em competências não são automáticas e passam por um trabalho, isto é, um acompanhamento pedagógico e didático sem o qual nada ocorrerá, a não ser para alunos com grandes meios para isso.

3.3.6. De que forma levar em conta a multidisciplinaridade intrínseca à realidade?

Perrenoud (1999, p. 67) explica a necessidade da interdisciplinaridade no ensino por competências e aponta algumas condições para que ela ocorra:

[...] uma abordagem por competências exigiria que os professores:

- por mais especialistas que fossem, sentissem-se antes responsáveis pela formação global de cada aluno do que responsáveis exclusivamente por seus conhecimentos em sua própria disciplina.

- percebessem e valorizassem as transversalidades potenciais nos programas e nas atividades didáticas.

Temas e competências transversais são aqueles que precisam do saber de diferentes disciplinas para que se tornem compreensíveis e que apontam problemas cuja solução se dá apenas pelo uso integrado de métodos e saberes dessas diferentes áreas. Não faria sentido, portanto, um trabalho pautado pela transversalidade que tomasse a perspectiva rígida de apenas uma disciplina. Assim, pode-se dizer que a transversalidade de temas promove a articulação interdisciplinar e precisa dela. Além disso, a transversalidade também admite a entrada de saberes extracurriculares na escola, uma vez que problemas reais ultrapassam a fronteira escolar. Como exemplos de temas transversais que fogem do domínio disciplinar podemos citar: energia, poluição ambiental, saúde, ética, música e tecnologia.

Na visão de alguns educadores, um trabalho didático-pedagógico que de fato considere a interdisciplinaridade deveria estar atrelado ao compromisso coletivo do corpo docente e, se possível, da comunidade local da escola. Algumas estratégias promissoras nesse sentido levam em conta as *práticas sociais de referência*, tidas como as atividades profissionais e não profissionais que pertencem à cultura de uma sociedade ou de uma comunidade e que servem de referência social para o ensino (MARTINAND, 2003). De acordo com Martinand (2003, p. 128, tradução nossa), o idealizador do termo,

[...] a ideia não é a de “contextualizar” o conhecimento, mas levar em consideração as práticas em todos os aspectos, incluindo seus componentes de saberes, discursivos ou outros, explícitos ou implícitos, individuais ou coletivos; o significado e a estrutura dos saberes, inclusive dos conceitos centrais da prática [...]

Práticas sociais de referência, como o próprio nome sugere, são atividades comuns que pertencem a um grupo social. Podem estar ou não ligadas a uma atividade profissional, contanto que sejam reconhecidas como tendo um papel ou uma função na sociedade. Como exemplos podemos citar desde práticas profissionais, como costura, música, engenharia, ou as acadêmicas, como

pesquisa e ensino, até atividades domésticas, como culinária, limpeza, organização etc.

No ensino, as práticas sociais de referência podem desempenhar um papel didático relevante, sendo utilizadas como fundantes de significado para o conteúdo abordado. Amenizam a descontextualização geralmente imposta pelo processo da transposição didática externa. A perda de significado e utilidade do saber em seu percurso de saber sábio até saber a ensinar pode ser contrabalançada pela introdução de objetivos que levem em conta as práticas sociais de referência da sociedade a que pertence o estudante. O oposto também pode ser válido, ou seja, partir das práticas sociais de referência para selecionar os saberes que serão levados à sala de aula. A vigilância epistemológica, nesse momento, ajuda no controle e na adequação daquilo que se ensina, ao levar em conta essas referências sociais.

De acordo com Alves Filho (2000a, p. 177),

[...] as práticas sociais de referência são importantes porque elas podem evitar a utilização de exemplos que não fazem parte da cultura do estudante e por isso não lhes são significativos. É notória a inconveniência de utilizar as marés como exemplo de influências gravitacionais em cidades longe do mar. [...] tais práticas estão bastante próximas do professor, o que lhe autoriza e possibilita realizar uma transposição didática do saber a ensinar para o saber ensinado mais adequado, como também possibilita resgatar a contextualização histórica da produção do saber sábio, diminuindo o excesso do artificialismo e neutralidade do saber a ensinar.

No contexto de nossa pesquisa, a ideia sugerida por Martinand poderia ser representada pela caracterização das habilidades e conhecimentos associados a uma prática social reconhecida pela comunidade onde vive o aluno para, a partir dela, estruturar o planejamento da situação-problema. Sob esse enfoque, o sentido do conteúdo seria dado de uma forma natural, já que o aluno teria consciência de que as situações propostas pertencem a uma prática que lhe é familiar, ainda que tenham sua complexidade reduzida para que se adéquem ao âmbito escolar. Em uma comunidade em que a indústria, por exemplo, estivesse presente, a escolha de produtos químicos, a automação de processos, o emprego de maquinários específicos, a elaboração e o *design* de produtos, os cuidados ambientais próprios da indústria, entre muitos outros elementos que compõem as

atividades industriais, poderiam servir como base para a programação curricular da escola.

Percebe-se, portanto, a necessidade de um trabalho minucioso por parte do corpo docente para que tal metodologia seja levada até a sala de aula. Ela exige que os professores aventurem-se fora de suas disciplinas e estejam dispostos a trabalhar com problemas que ultrapassem seus conhecimentos específicos. Além disso, seria necessária uma reformulação, fundamentada e planejada, da transposição didática.

Para Perrenoud (1999, p. 35-39), toda competência pode ser observada em uma prática social, mas não necessariamente profissional, pois podemos nos dedicar ao desenvolvimento de uma competência em vários níveis. Em âmbito escolar elas não levam ou remetem a determinada profissão, daí uma estratégia didática ser a escolha por competências transversais. Entretanto, Perrenoud argumenta que as competências são visivelmente modificadas pelo contexto e que, por isso, a escola deveria estabelecer que tipo de ser humano pretende formar e, baseada nessa decisão, escolher as situações que auxiliarão o desenvolvimento das competências que forjam o perfil do ser humano em questão.

No trabalho de Schivani e Pietrocola (2012) intitulado *Robótica educacional no ensino de Física: estudo preliminar sob uma perspectiva praxeológica*, os autores apresentam a possibilidade de criar organizações praxeológicas didáticas a partir da análise do corpo de saberes de uma prática social de referência. Eles usam a TAD para investigar as possibilidades de inserção do tema Robótica no currículo do Ensino Médio. Justificam o uso dessa teoria como uma tentativa de melhor adequar pedagogicamente as propostas de ensino dessa área, procurando evitar que seu uso se restrinja à execução de tarefas por meio de técnicas sem que haja uma preocupação com a conexão entre essas tarefas e técnicas com os conceitos da Física que se pretende ensinar. Para a formulação das atividades os autores lançam mão do conceito de *verossimilhança praxeológica*, que seria: “a análise de uma prática social de referência, levantando todos os seus constituintes praxeológicos, e a seguir transpondo estes constituintes para uma atividade praxeológica de ensino em sala de aula.”. Em

síntese, o que Schivani e Pietrocola fizeram foi mostrar que é possível criar OPs didáticas de atividades experimentais que giram em torno de situações-problema e, com isso, inspiraram nossa própria pesquisa e mostraram a viabilidade dela.

3.3.7. Aprofundando os significados de habilidade e competência

Para Laburú (2005), o termo *habilidade* é encontrado com significados distintos na literatura. Em um artigo de 2005 – *Seleção de experimentos de Física no Ensino Médio: uma investigação a partir da fala de professores* –, ele relata os significados encontrados nos trabalhos de Trumper (2003), Doran et al. (1995), Hodson (1994), Kirschiner (1992), Millan e Driver (1987), que resumimos a seguir.

O primeiro seria o sentido de *habilidades ligadas ao método experimental*, restrito às operações realizadas com experimentos de laboratório, ou seja, habilidades ligadas a procedimentos, tais como: manipulação ou operacionalização de instrumentos, experiência em processos laboratoriais, técnicas e planejamento experimental. Um segundo sentido encontrado na literatura é o que ele denomina *habilidade cognitiva*, entre as quais estariam: reunir informações científicas, organizar ou impor uma ordem intelectual sobre os dados com o objetivo de reconhecer regularidades, interpretar, elaborar e testar hipóteses, extrair conclusões e fazer inferências de dados e observações, indagar questões científicas, assegurando as respostas por meio de experimento, desenvolver o pensamento lógico e crítico, reconhecer o papel do experimento e da observação no desenvolvimento de teorias, usar logicamente procedimentos e estratégias, saber construir tabelas, saber transpor o raciocínio concreto e a linguagem verbal para uma linguagem e um raciocínio matemático mais abstrato e vice-versa, entre outras. Finalmente, um terceiro sentido encontrado na literatura seria aquele que o autor chama de *habilidade de atitudes*, entre as quais se situariam: a aptidão para desenvolver aprendizagem colaborativa, trabalhar em cooperação, participar da distribuição e conjugação de tarefas, compartilhar resultados com outras equipes, respeitar e comparar as ideias opostas às da pessoa etc.

Ainda sobre competências e habilidades, sintetizaremos abaixo alguns pontos que julgamos fundamentais e que foram conscientizados, principalmente,

pela leitura de *Construir as competências desde a escola*, de Perrenoud (1999), já citado diversas vezes nesta dissertação.

Em sua obra, Perrenoud procura, diversas vezes, conceituar *competência*, como pode ser visto no trecho que segue:

Competência seria a capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação apoiando-se em conhecimento, mas sem limitar-se a eles, colocando em ação e em sinergia vários recursos cognitivos complementares, entre os quais estão os conhecimentos. (PERRENOUD, 1999, p. 7).

Ele também conceitua *habilidade*:

[...] a habilidade é uma inteligência capitalizada, uma sequência de modos operatórios, de analogias, de intuições, de induções, de deduções, de transposições dominadas, de funcionamentos heurísticos rotinizados que se tornaram esquemas mentais de alto nível ou tramas que ganham tempo. (PERRENOUD, 1999, p. 30).

Além disso, o autor defende, como já expusemos na justificativa desta dissertação, a necessidade do conhecimento como condição necessária, mas não suficiente, para o desenvolvimento de competências. Podemos observar essa posição no trecho:

Quanto mais complexas, abstratas, mediatizadas por tecnologias, apoiadas em modelos sistêmicos da realidade forem consideradas as ações, mais conhecimentos aprofundados, avançados, organizados e confiáveis elas exigem. (PERRENOUD, 1999, p. 7).

Ele defende que deve haver, no especialista, a competência de discernimento em saber o momento oportuno de utilizar os conhecimentos de forma eficaz. Acerca desse discernimento, Perrenoud (1999, p. 9) comenta:

A competência do especialista baseia-se, além da inteligência operária, em esquemas heurísticos ou analógicos próprios de seu campo, em processos intuitivos, procedimentos de identificação e resolução de um certo tipo de problemas, que aceleram a mobilização dos conhecimentos pertinentes e subentendem a procura e a elaboração de estratégias de ação apropriadas.

Perrenoud (1999, p. 10) também nos lembra da necessidade do tempo e do treinamento para o desenvolvimento de competências:

Construção de competências exige formação de esquemas de mobilização do conhecimento com discernimento. Já os esquemas se constroem por prática, treinamento e uma postura reflexiva. O treinamento só é possível se

houver tempo de viver as experiências e analisá-las. [...] A construção de uma competência depende do equilíbrio da dosagem entre o trabalho isolado de seus diversos elementos e a integração desses elementos em situações de operacionalização.

O autor ainda distingue de forma simples os conceitos de habilidade e competência:

A partir do momento em que ele fizer “o que deve ser feito” sem sequer pensar, pois já o fez, não se fala mais em competências, mas sim em habilidades ou hábitos. No meu entender, estes últimos fazem parte da competência. (PERRENOUD, 1999, p. 26).

Ele argumenta que as competências são construídas a partir do “enfrentamento” de situações, argumento em que, conforme veremos mais adiante, se sustentará boa parcela da justificativa teórica de nosso trabalho. “As competências de uma pessoa se constroem em função das situações que enfrenta com maior frequência.” (PERRENOUD, 1999, p. 29)

Perrenoud (1999, p. 30-31) comenta a competência associada à transferência, também já citada anteriormente nesta dissertação:

A ligação de uma situação com um conjunto lógico permite, até certo ponto, enfrentar o desconhecido, associando-o ao conhecido, desde que uma forma de intuição analógica permita uma transferência a partir de experiências anteriores ou de conhecimentos gerais. [...] Esse funcionamento cognitivo (falando sobre a transferência) pertence tanto à ordem da repetição como à ordem da criatividade, pois a competência, ao mesmo tempo em que mobiliza a lembrança das experiências passadas, livra-se delas para sair da repetição, para inventar soluções parcialmente originais, que respondem, na medida do possível, à singularidade da situação presente. A ação competente é uma “invenção bem temperada”, uma variação sobre temas parcialmente conhecidos, uma maneira de reinvestir o já vivenciado, o já visto, o já entendido ou o já dominado, a fim de enfrentar situações inéditas o bastante para que a mera e simples repetição seja inadequada.

Finalmente, para Perrenoud et al. (2007, p. 123):

[...] competência é saber agir, saber dizer, saber comunicar, saber fazer, saber explicar, saber compreender, saber encontrar a razão, ou seja, a competência é aquilo que organiza e que, portanto, dá base para que algo possa realizar-se enquanto representação, pensamento, ação, compreensão ou sentido. Por isso, no desenvolvimento de competências, estes verbos são fundamentais: abstrair, ou seja, retirar de uma situação algo que tenha valor de lição, generalizar, transferir com as adaptações que sempre serão necessárias, aprender com a experiência.

3.3.8. A figura do especialista competente

No subitem 2.3 citamos, de passagem, o conceito de especialista competente. Aprofundaremos agora o conceito, com a intenção de detectar características presentes na ação desse profissional que possam ser consideradas no planejamento de um ensino por situações-problema.

Bastien (1997, apud PERRENOUD, 1999, p. 26) argumenta que um especialista é competente porque simultaneamente:

- domina, com muita rapidez e segurança, as situações mais comuns, por ter à sua disposição esquemas complexos que podem entrar imediata e automaticamente em ação, sem vacilação ou reflexão real;
- é capaz de, com um esforço razoável de reflexão, coordenar e diferenciar rapidamente seus esquemas de ação e conhecimentos para enfrentar situações inéditas.

No livro *Como as pessoas aprendem* (2007), o capítulo 2, na segunda parte da obra, é dedicado à descrição das características comuns a um especialista competente. Além disso, levanta as principais diferenças – em termos de habilidades e eficiência na realização de tarefas complexas – entre os especialistas competentes e os principiantes.

A seguir, analisaremos algumas dessas características e comparações com o intuito de levantar elementos que possam ser incorporados em situações-problema no ensino e que subsidiem o desenvolvimento das habilidades comumente presentes nos especialistas competentes.

De acordo com as pesquisas citadas no livro, os especialistas competentes são capazes de perceber, com facilidade, padrões significativos de informações; eles possuem uma compreensão profunda e organizada do assunto que dominam. O limite de capacidade de armazenamento de informações do cérebro é compensado, pelos especialistas, por estratégias que lhe permitem agrupar informações significativas em conjuntos afins, pois desenvolvem maior sensibilidade para padrões de informações significativas não acessíveis para os principiantes. O que caracteriza o conhecimento especializado no qual se fundamenta a capacidade de identificar tipos de problemas é o desenvolvimento de estruturas ou esquemas conceituais organizados, que orientam e norteiam o

modo de representar e entender os problemas. Técnicos em Eletrônica, por exemplo, foram capazes de reproduzir circuitos complexos após alguns segundos de observação, pois agrupavam componentes individuais que desempenhavam, em conjunto, uma função específica. Em outras palavras, eles se lembram do conjunto e depois o desmembram em seus componentes particulares.

O conhecimento do especialista não é simplesmente uma lista de fatos e fórmulas relevantes para seu campo de atuação; seu conhecimento se organiza, de fato, em torno de conceitos essenciais ou grandes ideias que orientam seu raciocínio. Especialistas e principiantes em Física foram solicitados a descrever verbalmente o que usariam para resolver determinados problemas dessa área. Os especialistas mencionaram princípios e leis aplicáveis, junto com a lógica de por que se aplicavam ali e como poderiam ser aplicadas. Os principiantes, de maneira geral, mencionaram apenas as equações que deveriam ser usadas.

Os especialistas competentes são fluentes na recuperação de conceitos e técnicas e contextualizam o conhecimento à sua aplicabilidade, ou seja, a um conjunto de circunstâncias. Em outras palavras, o conhecimento inclui, em si, uma especificação dos contextos em que pode ser aplicado. Os especialistas competentes possuem um amplo repertório de conhecimento, mas sabem que apenas um subconjunto desse conhecimento é relevante para um problema específico e que não é preciso fazer a busca de tudo o que conhecem a fim de encontrar o que é relevante. Entretanto, a recuperação fluente não garante rapidez na execução da tarefa. Às vezes, por tentar antes entender o problema, o especialista demora mais do que o principiante, já que o segundo vai diretamente para a estratégia de solução. Todavia, a fluência, no aspecto global da situação, é conseguida pelo especialista.

A nosso ver, no ensino tradicional, a quantidade de conteúdos a serem ensinados é tamanha que, muitas vezes, a instrução é interrompida antes que o estudante desenvolva a fluência necessária para desempenhar com êxito as tarefas. Os currículos que enfatizam a amplitude podem impedir a organização efetiva do conhecimento, pois não há tempo para que se aprenda com profundidade.

Até este ponto de nossa pesquisa, mesmo que ainda de maneira tênue, já é possível vislumbrar a hipótese de que um ensino baseado em situações-problema que enfatizem o condicionamento do conhecimento e que ajudem o estudante a perceber os modelos utilizados pelos especialistas poderá ser mais eficiente para o desenvolvimento de habilidades e competências do que o ensino tradicional.

3.4. Campos conceituais: uma justificativa na dimensão cognitiva

Em sua teoria cognitiva, Vergnaud cria o conceito de *campo conceitual*. Para ele, todo conhecimento estaria agrupado em domínios de elementos conceituais afins. A apropriação desses elementos se daria pelo enfrentamento de situações que exigissem a utilização de tal conhecimento. A interação sujeito-situação é que daria sentido e significado aos elementos conceituais pertencentes a um campo conceitual.

Apesar de nossa pesquisa estar centrada, de forma mais contundente, na dimensão epistemológica da relação didática, ou seja, na relação entre o saber e o professor, consideramos importante fornecer uma justificativa cognitiva para a escolha didática da situação-problema. A nosso ver, a teoria de Vergnaud justifica, em termos cognitivos, essa escolha, daí decidirmos por resumir, nas linhas que seguem, os seus pontos principais. Para isso, escolhemos o artigo de Moreira (2002), intitulado *A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de Ciências e a pesquisa nesta área*, que analisa esses pontos ao mesmo tempo que indica a associação destes com o ensino de Ciências.

3.4.1. Qual a perspectiva da teoria dos campos conceituais?

Nas palavras de Moreira (2002, p. 8):

Resumindo, a teoria dos campos conceituais é uma teoria cognitivista neopietetiana que pretende oferecer um referencial mais frutífero do que o piagetiano ao estudo do desenvolvimento cognitivo e da aprendizagem de competências complexas, particularmente aquelas implicadas nas ciências e na técnica, levando em conta os próprios conteúdos do conhecimento e a análise conceitual de seu domínio.

3.4.2. Qual a premissa da teoria dos campos conceituais?

Para Vergnaud (1982, apud MOREIRA, 2002, p. 8):

Vergnaud toma como premissa que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um largo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. Campo conceitual é, para ele, um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição. O domínio de um campo conceitual não ocorre em alguns meses, nem mesmo em alguns anos. Ao contrário, novos problemas e novas propriedades devem ser estudados ao longo de vários anos se quisermos que os alunos progressivamente os dominem. [...] De nada serve tentar contornar as dificuldades conceituais; elas são superadas na medida em que são encontradas e enfrentadas, mas isso não ocorre de um só golpe.

Para Moreira (2002, p. 9), três são os argumentos principais que levaram Vergnaud ao conceito de campo conceitual:

- 1) um conceito não se forma dentro de um só tipo de situação;
- 2) não se analisa uma situação com apenas um conceito;
- 3) a construção e a apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo trabalhoso, que se estende por anos, às vezes décadas, com mal-entendidos entre situações, entre concepções, entre procedimentos, entre significantes.

3.4.3. Relacionando a ideia de conceitos com o conceito de situações

Para Vergnaud (1988, apud MOREIRA, 2002, p. 11):

Mas se os conceitos tornam-se significativos através de situações decorre, naturalmente, que as situações e não os conceitos constituem a principal entrada de um campo conceitual. Um campo conceitual é, em primeiro lugar, um conjunto de situações cujo domínio requer o domínio de vários conceitos de naturezas distintas.

[...] processos cognitivos e as respostas do sujeito são função das situações com as quais é confrontado.

[...] em um certo campo conceitual existe uma grande variedade de situações e os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que encontram e progressivamente dominam.

[...] muitas de nossas concepções vêm das primeiras situações que fomos capazes de dominar ou de nossa experiência tentando modificá-las.

3.4.4. Situações e a ideia de esquemas

Para Moreira (2002, p. 17-22):

Um conceito torna-se significativo através de uma variedade de situações, mas o sentido não está nas situações em si mesmas, assim como não está

nas palavras nem nos símbolos. O sentido é uma relação do sujeito com situações e significantes. Mais precisamente, são os esquemas, i.e., as ações e sua organização, evocados no sujeito por uma situação ou por um significante que constituem o sentido dessa situação ou desse significante para esse indivíduo. Vergnaud considera que os esquemas necessariamente se referem a situações, a tal ponto que dever-se-ia falar em interação esquema-situação ao invés de interação sujeito-objeto. Esquemas têm como ingredientes essenciais aquilo que Vergnaud chama de invariantes operatórios, i.e., conceitos-em-ação e teoremas-em-ação que constituem a parte conceitual dos esquemas, i.e., os conhecimentos contidos nos esquemas.

3.5. O ensino por situação-problema: uma estratégia promissora para o desenvolvimento de habilidades e para a aprendizagem significativa

Chevallard (2005) chama a atenção para o fato de as organizações praxeológicas na escola estarem desvinculadas das perguntas que lhe deram origem e que, nessa ruptura, estaria a origem de um questionamento frequente dos alunos: Para que devo aprender isso? Em que situação eu terei de usar esse conhecimento?

Esse parecer de Chevallard pode ser observado na passagem:

[...] a maneira usual de se transformar uma praxeologia ensinada na escola em um monumento desprovido de sentido consiste em se apartá-la das situações cujos tratamentos poderiam justificar razoavelmente a sua presença. Deste modo, a escola propaga uma relação com o conhecimento que está próxima do fetichismo. Nessa perspectiva, as praxeologias são estudadas não por aquilo que permitem que façamos ou pensemos, mas por elas mesmas. É conhecimento pelo conhecimento ou mesmo, se ousar dizer, saber-fazer pelo saber fazer! (CHEVALLARD, 2005, p. 25).

A nosso ver, a situação-problema é o meio pelo qual esse elo pode ser feito no ensino. Ao longo da dissertação, deverá ficar clara a razão pela qual acreditamos que a situação-problema centrada em uma atividade experimental represente uma das respostas mais promissoras para restabelecer essa ligação e trazer de volta o significado do ensino para o aluno.

A seguir, descreveremos os pressupostos teóricos e as justificativas didáticas para o ensino por situação-problema. Para isso, nos basearemos em dois livros que abordam esse tema: *Construir as competências desde a escola*, de Perrenoud (1999), já citado diversas vezes nesta dissertação, e *As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação*, de Perrenoud et al. (2007), também citado algumas vezes nesta dissertação.

Perrenoud (1999, p. 73-74, comentário nosso) defende o repensar do processo de transposição didática tendo em mente tanto o desenvolvimento de habilidades e a construção de competências quanto a futura inserção do aluno na sociedade e, nesta passagem, já é possível observar a gênese da ideia de situação-problema em ensino, justificada pelo paralelo com as situações reais que o aluno deverá enfrentar:

[...] querendo-se trabalhar por competências, deve-se, provavelmente, remontar à origem dessa cadeia (*referindo-se ao processo de transposição didática*) e começar perguntando com que situações os alunos irão confrontar-se realmente na sociedade que os espera. [...] Para formar em competências à altura das situações da vida, o mais sábio é não fazer como se as conhecêssemos. Melhor seria adotar um processo de investigação, para ter uma ideia das situações com as quais as pessoas confrontam-se ou irão confrontar-se em sua vida – no trabalho, fora do trabalho ou entre dois empregos.

Perrenoud et al. (2007, p. 114) explica a característica aparentemente ambígua que deve apresentar uma situação-problema:

Uma característica importante da situação-problema é desafiar-nos para uma realização, de um lado, estruturada pelas coordenadas que lhe dão possibilidade e, de outro, que se expressa aqui e agora. Em outras palavras, um dos obstáculos de uma situação-problema é articular diversidade com singularidade. [...] Não é este, igualmente, o drama de nossa existência? Como partes do mundo, herdamos a diversidade de nossa herança biológica, sociocultural, antropológica, sociológica, física, porém nascemos como se nunca tivéssemos existido; nossa existência é sempre singular...

Nesse ponto percebemos a relação do desafio característico da situação-problema – de articular diversidade com singularidade – com a característica presente no especialista competente, ou seja, de que uma de suas habilidades seria encontrar o que é relevante dentro de seu vasto repertório de conhecimento para solucionar um problema específico, como já dissemos.

3.5.1. O que é uma situação-problema proposta para o ensino?

Perrenoud et al. (2007, p. 114-115) conceitua o que se entende por situação-problema em ensino:

As situações-problema caracterizam-se por recortes de um domínio complexo, cuja realização implica mobilizar recursos, tomar decisões e ativar esquemas. [...] São fragmentos relacionados com nosso trabalho, nossa interação com as pessoas, nossa realização de tarefas, nosso

enfrentamento de conflitos. Referem-se, pois, a recortes de algo sempre aberto, dinâmico e, como tal, repetem aquilo que é universal no problemático e fantástico que é a vida, entendida como exercício das funções que a conservam no contexto de suas transformações. Consideremos que recortar é diferente de reduzir. A ordem, por exemplo, recorta, organiza um aspecto do caos (ou cosmos), mas não tem o poder de reduzi-lo.

Meirieu (1998, apud PERRENOUD et al., p. 115-116) também define situação-problema em ensino:

É uma situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema, se dá ao vencer o obstáculo na realização da tarefa. Assim, a produção supõe a aquisição, uma e outra perdendo o seu objeto de avaliações distintas.

Perrenoud et al. (2007, p. 115-116) faz considerações sobre os elementos que devem estar presentes em uma situação-problema em ensino:

[...] Tais obstáculos, que nos desafiam para uma tarefa, também ocorrem na escola, podendo ser propostos por artifício ou simulação, o que não implica criar um pretexto, mas delimitar um contexto de reflexão, colocação de problema, conflito, raciocínio, tomada de posição, enfrentamento de uma situação, mobilização de recursos, nos limites do espaço, do tempo e dos objetos disponíveis para a realização da tarefa. A situação-problema pede um posicionamento, pede um arriscar-se, coordenar fatores em um contexto delimitado, com limitações que nos desafiam a superar obstáculos, a pensar em um outro plano ou nível. Trata-se, portanto, de uma alteração criadora de um contexto que problematiza, perturba, desequilibra.

Ou ainda:

O interessante na ideia de situação-problema é que há desejo de resolver, há intenção de alcançar um bom resultado... [...] É claro que o resultado favorável ao objetivo ou meta é o que almejamos, mas o trabalho, o raciocínio e o processo de enfrentar a situação-problema também valem a pena. Assim, uma situação continua sendo um problema mesmo que naquela situação não obtenhamos o melhor resultado. Daí seu sentido construtivo: Como aprender com os erros? Como melhorar? Como aperfeiçoar? [...] Uma situação-problema, como situação de aprendizagem, coloca um desafio intelectual, algo a ser superado. Ela pede antecipação dos resultados, planejamento, correr riscos, portanto, reflexão, tematização, disputa, enfrentamento de conflitos, tensões, paradoxos, alternativas diversificadas ou argumentações. (PERRENOUD et al., 2007, p. 119-120).

3.5.2. Cuidados com as questões representativas de uma situação-problema

Para Perrenoud et al. (2007, p. 125-127), alguns cuidados devem estar presentes durante a elaboração das questões que compõem a situação-problema. Essas preocupações foram resumidas abaixo:

- A tarefa a ser realizada (especificada, principalmente, nas competências transversais que definem o que se espera do trabalho proposto) está bem caracterizada?
- É possível realizar a tarefa nos limites espaciais e temporais aceitos ou determinados para a prova?
- As alternativas estão bem formuladas e criam obstáculos (no sentido de Meirieu) que convidam à reflexão do aluno e expressam diferentes graus de articulação entre o enunciado e a alternativa que melhor define a resolução do problema proposto?
- É o conjunto do item que regula e dá direção ao trabalho?

Mais sobre os cuidados com as questões pode ser verificado na passagem abaixo:

[...] para avaliar se uma situação-problema é boa ou não, precisamos julgar se a questão requer tomada de decisões em um contexto de problemas, na perspectiva das pessoas ou das máquinas. Tratar alguém como máquina é exigir ou esperar que ela aja como uma máquina, que tenha memória de máquina, que trate o conhecimento como jogo de informações, que trate os cálculos como forma de processar e não como meios para outros fins. Além disso, devemos observar se a questão expressa-se em um contexto de dilemas, ou seja, em que a pessoa deve posicionar-se, julgar, interpretar. Para isso, precisamos verificar se as alternativas coordenam-se com o enunciado e manifestam esse espírito de se responsabilizar pela resposta, julgar e interpretar em face dos indicadores disponíveis. [...] Devemos verificar se a questão compromete-nos com uma resposta; e se essa resposta, mesmo que em um contexto artificial de simulação, como é o caso de uma avaliação escolar, projeta-nos para uma situação de vida real em que suas consequências seriam prejudiciais para a natureza ou para a vida. (PERRENOUD et al., 2007, p. 125-127).

3.5.3. O enfrentamento do obstáculo em uma situação-problema

Perrenoud et al. (2007, p. 128-133) explica que uma situação-problema em ensino deve necessariamente submeter o aluno a algumas etapas que conduzem à aprendizagem, além de indicar as condições para que elas ocorram.

Consideramos que seria mais adequado citar as características de tais etapas usando diretamente as passagens desses autores, já que elas servem, neste ponto da dissertação, apenas como justificativa cognitiva para a estratégia de uma situação-problema. Mais adiante, no capítulo sobre procedimentos e resultados, discutiremos o papel de tais etapas no contexto de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental.

São elas:

ALTERAÇÃO

O que é uma alteração?

A alteração diz respeito a uma modificação a ser considerada pelo sujeito. [...] uma situação-problema cria obstáculos, chama atenção para algo sobre o qual nossos recursos são insuficientes e convida-nos a superar, aprofundar, estender, mesmo que minimamente, os limites de nosso conhecimento.

Em que momento o aluno depara com a alteração?

A situação-problema, por seu enunciado, cria um contexto que formula uma alteração a ser examinada pelo aluno. O contexto do enunciado expressa-se pela forma e pelos conteúdos de sua proposição. As alterações propostas em uma situação-problema podem ser artificiais, por oposição a alterações naturais. [...] Quando artificial, a situação-problema simula, recorre, inventa ou cria contextos que favorecem a avaliação ou o julgamento de determinada questão.

Qual a reação indesejável perante uma alteração?

Uma das reações se manifesta pela indiferença ou pela divagação que impede a compreensão do problema como tal, pelo medo que afasta ou desestimula a continuar, pelo sentimento de que não temos recursos ou condições de enfrentar o problema, pelo julgamento de que o problema é irrelevante ou que não faz sentido para nós.

Como obter a reação desejável?

A situação-problema deve expressar algo significativo para o sujeito. A segunda classe de reação a uma alteração é aquela que convida o sujeito a reagir ou agir frente à alteração.

Obstáculos sob medida

Meirieu (1998) argumenta que é melhor analisarmos a situação-problema em termos dos obstáculos a serem superados pelo aluno, e não por seu

grau de dificuldade. Assim, um obstáculo pode ser grande, médio ou pequeno e referir-se à tomada de decisão do construtor ou do autor do item, enquanto a dificuldade é do aluno para responder à questão. Há obstáculos que, para certos alunos, são muito difíceis, e, para outros, nem tanto.

PERTURBAÇÃO

Como identificar uma perturbação?

Uma perturbação expressa o fato de que uma alteração foi assimilada como um problema, isto é, que os elementos para a resposta não estão totalmente dados ou são insuficientes. Ela produz um desequilíbrio, rompe com a suficiência do que o sujeito supunha saber sobre determinado assunto, revela a limitação dos nossos recursos para a resposta. Assimilar uma alteração como um problema é permitir-se envolver com a busca ou construção de uma resposta...

O que ela promove?

Convida-nos a prestar atenção nas informações dadas no enunciado, efetuar cálculos, observar, comparar, reunir conhecimentos, identificar coisas e fazer ordenações. A perturbação cria uma ruptura que requer o trabalho de recuperação de um todo que foi rompido. Nesse sentido, uma situação-problema representa, por seu enunciado, a criação de uma perturbação que altera algo no sujeito e que possibilita, ao propor o conjunto das alternativas, a oportunidade de fechamento do ciclo aberto pelo enunciado.

Qual a reação indesejável perante uma perturbação?

O sujeito desiste, posterga a tarefa, irrita-se, sente-se desqualificado para coordenar as informações ou para aproveitar os indicadores ou as dicas oferecidas tanto no enunciado quanto nas alternativas de respostas; sente-se incapaz de recorrer aos seus recursos de raciocínio, aos conhecimentos ou às informações que possui sobre o assunto, é dominado pela dúvida, pela pressa em encontrar logo a resposta, tenta adivinhar ou “chutar”, não recorre ao melhor de si e a tudo aquilo que está informado na questão. Nesse caso, a perturbação não gera um trabalho de conhecimento, nem a busca de uma melhor solução.

Qual a reação desejável?

Na segunda classe de reação à perturbação, observamos um trabalho de regulação. Para isso, o obstáculo proposto no enunciado não deve estar além das condições do aluno. Além disso, as alternativas devem ser pensadas e elaboradas para que expressem diferentes soluções ou modos de se compensar uma perturbação, sendo que apenas uma delas se configura como a melhor solução nos termos da situação-problema ou tarefa.

REGULAÇÃO

O que é regulação?

A regulação refere-se ao trabalho do sujeito diante de uma perturbação no contexto das interações provocadas pela situação-problema. Consiste no que fazemos para recuperar o equilíbrio rompido pela pergunta ou pelo problema proposto, abrangendo as formas de compensarmos uma perturbação. Escolher, por meio do trabalho da reflexão e de tomada de decisão, a melhor alternativa para uma questão significa realizar uma compensação perfeita, pois recupera o ciclo rompido pela perturbação provocada pela questão.

Aonde se chega?

A reação compensadora, no plano cognitivo, não consiste em uma volta ao equilíbrio anterior, mas supõe completar, melhorar ou consolidar algo que ganhou modificação.

3.6. O conceito de obstáculo à aprendizagem

Obstáculo à aprendizagem é, para Astolfi (1988), de uma maneira bastante simplificada, um conflito cognitivo entre as representações dos alunos e os conhecimentos científicos que a escola pretende transmitir.

Uma vez que a situação-problema pressupõe a existência de um obstáculo, vimos por bem discorrer um pouco mais sobre esse conceito.

Para Étienne e Lerouge (1997, p. 65, apud PERRENOUD, 1999, p. 58), obstáculo é uma:

[...] convicção errônea, fortemente estruturada, que tem um estatuto de verdade na mente do aluno e que bloqueia o aprendizado. Um obstáculo é diferente de uma dificuldade. [...] O processamento de um obstáculo necessita, geralmente, da implementação de uma situação-problema.

Como exemplo, esses autores mencionam a resistência encontrada em admitir que a Terra gira ao redor do Sol. O conceito de que a Terra está parada tem um forte apelo empírico e não é uma dificuldade em entender um conceito, mas uma concepção enraizada por observação e que não está presente em um ou outro aluno em particular, mas na maior parte das pessoas que ainda não foram devidamente instruídas a esse respeito.

Para Ricardo (2003, p. 586), o professor pode planejar suas atividades – que no caso de nossa pesquisa é o planejamento de situações-problema – com base nos obstáculos, e atentar para que o aluno passe por algumas etapas durante a realização dessas atividades:

[...] as concepções alternativas ou as representações dos alunos se manifestam e o professor pode balizar suas escolhas didáticas a partir da noção de objetivo-obstáculo, seguindo as etapas de: localização, confrontação (fissura) e superação dos obstáculos à aprendizagem. Ao que parece, existe uma estreita relação entre as representações dos alunos e os obstáculos à aprendizagem, sendo estes últimos resistentes a mudanças.

Para Astolfi (1994, apud Ricardo, 2003, p. 589), não basta somente fazer o aluno perceber suas representações não condizentes com o saber científico, dado que tais representações podem ser apenas uma das ramificações do verdadeiro “problema”, que seria o obstáculo:

[...] não se trata somente de que os alunos pensem de forma diferente e que se possa identificar sua lógica cognitiva alternativa, senão sobretudo de que existe certa necessidade de manter este sistema de pensamento. O abandono das representações pelos alunos pode resultar em uma incerteza, pois os verdadeiros obstáculos permanecem e podem se manifestar na forma de outras representações.

Percebemos com isso que o ensino com vista a uma real aprendizagem de conceitos científicos deve, necessariamente, considerar a presença dos obstáculos e criar condições para que eles sejam, de fato, superados, pois essa superação abre espaço para uma nova forma de raciocinar do aluno. Ricardo (2003, p. 589) aponta para a necessidade de estratégias que considerem esse aspecto da aprendizagem do estudante:

Ao mesmo tempo que as representações terão que ser identificadas, também os saberes científicos que elas impedem de se compreender precisam ser consideradas, passando-se a escolher estratégias e sequências didáticas que deem condições para que haja a superação desses obstáculos.

Vimos que as situações-problema – mesmo aquelas centradas em atividades experimentais –, quando planejadas de forma criteriosa, poderão representar uma estratégia que leva em conta essa necessidade, ponto que será aprofundado mais adiante. O fato de a situação-problema se mostrar favorável à superação de obstáculos pode ser justificado, pelo menos de forma parcial, pelo pressuposto de que ela, situação-problema, gera (ou promove) uma necessidade no aluno. Ricardo (2003, p. 591) usa uma passagem de Saviani (1996) para nos lembrar de uma condição que reforça essa opinião. Ele argumenta que a situação didática que favorece a superação do obstáculo deve representar, para o aluno, uma necessidade de aprender algo que ainda não conhece:

E complementa ressaltando que uma problematização se consolida quando o aluno sente a necessidade de adquirir conhecimentos que ainda não possui. Dito de outro modo: “[...] uma questão, em si, não caracteriza o problema, nem mesmo aquela cuja resposta é desconhecida; mas uma questão cuja resposta se desconhece e se necessita conhecer, eis aí um problema” (SAVIANI, 1996, p. 14).

Convém, portanto, que o professor utilize estratégias para o levantamento de representações e concepções alternativas de seus alunos e procure, na literatura, obstáculos geralmente associados ao assunto em curso em suas aulas e, além disso, tente detectar, antes da elaboração da situação-problema, qual é o possível obstáculo que dá origem àquela representação. Isso não é, de forma alguma, tarefa fácil, mas novamente Ricardo (2003, p. 591), usando passagens de Delizoicov (1991), parece indicar alguns caminhos para se conseguir tal levantamento:

Mais do que obter informações sobre as representações dos alunos, o professor teria que buscar conhecer seu processo de construção, ou seja, compreender seu “referencial”. Conforme Delizoicov (1991), os questionamentos sobre as representações dos alunos teriam que ser articulados, ou precedidos, por questões do tipo: “Que necessidade(s) levou(aram) os alunos a conceberem tal conceito? O que os alunos querem ‘explicar com os conceitos que estão usando’?”.

De maneira genérica, mas suficiente para a nossa pesquisa, entenderemos obstáculo à aprendizagem como um pensamento ou uma concepção compartilhada pelos alunos e aceita como verdade, porém não condizente com a representação científica daquele fato ou fenômeno, e que deve ser superada para que se atinja um nível superior no desenvolvimento cognitivo.

4. OBJETIVOS

Na introdução desta dissertação explicitamos como premissa que o desafio do ensino é tornar um aluno não compromissado com sua aprendizagem, tendo como cenário um ensino tradicional, um aluno que leve a sério os seus compromissos escolares e tenha envolvimento com eles. Além disso, expusemos que estaria nas mãos de nós, professores, a tarefa de pensar e criar situações que estabeleçam uma atmosfera de aprendizagem propícia a essa mudança de rumo na vida estudantil dos nossos alunos.

Após a revisão e a análise dos conceitos teóricos que referenciam nossa pesquisa, podemos reformular a premissa anteriormente exposta da seguinte maneira:

É tarefa da instituição de professores propor situações didáticas – e acreditamos que situações-problema centradas em atividades experimentais cumpram bem esse papel – cuja alteração causada seja internalizada, pelo aluno, como perturbação, ou seja, que ele sinta como uma necessidade atingir a solução do problema colocado pela situação-problema e, assim, alcance a regulação e restabeleça o equilíbrio cognitivo em um novo patamar intelectual. O tempo dispendido nessas etapas será ocasião para o desenvolvimento de habilidades e para o domínio de conceitos disciplinares integrados, de forma significativa e duradoura, que favoreça a continuidade nas situações e nos períodos fora da escola. Em síntese, acreditamos que uma boa relação AS (aluno-saber) seja fruto de SPs (situações-problema) bem estruturadas, que só se obtém quando o professor se apropria de meios e conhecimentos para tal planejamento, ou seja, quando existe também uma boa relação PS (professor-saber):

Boa relação PS => SP bem estruturada => Boa relação AS

Contudo, nossa pesquisa visa subsidiar o planejamento de um tipo peculiar de situação-problema: aquela centrada em atividades experimentais. Para isso, é necessário, mas não suficiente, um caminho para pensar nas tarefas que poderão ser usadas, nas técnicas envolvidas e nas habilidades que podem ser desenvolvidas. Além desse caminho, é preciso também estudar a compatibilidade teórica entre as duas estratégias de ensino em questão: situação-problema e

atividade experimental. Tal exigência nos faz refletir de onde deveríamos “extrair” os conteúdos de ensino que serão abordados nas atividades.

Para Perrenoud (1999, p. 60), o ensino por competências exige o “quebrar a cabeça” para a elaboração de situações-problema, o que requereria uma reelaboração da transposição didática, que deveria se inspirar nas práticas sociais e nos respectivos conhecimentos que elas abarcam. Para ele, o desafio de criar situações-problema exige a imaginação de representar atores lidando com problemas reais, o que, por sua vez, demandaria maior capacidade de renovação, pois essas situações devem ser estimulantes e surpreendentes. Em suas próprias palavras:

Estruturar, deliberadamente, obstáculos ou antecipá-los e localizá-los em uma tarefa inserida em dado processo de projeto exige uma grande capacidade de análise das situações, das tarefas e dos processos mentais do aluno, acompanhada por uma capacidade de ver de outro ponto de vista, de esquecer sua própria perícia para colocar-se no lugar dele, para entender o que o bloqueia. Isso é necessário porque para o físico, o matemático, o gramático ou o geógrafo, que esqueceram a gênese de seus próprios conceitos, a noção parece evidente e o obstáculo, desprezível. (PERRENOUD, 1999, p. 60).

Para Perrenoud (1999), o trabalho por situações-problema não pode utilizar os meios atuais de ensino, pois esses teriam sido concebidos em outra perspectiva:

Não há necessidade de cadernos de exercícios ou de fichas a perder de vista, mas sim de situações interessantes e pertinentes, que levam em conta a idade e o nível dos alunos, o tempo disponível e as competências a serem desenvolvidas. (PERRENOUD, 1999, p. 61).

Assim, o objetivo geral de nossa pesquisa é analisar as atividades experimentais à luz da teoria antropológica do didático, do ensino por competências e do ensino mediado por situações-problema, com o intuito de entender as finalidades didáticas comumente encontradas para atividades experimentais e fornecer elementos teóricos que auxiliem um planejamento mais eficiente do uso desse recurso em sala de aula. O estudo para se alcançarem esses objetivos mais gerais nos conduziu a objetivos mais específicos.

São eles:

a) Classificação das atividades experimentais em ensino

Levantar categorias para atividades experimentais no ensino de Física, tanto categorias que possibilitem uma análise do uso da atividade tal qual ela está sugerida nos livros didáticos, manuais e artigos, como também categorias que auxiliem o professor a conscientizar-se de um uso diferenciado do mesmo experimento; categorias que considerem que o experimento poderá servir como matéria-prima para situações-problema.

b) Bases teóricas e questionamentos que auxiliam o planejamento de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental

Identificar pontos comuns, diferenças e complementaridades lógicas e epistemológicas entre os conceitos analisados no capítulo sobre elementos teóricos e, desse modo, sintetizar questionamentos que ajudem a guiar a elaboração de um planejamento fundamentado do uso da atividade experimental inserida no contexto de uma situação-problema.

c) Aplicação das bases teóricas e dos questionamentos levantados

Avaliar propostas de atividades experimentais em livros e artigos, usando a discussão e a análise feita nos itens *a* e *b* para verificar até que ponto essas propostas contribuiriam para o planejamento de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental.

5. PROCEDIMENTOS E RESULTADOS

O procedimento para o cumprimento dos nossos objetivos foi articular os elementos teóricos e as conclusões parciais apresentadas até este ponto da dissertação para, com isso, extrair orientações gerais e diretrizes específicas que serviriam de referência para preparar o planejamento de uma atividade experimental no contexto de uma situação-problema.

Depois desse primeiro passo, que tem seus resultados descritos nas seções 5.1 e 5.2, usamos os “ensinamentos” obtidos para investigar a viabilidade de se realizar um planejamento nos moldes propostos. Para isso, fizemos a análise e a leitura comparativa de propostas de atividades experimentais presentes em livros e artigos. Os resultados de tal investigação podem ser encontrados na seção 5.3 deste capítulo 5.

5.1. Elaborando categorias para atividades experimentais no ensino

5.1.1. Justificativas didáticas frequentemente relacionadas ao uso de atividades experimentais no ensino

Na literatura é possível encontrar inúmeras pesquisas que investigam os objetivos didáticos associados ao uso de atividades experimentais, tanto na visão dos professores e pesquisadores como de documentos oficiais. Abaixo sintetizaremos os resultados de algumas dessas pesquisas. Selecionamos as que tiveram suas publicações em cadernos, revistas e periódicos legitimados pela comunidade acadêmica e que, ao mesmo tempo, são abrangentes em suas abordagens, ou seja, não se restringem a casos isolados ou a um tipo particular de atividade experimental. Veremos que a revisão eleita auxiliou a criação de nosso próprio rol de categorias que refletem objetivos didáticos para atividades experimentais.

Atualmente, o professor de Física tem acesso fácil a uma enorme variedade de atividades experimentais. Deixamos para Laburú (2005, p. 162) a descrição dessa vasta gama de possibilidades:

Hoje em dia é substancial o *showroom* de experimentos e equipamentos didáticos com os quais se pode tomar contato pelos periódicos, livros, *sítes* e eventos da área de ensino de Ciências, como, também, por ocasião de

cursos de extensão, pela televisão ou por catálogos comerciais e, ainda, em locais de exposições permanentes, possíveis de serem visitados em alguns grandes centros. Isto sem contar com o presumível contato obrigatório que deveriam ter os futuros profissionais de cada área, durante os seus cursos específicos de Licenciatura.

No artigo mencionado, intitulado *Seleção de experimentos de Física no Ensino Médio: uma investigação a partir da fala de professores* –, Laburú descreve os resultados de uma pesquisa – mediada pela investigação de padrões no discurso de professores – em que procura analisar quais seriam as justificativas dadas ou os objetivos apontados quando professores de Física selecionam uma atividade experimental para utilizar em suas aulas.

Ele separou os resultados em quatro categorias:

- 1) *Motivacional: aqui se enquadram discursos que podem ser resumidos pelas justificativas: porque prende a atenção; surpreende; espanta; desperta a curiosidade por gerar conflito cognitivo; gera impacto visual; diverte aprendendo; ajuda a visualizar o fenômeno.*
- 2) *Funcional: aqui se enquadram discursos que podem ser resumidos por falas como: material de fácil acesso; simples e fácil de realizar; prático e conveniente na manipulação, operacionalização, construção; medidas fáceis de efetuar; de custo baixo e rápido; fidedigno quanto aos resultados esperados e quanto à reprodutibilidade.*
- 3) *Instrucional: nesta categoria se enquadram os seguintes discursos: possibilita verificar ou demonstrar de maneira simples conceitos difíceis de entender; porque é fácil de o aluno entender; porque é palpável; porque permite a realização de exercícios práticos; porque permite relacionar com o cotidiano; porque ensina técnicas laboratoriais.*
- 4) *Epistemológica: aqui se enquadram discursos que podem ser resumidos como: porque mostra o fenômeno; porque mostra o formalismo matemático; porque prova conteúdos difíceis de o aluno aceitar; porque esclarece superstições e mitos.*

Antes de analisar o trabalho de Laburú resumido acima, apresentaremos outra pesquisa, publicada na Revista Brasileira de Ensino de Física, que também analisa as finalidades destinadas às atividades experimentais e que está descrita em um artigo intitulado “Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades”. Os autores, Araújo e Abib (2003), investigaram os artigos publicados nesse mesmo periódico e também no *Caderno Catarinense de Ensino de Física* entre 1992 e 2001, analisando e categorizando aqueles que continham propostas de atividades experimentais. As dimensões e categorias levantadas pelos autores foram:

- 1) *ênfase matemática (qualitativa ou quantitativa);*
- 2) *grau de direcionamento (demonstração, verificação ou investigação);*
- 3) *uso ou não de novas tecnologias;*
- 4) *cotidiano (sim ou não);*
- 5) *montagem de equipamentos (sim ou não).*

Nas palavras dos próprios autores:

Os resultados dessa investigação reforçam que há uma ampla gama de possibilidades de uso das atividades experimentais no Ensino Médio, que vão desde as atividades de verificação de modelos teóricos e de demonstração, geralmente associadas a uma abordagem tradicional de ensino, até a presença já significativa de formas relacionadas a uma visão construtivista de ensino, representadas por atividades de observação e experimentação de natureza investigativa. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 191).

Essa foi, certamente, uma pesquisa que inspirou e ajudou a direcionar algumas das escolhas de nossa pesquisa. A categorização de atividades experimentais proposta pelos autores, a nosso ver, abarca um vasto espectro de possibilidades. A maneira como eles descreveram essas diferentes abordagens fez-nos perceber que as propostas de atividades experimentais poderiam ser caracterizadas pelo conjunto de tarefas que elas traziam consigo, o que determinou um dos nossos eixos de categorização: a dimensão didática, devidamente explicada mais adiante.

Antes de nos aprofundarmos nos dois artigos supracitados, descreveremos o terceiro e último artigo revisado que versa sobre os possíveis usos didáticos de atividades experimentais. Galiazzi et al. (2001) – em “Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências” – relata quais seriam os dez motivos para a realização de atividades experimentais. Assim como feito no trabalho de Laburú de 2005, esses motivos foram novamente levantados com base na fala dos próprios professores. São eles:

- 1) *estimular a observação acurada e o registro cuidadoso dos dados;*
- 2) *promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum;*
- 3) *desenvolver habilidades manipulativas;*

- 4) *treinar a resolução de problemas;*
- 5) *adaptar as exigências das escolas;*
- 6) *esclarecer a teoria e promover a sua compreensão;*
- 7) *verificar fatos e princípios estudados anteriormente;*
- 8) *vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação, chegando a seus princípios;*
- 9) *motivar e manter o interesse na matéria;*
- 10) *tornar os fenômenos mais reais por meio da experiência.*

Galiazzi et al., comentando a crítica comum de que os objetivos do laboratório didático estariam centrados no ensino do método experimental, indagam:

Não temos certeza, entretanto, se essas são as aprendizagens mais importantes para formar um cidadão. Discordamos também da ênfase dada ao desenvolvimento de habilidades manipulativas. Não consideramos necessário, na Educação Básica, aprender a pesar considerando os Algarismos Significativos, a ler corretamente o volume em uma bureta, a pipetar usando o dedo indicador. Concordamos com Barberá e Valdés (1996) que as atividades experimentais deveriam desenvolver atitudes e destrezas cognitivas de alto nível intelectual e não destrezas manuais ou técnicas instrumentais. Osborne (1998) pergunta se seriam essas as destrezas exigidas por uma sociedade cada vez mais tecnologicizada. (GALIAZZI et al., 2001, p. 254).

A seguir, começaremos uma discussão sobre os objetivos levantados e analisados nas três pesquisas descritas acima. Iniciaremos analisando essa passagem de Galiazzi et al. e, para isso, contaremos com a ajuda de Alves Filho (2000a) em *Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático*. O autor chama a atenção para o destino comum que se tem dado para as atividades experimentais e para o laboratório didático de maneira geral: o ensino do método experimental. Faz um resumo histórico do papel do laboratório na vida escolar e explica que as regras da transposição didática, quando utilizadas para recuperar o saber sábio na linguagem própria dos livros didáticos, que farão a vez do saber a ensinar, favorecem uma linearização e um sequenciamento lógico e formal dos saberes científicos, deixando transparecer a ideia de que o conteúdo exposto é extraído da natureza de uma forma totalmente empírica, enfatizando assim um viés também empírico da ciência. Disso decorre que o método experimental se torna objeto de ensino.

Tal conclusão pode ser observada na passagem do trabalho de Alves Filho:

O consenso de que o laboratório didático é importante no processo de ensino e aceito quase de forma dogmática, pode ser entendido como resultado de uma interpretação equivocada ocorrida no processo de transposição didática. O “método experimental” utilizado no processo de produção científica é assumido como um tipo de “saber sábio” que se transforma em saber a ensinar. De método de investigação torna-se “conteúdo de ensino”. (ALVES FILHO, 2000a, p. 180).

O autor propõe então algumas recomendações que deveriam nortear o planejamento de atividades experimentais e do laboratório didático como um todo:

- *o laboratório didático, para ser elemento do processo de ensino-aprendizagem de Ciências, particularmente de Física, deve ser alvo de uma transposição didática diferente daquela que o introduziu no processo de ensino com o objetivo de ensinar o método experimental;*
- *a nova transposição didática que delineará as atividades experimentais associadas diretamente com o processo de ensino-aprendizagem poderá estabelecer regras específicas para o laboratório didático.*

De acordo com a visão apresentada por Alves Filho, uma pesquisa que se destina a estudar os vários tipos de tarefas e enfoques que podem ser atribuídos à enorme gama de atividades experimentais existentes (como é o caso da nossa pesquisa) poderia servir como fonte de ideias para a nova transposição didática por ele sugerida. Além disso, Alves Filho, assim como Galiani et al., critica a crença de que o laboratório didático deve ser destinado ao ensino do método experimental ou ao desenvolvimento das supostas habilidades que seriam subjacentes a esse método. Novamente concordamos com esses pesquisadores, acrescentando que tais habilidades, a nosso ver, devem pertencer ao leque de habilidades a serem desenvolvidas, e não serem tidas como habilidades centrais no ensino de Ciências. Borges (2002), em seu artigo “Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências”, referenciando os trabalhos de Hodson (1988), Millar (1991), Chalmers (1993) e Moreira e Ostermann (1993), faz uma crítica bastante similar à de Alves Filho, como pode ser visto no trecho abaixo:

As críticas que se colocam ao modo como essas atividades práticas são tradicionalmente utilizadas nas escolas apontam que, além de sua completa inadequação pedagógica, sua fundamentação epistemológica é equivocada. Esse quadro não é exclusivo do laboratório; vários dos livros-textos de Física e de Ciências mais populares no país sofrem da mesma deficiência. Essa concepção empirista indutivista da ciência, a qual Chalmers denomina

de indutivismo ingênuo, assume que o conhecimento científico é a verdade provada ou descoberta que tem origem no acúmulo de observações cuidadosas de algum fenômeno por uma mente livre de pré-concepções e sentimentos que aplica o método científico para chegar a generalizações cientificamente válidas. (BORGES, 2002, p. 14).

Sobre as consequências desse suposto equívoco, Borges ainda argumenta, no mesmo trabalho, que os cientistas se preparam por anos para realizar experimentos controlados e que possuem razões totalmente diferentes das que a escola deveria determinar:

Essa concepção de ciência acaba por conferir um peso excessivo à observação, em detrimento das ideias prévias e imaginação dos estudantes. Além disso, representa o método científico como um algoritmo infalível, capaz de produzir conhecimento cientificamente provado, começando com observações objetivas e neutras, formulação de hipóteses, comprovação experimental e generalização das conclusões. Em primeiro lugar, essa concepção particular do processo de produção do conhecimento sugere para professores e estudantes que as atividades práticas escolares são da mesma natureza e têm a mesma finalidade que as experimentais e de observação que os cientistas fazem nos seus laboratórios de pesquisa. As atividades práticas e os experimentos científicos são bem distintos, com objetivos bastante diferentes. O cientista passou anos de sua vida estudando uma determinada área da ciência e quando se prepara para realizar um experimento ou conjunto de experimentos, ele o faz para resolver um problema que o interessa, e para o qual pode estar buscando uma solução há muito tempo. Assim, quando ele realiza um experimento, este vem precedido de muito estudo e reflexão, planejamento e preparação. Nesse período anterior à efetiva concretização do experimento, o cientista toma uma série de decisões para definir e delimitar o que irá fazer e medir/observar que critérios usará para checar a precisão e a confiabilidade dos resultados, que controles exercerá sobre a situação, entre outras. (BORGES, 2002, p. 14-15).

Citamos Alves Filho e Borges com o intuito de nos posicionar sobre essa questão e mostrar que não estamos sozinhos em nosso parecer sobre os objetivos geralmente conferidos ao uso das atividades experimentais. Acreditamos, acima de tudo, que a legitimidade ou a qualidade da atividade experimental no ensino não dependa da sua proximidade com a atividade experimental que lhe deu origem, tampouco de levar o aluno a desenvolver habilidades relacionadas à manipulação de instrumentos e técnicas de medição. Aderimos integralmente às ideias de Alves Filho, Borges e Galiazzi et al. E entendemos que habilidades supostamente relacionadas ao método científico devem compor os objetivos didáticos de atividades experimentais, mas somente como pano de fundo para o desenvolvimento das habilidades que Laburú chama de *cognitivas* e de *atitudes*, que, a nosso ver, são muito mais importantes na

formação do estudante. Resumindo, defendemos uma formação que privilegie os aspectos sociais e cognitivos, ao menos no nível básico de ensino.

Abaixo, faremos a análise das categorias que revisamos nos trabalhos de Laburú (2005), Araújo e Abib (2003) e Galiani et al. (2001) e que procuram classificar uma atividade experimental quanto a sua finalidade didática:

a) Laburú (2005): *motivacional, funcional, instrucional e epistemológica*.

Os objetivos enquadrados na categoria *motivacional* do trabalho de Laburú (2005) são plausíveis na medida em que contribuem para que o aluno se torne estudante, ou seja, que realmente se comprometa com um plano de aprendizagem. Aqueles enquadrados na categoria *funcional* se justificam como alternativa fácil para a inclusão de uma metodologia diferenciada em sala de aula. Contudo, essas duas categorias devem ser seguidas de um planejamento adequado para que a aprendizagem significativa e o desenvolvimento de habilidades ocorram. Entendemos que, em um ensino diferenciado, de nada adiantaria motivar o aluno ou inserir um experimento fantástico, de fácil execução, se a intenção didática de desenvolvimento de habilidades cognitivas e atitudinais não estiver presente; se não houver um levantamento das tarefas que contribuem para o desenvolvimento de tais habilidades; se a atividade experimental não estiver inserida, por exemplo, em uma situação-problema que favoreça o percurso cognitivo da aprendizagem: alteração, perturbação e regulação; se não houver uma contextualização que facilite a percepção de significado por parte do aluno, a motivação inicial, que tinha potencial para desencadear um processo de aprendizagem significativa, poderá se diluir rapidamente.

Mesmo as categorias *instrucional* e *epistemológica*, que poderiam parecer mais justificáveis em termos didáticos, podem representar um desserviço à aprendizagem se não forem usadas junto com um planejamento criterioso, no qual o experimento esteja inserido em uma situação de ensino que vise ao desenvolvimento de habilidades como, por exemplo, a situação-problema. Tornar claros e palpáveis conceitos difíceis ou fazer relações de conceitos com o cotidiano do aluno, dependendo do caso e da fase em que este se encontra, pode ser uma antecipação do processo e da busca. Vimos, tanto nas citações de Perrenoud como no trabalho de Moreira sobre campos conceituais, que os

conceitos se constroem com tempo e que as habilidades se desenvolvem no enfrentamento de situações, na reflexão, na análise, no debate. O uso de uma atividade experimental justificada por essas duas categorias pode estar calcado na crença de que o resultado final é mais importante do que o processo, quando vimos que as habilidades, no ensino, devem ser desenvolvidas, ou seja, pressupõem tempo e treinamento. Antecipar a apresentação de um conceito difícil ao aluno pode ser uma maneira de privá-lo da oportunidade de construir competências. Tal atitude não garante que esse conhecimento visto – e quem sabe, entendido – entrará para o rol de conhecimentos que o aluno mobilizará ou resgatará, no futuro, por intermédio de seus esquemas. De maneira geral, vimos que o ensino por competências admite que os conhecimentos mais duradouros e, portanto, mais facilmente recuperáveis em circunstâncias que os solicitem, são aqueles que foram assimilados por treinamento, prática, estudo, reflexão, análise.

b) Galiazzi et al. (2001):

Como argumentamos anteriormente, não acreditamos, assim como os autores deste artigo também não acreditam, que as dez finalidades levantadas na pesquisa sejam suficientes para o desenvolvimento de habilidades. Abaixo discutiremos um pouco mais esse ponto de vista.

Percebemos que os três primeiros objetivos levantados por Galiazzi et al. estão atrelados ao ensino do método experimental ou às habilidades relacionadas a esse método, objetivos que, como já mencionamos, não são, a nosso ver, suficientes, pois deixam de lado habilidades cognitivas e de atitudes. Já os objetivos 5, 6, 7, 9 e 10 se enquadram perfeitamente em uma ou outra categoria dos agrupamentos de Laburú, já discutidos acima. Os objetivos 4 e 8 poderiam se aproximar mais dos objetivos que admitimos como legítimos em nosso trabalho, mas eles são entendidos, conforme comentam os próprios autores da pesquisa, como meio para aprender a pensar de forma científica, o que não necessariamente parece contribuir com o desenvolvimento das habilidades cognitivas e de atitudes.

Em síntese, conforme hipótese que levantamos na introdução desta dissertação, a visão que os professores costumam ter quanto aos objetivos didáticos para o uso de atividades experimentais parece não mostrar de forma

clara a preocupação com o desenvolvimento de habilidades, a não ser aquelas ligadas ao método experimental. Além disso, parece não haver a consciência de que a estratégia da atividade experimental poderia ser aproveitada no contexto de uma situação-problema.

c) Araújo e Abib (2003):

Percebe-se que algumas das categorias investigadas por Araújo e Abib poderiam, novamente, ser enquadradas nas quatro categorias de Laburú. No entanto, na pesquisa descrita por esses autores, já é possível perceber, de forma um pouco mais evidente, a preocupação com o desenvolvimento de habilidades, ainda que essa preocupação não esteja explicitada. Acreditamos que isso se deva ao fato de a pesquisa de Araújo e Abib ter tido, como fonte de dados – diferentemente das pesquisas de Laburú e de Galiazzi et al., que usaram os discursos de professores –, propostas de atividades experimentais apresentadas em periódicos de ensino. Tais periódicos costumam apresentar pesquisas atuais e que focam em estratégias diferenciadas de ensino. Essa maior preocupação em objetivar atividades experimentais quanto ao seu potencial em desenvolver habilidades, encontrada no trabalho de Abib e Araújo e ausente nos outros dois artigos revisados, poderia até mesmo servir como evidência de um descompasso entre o conhecimento dos professores e a respectiva pesquisa e publicação acadêmica recente sobre atividades experimentais no ensino. Seja como for, mesmo os dez anos de atividades experimentais analisados por Araújo e Abib não mostram ser suficientes em fornecer os elementos teóricos para um planejamento consistente do uso da atividade experimental, que, a nosso ver, deveria estar inserido em uma situação-problema que favorecesse o desenvolvimento de habilidades.

5.1.2. Nosso rol de categorias para classificar atividades experimentais no ensino

Em seguida, com base nos três trabalhos analisados acima, de Laburú, Galiazzi, Araújo e Abib, bem como na revisão de elementos teóricos feita no capítulo 3, elaboraremos o nosso próprio rol de categorias para atividades experimentais, lembrando que consideraremos não somente aquelas já colocadas, mas também novas categorias que possam agregar valor didático para

a atividade experimental, no sentido de que ela passará a ter um potencial maior para ser usada no desenvolvimento de habilidades e para ser incluída em situações-problema.

CATEGORIAS DE CONTEXTO SOCIAL

A *dimensão do contexto social* da atividade experimental leva em conta as situações reais, pertencentes ao mundo vivencial do aluno, em que os saberes relacionados à atividade podem ser observados. São categorias relacionadas à prática social de referência a que esse corpo de saberes pertence quando está fora do ambiente escolar. As organizações praxeológicas relativas a determinada atividade experimental podem encontrar correspondências claras no contexto histórico da ciência ou nas instituições que aplicam a ciência, ou ainda nas próprias instituições de ensino.

Essa dimensão está ligada à estrutura epistemológica da atividade experimental, pois se relaciona ou à origem ou ao uso do saber precursor de tal atividade. As categorias dessa dimensão foram levantadas com base na reflexão sobre a viabilidade de comparar as organizações praxeológicas presentes em práticas sociais que se aproximassem das organizações praxeológicas das atividades experimentais quando propostas para o ensino de Física, ou seja, qual era a OP real que, de alguma forma, inspirou a OP didática daquela atividade ou que se assemelha a ela.

Observa-se que muitas das atividades experimentais propostas em sala de aula têm uma ligação direta com alguma situação científica ou arranjo experimental realizado pela instituição de pesquisadores que geram o saber sábio. Podemos citar, por exemplo, o gerador Van de Graaf, tão famoso por arrepiar cabelos compridos em *shows* de ciência, mas que, originalmente, servia como fonte de tensão para acelerar partículas. Foi utilizado em um dos primeiros aceleradores de partículas, idealizado por Robert Jemison van de Graaf em 1931. Utilizando a terminologia da TAD, a tarefa (T) assumida por Jemison e sua equipe era acelerar partículas, em uma época em que a busca por subpartículas começou a se intensificar. A transposição didática dos conceitos físicos relacionados a esse gerador conseguiu agregar a esse equipamento objetivos

didáticos que ele, em sua concepção, não trazia. Entender a origem científica desse equipamento fornece ao professor não apenas a possibilidade de uma contextualização histórica para as suas aulas de Eletricidade, mas também a inclusão de novos tipos de tarefas no momento da apresentação desse experimento. Um tipo de tarefa que poderia ser incluído durante a apresentação dessa atividade seria, por exemplo, questionar os alunos quanto à aplicação desse gerador: Para que ele serviria na prática? Teria ele atualmente a função que exerceu na época de sua concepção? Por que não é mais utilizado para acelerar partículas? ou ainda é? Que outras tecnologias o substituíram? Que rumos tomou a pesquisa de aceleradores de partículas a partir de então? Vale observar que as organizações praxeológicas que têm como primeiro elemento qualquer uma das tarefas sugeridas acima na forma de pergunta contêm conceitos históricos, políticos e econômicos abrangentes e que, de maneira geral, não costumam ser abordados no Ensino Médio. O professor, ao tomar consciência dessas questões, poderá pesquisar as respostas e, assim, encontrar subsídios para elaborar um planejamento que inclua as características do processo histórico relacionado a esse equipamento.

Portanto, uma das categorias da dimensão do contexto social é a que chamaremos de *atividade experimental do tipo científico-histórica*, descrita então, como é o caso da atividade do gerador Van de Graaf, como originária da prática social de referência dos cientistas, ou seja, a sua origem está relacionada à história das instituições que fazem ciência. As tarefas, técnicas e teorias que compõem tal arranjo foram retiradas diretamente do contexto histórico da ciência, tendo sido então modificadas para se adequar às necessidades das instituições de ensino a que foram destinadas. Ter consciência de que a atividade experimental pertence a essa categoria permite ao professor incluir tarefas realizadas por técnicas que contribuam para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como reconhecer o papel do experimento e da observação no desenvolvimento de teorias (vide as habilidades cognitivas levantadas por Laburú) ou ainda de atitudes, caso o professor decida pedir aos alunos que pesquisem, em grupo, o contexto histórico desse equipamento e depois apresentem para o restante da turma. Nesse caso, o professor deverá decidir que aspecto cada

grupo investigará e, por isso, já deverá ter conhecimento ao menos dos principais fatos e das circunstâncias históricas relacionadas a tal experimento.

Alves Filho (2000b, p. 271) também aponta alguns dos benefícios conseguidos pela contextualização histórica do saber em sala de aula:

No processo de Transposição Didática do saber ensinado é vital a recontextualização histórica, visando diminuir ao máximo as características dogmáticas contidas no saber a ensinar. Em outras palavras, é preciso que o professor faça a aproximação entre os tempos “real” e “lógico” da maneira mais didática possível, reconstituindo o “contexto da descoberta” [...] no processo de Transposição Didática do saber ensinado. O atributo da recontextualização histórica permite criar um cenário didático rico e diversificado. Ao contextualizar a presença de um problema presente na comunidade científica é possível reforçar os comentários relativos aos mecanismos de produção do saber sábio.

Ainda ligadas à dimensão do contexto social estão atividades experimentais para as quais existe uma forte correspondência do saber com aplicações tecnológicas contemporâneas. São atividades que utilizam recursos e materiais cujo corpo de conhecimento tem um vínculo claro com as práticas sociais de referência que utilizam técnicas similares e buscam realizar tarefas semelhantes. Colocando de outra maneira, aquela atividade experimental proposta apresenta uma organização praxeológica similar à organização praxeológica de uma prática social em que a ciência é aplicada, ou seja, organizações praxeológicas praticadas pelas instituições que usam a ciência como atividade regular, mas não constroem ciência, apenas usam os resultados, produtos e subprodutos da ciência.

Como exemplo de atividade pertencente a essa categoria, poderíamos citar aquelas que utilizam as lentes polarizadas. Uma atividade experimental comum em sala de aula durante o ensino de fenômenos ondulatórios tem como objetivo explorar o fato de que a luz refletida diminui de intensidade quando observada através de lentes polarizadas, ou ainda que some por completo quando observada por duas lentes polarizadas justapostas e ortogonais entre si. Trata-se de um exemplo de atividade experimental que abarca um conjunto de saber utilizado pela equipe técnica da indústria ou do laboratório que fabrica e/ou desenvolve essa tecnologia e esse produto. No conjunto de tarefas que permeiam a vida profissional desses técnicos certamente encontraremos tarefas que podem ser usadas durante a aplicação dessa atividade experimental em sala de aula.

Como eliminar a luz refletida? Que características possui a luz refletida que lhe permite eliminá-la por polarização? Obviamente a profundidade das respostas dadas pelas duas instituições, alunos *versus* equipe técnica, varia muito, dada a diferença de complexidade de suas atividades e formação.

Assim, outra categoria, também da dimensão do contexto social, é a que chamaremos de *atividade experimental do tipo ciência aplicada*, descrita, como é o caso da atividade das lentes polarizadas, como aquela que tem um paralelo nas instituições cuja prática social de referência é a aplicação da ciência. Em outras palavras, as tarefas, técnicas e teorias que compõem tal atividade possuem um correspondente no contexto tecnológico da ciência. O professor, ao tomar consciência dessa correspondência, poderá, caso deseje, elaborar um planejamento que utilize essa prática social e as organizações praxeológicas das instituições que a exercitam.

A esta altura alguém poderia indagar qual seria, de fato, a diferença entre as duas categorias até então descritas. Afinal, no exemplo da atividade das lentes polarizadas, poderíamos realizar uma busca das fontes históricas da polarização, assim como dos arranjos experimentais do contexto histórico daquela época. Trata-se de uma indagação pertinente, mas tal distinção pode ser difícil de ser verificada durante a análise de uma atividade experimental. O critério para a separação, apesar de sutil, nos pareceu relevante. Enquadramos na primeira categoria, científico-histórica, quando a atividade experimental não encontra uma aplicação tecnológica *contemporânea* correspondente. Pelo que sabemos o gerador Van de Graaf não é produzido atualmente, daí o seu enquadramento na primeira e não na segunda categoria. Essa separação foi motivada por razões didáticas além das epistemológicas. Faz muita diferença, para o aluno, se ele reconhece que existe, em seu cotidiano, uma aplicação científica clara dos conceitos físicos relacionados àquela atividade proposta pelo professor. Poderíamos dizer que, durante o trabalho da transposição didática interna, quando o professor planeja as atividades que vai incorporar em sua prática, ele pode incluir, no caso de utilizar a atividade experimental das lentes polarizadas, exemplos presentes no cotidiano do aluno, por exemplo, as lentes de óculos escuros e das telas dos computadores (antirreflexo) ou ainda os óculos de filmes 3-D. Entretanto, o professor não poderá escolher falar sobre os geradores Van de

Graaf que são utilizados em algum momento cotidiano do aluno, já que esse tipo de gerador não está presente no dia a dia dele. Contudo, nada impede que ele utilize a atividade experimental da lente polarizada com tarefas que a caracterizem como científico-histórica e, para isso, bastaria que fizesse um levantamento histórico da evolução das ideias relacionadas à luz, às ondas e à polarização. Percebe-se, com isso, que não é qualquer equipamento ou experiência que pode se enquadrar em uma dada categoria, como é o caso do Van de Graaf. Finalmente, vale observar que, ao menos em tese, as atividades da categoria *ciência aplicada* poderiam ser usadas para trabalhar com os alunos os tipos de habilidades levantadas por Laburú, dependendo das tarefas que a ela serão incorporadas. Adiante, quando começarmos a discutir o *contexto didático* das atividades experimentais, essa afirmação será mais bem explorada.

Como terceira categoria da dimensão do contexto social encontram-se as atividades experimentais cujo corpo de saber não possui correspondente em nenhuma prática social de referência. São criações didáticas puras, elaboradas pelas instituições que trabalham o saber a ensinar, sejam tais instituições pertencentes a uma universidade, uma escola ou a um grupo de professores. A organização praxeológica que contempla as tarefas, técnicas e o bloco teórico de tais atividades não possui um correspondente em nenhuma prática social de referência claramente reconhecida. Obviamente que essas atividades experimentais possuem um saber científico claro associado a elas, caso contrário não estariam presentes na escola, mas pode-se dizer que sua organização é composta de “pedaços” de organizações praxeológicas de mais de uma prática social de referência. Trata-se, por assim dizer, de uma “colcha de retalhos”, em que os retalhos não foram inseridos ao acaso, e sim com uma finalidade didática bem definida. São criações didáticas inseridas e valorizadas por seu alto poder de operacionalização e avaliação do ensino, conforme argumentam Brockington e Pietrocola (2005). Um exemplo de experimento dessa categoria é o chamado *tubo de freio magnético*. A atividade consiste em deixar cair um ímã pelo interior de um tubo metálico não ferromagnético, por exemplo, de alumínio ou de cobre. O efeito que se observa tem um impacto muito grande, mesmo naqueles que possuem familiaridade com os conceitos de indução eletromagnética. Ao induzir correntes parasitas (de Foucault) ao longo da parede do tubo, este exerce no ímã uma força

magnética resistiva oposta à força da gravidade, força que o faz cair em um movimento lento, literalmente flutuando durante toda a sua queda no interior do tubo oco. Esse é um exemplo de atividade experimental em que tanto a experiência como o equipamento não possuem equivalente histórico, tampouco um paralelo tecnológico claro. Ela foi realizada em sala de aula com o propósito único de abordar com os alunos as leis de Faraday e Lenz. As tarefas, técnicas e o bloco teórico subjacente não pertencem a uma prática social de referência bem localizada. O arranjo não foi utilizado historicamente como parte de uma pesquisa nem pertence a algum aparato tecnológico contemporâneo. Naturalmente que os conceitos físicos a ele relacionados aparecem em inúmeras aplicações tecnológicas, como motores, geradores alternados, transformadores, entre outros, mas esse arranjo em particular (tanto seu equipamento quanto a respectiva experiência) é artificial, já que não possui paralelo tecnológico nem histórico.

Assim, a última categoria da dimensão do contexto social é a que chamaremos de *atividade experimental do tipo escolar*, descrita, como é o caso da atividade do tubo de freio magnético, como aquela cujas organizações praxeológicas não foram retiradas de apenas uma prática social de referência facilmente localizável. Suas organizações praxeológicas são artificiais, uma vez que misturam recortes de outras organizações praxeológicas, recortes de organizações que fazem parte de mais de uma prática social de referência. É bem verdade que, apesar de possuírem organizações praxeológicas “artificiais”, podem apresentar alto valor didático, já que a organização praxeológica em si não tem correlação com a qualidade didática. A maioria das atividades que se enquadram nessa categoria são criadas por uma necessidade didática, portanto, são capazes de focar o conceito físico que se deseja ensinar, ou ainda abordar o conceito da maneira propícia para sua melhor visualização e compreensão, podendo ser muito úteis no ensino.

A figura a seguir ilustra a discussão acima a respeito das categorias da dimensão do contexto social para atividades experimentais.

Figura 6: Esquema que ilustra a origem das categorias do contexto social.

Por fim, por uma questão de prudência, deixaremos em aberto uma quarta categoria, que chamaremos de *outras*. Uma vez que as três primeiras categorias foram concebidas *a priori*, não há como antever se poderia existir uma atividade experimental que não se enquadrasse em nenhuma delas. Aliás, uma reflexão superficial já parece indicar a presença de atividades nessa quarta categoria. Algumas atividades experimentais, como a máquina de Wimshurst – gerador eletrostático de alta voltagem – parecem, em princípio, não ter sido construídas com o intuito de fazer ciência, nem de servir como aplicação tecnológica da ciência, tampouco de ser utilizadas em sala de aula. Sua origem está ligada a apresentações públicas com o objetivo de entretenimento. Sendo assim, não se enquadra em nenhuma das três categorias acima descritas. Obviamente que hoje o dispositivo é levado à sala de aula, e tarefas são agregadas a ele com intencionalidade didática, no entanto, o seu contexto social não tem um correspondente científico, tecnológico ou didático bem definido. Aliás, uma prática social de referência que certamente contribuiu para a elaboração de experimentos que posteriormente podem ter tido uso didático é a dos mágicos e ilusionistas, que concebem e desenvolvem aparatos com a finalidade de entreter os expectadores.

CATEGORIAS DO CONTEXTO DIDÁTICO

Para que se adéque às instituições de ensino, a transposição didática transforma uma OP real em uma OP didática. Nesse processo de modificação são incorporadas à OP real tarefas de cunho pedagógico que tenham como intuito auxiliar a promoção da aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades. Pelos trabalhos que analisamos no início deste capítulo e que versam sobre os objetivos didáticos ligados ao uso de atividades experimentais no ensino, percebemos a existência de outras categorias para a classificação dessas atividades, categorias que enquadram a atividade experimental com base nos tipos de tarefas a ela atrelados e que a justificam em termos didáticos em qualquer contexto social: científico-histórico, ciência aplicada, escolar ou outras. Podemos dizer que os tipos de tarefas que geralmente acompanham a atividade experimental apresentada em um livro, artigo ou manual de apoio costumam estar atrelados a sua finalidade didática. Ou seja, as tarefas que acompanham uma atividade experimental são uma das formas encontradas pela transposição didática para tornar a atividade experimental operacionalizável, conferindo-lhe um sentido didático, para que se torne, enfim, uma estratégia de ensino. Assim, além do contexto social, uma atividade experimental pode ser categorizada ou concebida em um contexto didático. Abaixo descrevemos as possíveis classificações do contexto didático para uma atividade experimental. Veremos que elas estão intimamente ligadas à finalidade didática e, por isso, a partir delas, o professor pode planejar quais habilidades deseja trabalhar com os alunos. Convém observar que não defendemos esse ou aquele uso didático para uma atividade experimental; nossa intenção é apenas identificar seus possíveis usos operacionais e conscientizar a respeito deles, por acreditarmos que essa explicitação poderá contribuir para um uso mais consciente e adequado de tais atividades; além disso, essa maior compreensão ajudará aqueles que desejam pensar em tarefas que podem ser agregadas à OP didática de uma atividade experimental utilizada no contexto de uma situação-problema.

A escolha feita para as categorias listadas abaixo foi influenciada não somente pelos trabalhos revisados no início do capítulo – Galiazzi et al. (2001), Laburú (2005) e Araújo e Abib (2003) –, mas também pelos trabalhos de Alves Filho (2000b) e Gaspar e Monteiro (2005).

Ainda é preciso esclarecer que uma atividade experimental quase nunca é utilizada com as tarefas de apenas uma das categorias abaixo, ou seja, a diferenciação que fizemos serve apenas para distinguir as possibilidades didáticas, mas é preciso levar em conta que, quando ela é de fato levada à sala de aula, está, geralmente, vinculada a mais de uma das categorias que serão descritas.

Atividade quantitativa

Enquadram-se na categoria *quantitativa* as atividades experimentais cujos objetivos estão relacionados à comparação de resultados obtidos com valores previstos por modelos teóricos e, portanto, vêm acompanhadas de medições e tratamento estatístico de dados. Os objetivos dessas atividades estão condicionados à realização de cálculos e medições. O desenvolvimento matemático é condição para o “êxito” da atividade.

Nesse tipo de categoria espera-se encontrar tarefas do tipo (T):

Efetue a medição do comprimento do fio...; Calcule o valor da constante...; Estime a ordem de grandeza do...; Construa o gráfico das grandezas...; Compare o valor obtido de... com o...; Resolva a equação tal...; Utilize a fórmula para...; Ajuste os dados para...; entre outras.

Algumas das técnicas para resolver as tarefas mencionadas costumam ser semelhantes às técnicas dos exercícios propostos nos livros didáticos, com a diferença de que, agora, alguns dados devem ser obtidos pelo próprio aluno, por meio de medições ou apenas por observação. Essa diferença poderia passar despercebida ou ser subestimada. No entanto, é importante que o professor observe que, apesar de algumas das tarefas requisitadas serem similares àquelas encontradas em exercícios presentes em livros didáticos, as técnicas para a tomada de dados, geralmente, não estão descritas em livros didáticos do Ensino Médio. Seria um equívoco desconsiderar as organizações praxeológicas (técnicas e teorias) que respondem às tarefas de medição e manipulação de instrumentos. Em outras palavras, as principais tarefas são tarefas amplas que incluem tarefas “simples”, como a tomada de dados. Mas as tarefas simples envolvem a manipulação instrumental e a observação sistemática, tarefas que deverão ser

realizadas para a solução das tarefas amplas, representadas pelo problema completo. Mas será que, ao planejar uma atividade quantitativa, existe o cuidado de levar em conta as técnicas e a teoria que explica as técnicas de coleta de dados e manipulação instrumental? Vale lembrar que os objetivos didáticos que priorizam o ensino do suposto método experimental recebem duras críticas, descritas e analisadas anteriormente. Durante o seu planejamento, o professor deve ter em mente questões como: Será importante, no momento, que o aluno seja posto em situações que favorecem o desenvolvimento das habilidades que Laburú chama de experimentais? Em caso afirmativo, as técnicas a serem realizadas para o desenvolvimento de tais habilidades estão previstas em meu plano de aula? Estou consciente de que as organizações praxeológicas para a realização de tarefas ligadas à manipulação instrumental e medições não estão presentes no livro didático? Devo contornar tal ausência com um planejamento paralelo? É importante considerar, por exemplo, a teoria referente à medição em meu planejamento? O risco de uma atividade quantitativa é duplo: primeiro o de pensá-la como a realização de um exercício de livro, mas esquecer dos saberes relativos à manipulação instrumental e às medições, o que pode fazer com que o aluno sintam-se incapaz; o segundo é o de valorizar demais tais saberes e exigir do aluno que dispenda energia e tempo no trabalho do desenvolvimento de habilidades que têm, como vimos, validade questionável no ensino. Talvez uma atividade experimental do tipo quantitativa seja, então, uma oportunidade propícia para desenvolver habilidades cognitivas, bastando, para isso, que o professor tenha em mente que tais tarefas são relevantes para atividades que requeiram, por exemplo, extrair conclusões e fazer inferências de dados e observações, e não a tomada de dados em si. Também seriam desse tipo as atividades que requerem a transferência da linguagem verbal para uma linguagem e um raciocínio matemático mais abstrato e vice-versa.

Concluindo, a atividade experimental quantitativa poderia ser usada como meio para o desenvolvimento de habilidades do tipo experimental ou cognitivo, dependendo do enfoque dado às tarefas que o professor planejou para ela.

Atividade de demonstração

É o tipo de atividade experimental que possibilita ilustrar características de um fenômeno físico, ajudando o aluno a elaborar uma representação concreta de um modelo abstrato. Dentre os objetivos que geralmente estão atrelados a esse tipo de atividade, podemos citar a motivação por intermédio do impacto visual, o levantamento de concepções espontâneas, o primeiro contato com modelos explicativos, entre outros.

Nessa categoria espera-se encontrar tarefas do tipo:

Identifique o que ocorre com...; Observe a cor da...; Compare o que ocorreu antes com o que ocorre agora...; Em sua opinião, o que ocorrerá quando...?; Descreva o ocorrido com as suas próprias palavras...; entre outras.

Os tipos de tarefas atrelados a atividades experimentais demonstrativas são, de forma geral, simples e diretos. Talvez em função dessa “simplicidade”, as técnicas necessárias para a execução de tais tarefas não se encontram descritas nos manuais, livros e artigos que as sugerem. Vejamos, então, como poderíamos descrever a técnica que explica como realizar a seguinte tarefa: Observe o que ocorre com a altura da coluna de água. A técnica para a realização de uma tarefa como essa é o simples dirigir do olhar para a coluna de água e ficar atento ao que ocorre com o menisco da coluna líquida: se ele subir, quer dizer que a altura da coluna aumentou e, se descer, que a altura diminuiu. Ou seja, são técnicas cujas descrições seriam dispensáveis. Observe que o fato de a atividade ser demonstrativa diminui a complexidade da técnica requisitada, que poderia ser mais sofisticada caso a atividade fosse, também, quantitativa. Nesse segundo caso, o aluno teria de ser apresentado às técnicas de coleta de dados para a situação dada, o que envolveria um mínimo entendimento de erros de medidas e manipulação de instrumentos. Com isso não estamos querendo dizer que a categoria quantitativa seja mais adequada, pois isso depende do perfil do aluno, do objetivo didático e das habilidades que desejamos trabalhar. Atividades de demonstração podem ser conduzidas para mostrar fatos e fenômenos complexos, mas, quando isso ocorre, o seu uso é feito somente com o intuito de introduzir um tema (ou um assunto ou um conceito) que não será trabalhado durante a realização da atividade, isto é, a atividade serve apenas como pretexto para

chamar a atenção do aluno para algo que estará presente nas aulas que virão dali em diante.

Nesse mesmo exemplo da altura da coluna líquida, poderia ser requisitado aos alunos que comparassem a extremidade da coluna de água no tubo de vidro com a de mercúrio e, a seguir, as tarefas poderiam ser do tipo: Quais as diferenças entre os meniscos? Do que depende essa curvatura? Como poderíamos explicar? Note que, aqui, as técnicas envolvidas exigem um conhecimento conceitual profundo, apesar de a atividade ser de demonstração, mas tais técnicas não serão aplicadas no momento. Em situações como essa, o aluno ainda não tem os recursos para responder às perguntas, para executar as tarefas. O objetivo é que ele perceba um fenômeno e que isso o motive a querer entender a razão de aquilo ocorrer daquela maneira e não de outra. Veja que o aluno, em uma atividade experimental de demonstração nesses moldes, não tem condições de adquirir os conceitos ou de desenvolver habilidades, pois esse tipo de atividade não requisita dele um processo, um treinamento. O aluno não precisa de tempo para observar; ele observa apenas. Sua observação pode encontrar ou não respaldo em sua mente, mas ele não tem mais nada a fazer senão observar. E vimos que habilidades requerem tempo, dedicação e treinamento para que sejam desenvolvidas. Não queremos dizer que esse tipo de atividade não deva ser utilizado, mas que, talvez, o uso exclusivo de atividades como essa não favoreça o desenvolvimento de nenhum dos três tipos de habilidades levantadas no trabalho de Laburú: experimental, cognitiva e de atitudes. O mesmo experimento poderia ser usado também com fins quantitativos ou investigativos, de modo que o aluno desfrutasse de outras situações em que poderia desenvolver habilidades com o uso daquela mesma atividade experimental. No entanto, Gaspar e Monteiro (2005) defendem essa modalidade de atividade como meio de prender o interesse do aluno e motivá-lo, condições sem as quais o estudante não aderiria ao seu plano de estudo e não se envolveria nas situações de ensino que lhe são apresentadas. Por isso, acreditamos que atividades de demonstração devem ser usadas como o elemento que causa a alteração, de forma que a propriedade de prender a atenção impulse o aluno a seguir para as próximas etapas, de perturbação e regulação, e não desistir no meio do processo. Contudo, de acordo com a nossa pesquisa, o uso da atividade

experimental poderia ser muito mais enriquecedor em vez de servir apenas como elemento desencadeador de processos cognitivos que levam à aprendizagem, tornando-se o próprio meio desenvolvedor de habilidades, mas, para isso, seu uso não pode se restringir, em nosso entender, a tarefas de cunho demonstrativo. Na seção 5.3 deste capítulo discutiremos mais a fundo o artigo citado de Gaspar e Monteiro.

Atividade de verificação

Nesta categoria estão as atividades que têm como intenção didática verificar uma lei, ou limites da lei, de um conceito físico ou de um valor previsto teoricamente. De modo geral, esse tipo de atividade, ao contrário da atividade de demonstração, é feito *a posteriori*, com a expectativa de que o aluno visualize aquilo que já foi ensinado a ele.

Nessa categoria esperamos encontrar tarefas do tipo:

Verifique qual é o líquido mais denso e discuta se condiz com o que você estudou sobre...; Observe o que ocorre quando... e compare com a aprendizagem que teve sobre...; Perceba a diferença entre as situações e, lembrando daquilo que estudou, diga se...; Compare o resultado obtido com aquele esperado; entre outras.

O bloco teórico relacionado aos conceitos envolvidos já foi dado, ou seja, pressupõe-se que o aluno já tenha estudado o assunto, mas que talvez lhe falte uma representação adequada dos conceitos e da dinâmica envolvida, que supostamente seria obtida pela realização da atividade. Geralmente, a preocupação central de atividades dessa categoria é com a verificação de algum fenômeno ou conceito pertencente a uma teoria ou de um valor que resulta ou embasa tal teoria. Assim como ocorre com atividades de demonstração, o procedimento para a verificação de conceito ou valor costuma exigir técnicas simples, ligadas à pura observação de fatos e eventos, com a diferença de que, agora, supõe-se que o aluno observe algo que lhe é factível, dado o estudo pelo qual passou. Por isso, a discussão sobre habilidades que podem ser desenvolvidas e a pertinência desse tipo de atividade é a mesma da categoria

anterior. A diferença é que uma é feita antes do estudo do tema (demonstração) e a outra, depois (verificação).

Atividade de investigação

Pertencem a esta categoria as atividades experimentais que favorecem maior grau de envolvimento do aluno, que é convidado a observar, dar explicações, refazer explicações, efetuar medições para testar hipóteses, elaborar e testar modelos etc. Esse tipo de atividade costuma demandar mais tempo de dedicação por parte do aluno e um planejamento mais cuidadoso por parte do professor, mas não necessariamente um ambiente estruturado como um laboratório didático tradicional.

Nessa categoria espera-se encontrar tarefas do tipo:

Observe o que ocorre quando...; Insira o objeto no interior e depois verifique...; Estime o valor de...; Misture as duas substâncias e depois calcule...; Aproxime o objeto eletrizado do...; Represente o campo magnético por meio de...; Esfregue o objeto e então observe...; Discuta o resultado com...; Compare o resultado obtido com aquele esperado; entre outras.

As técnicas aplicadas para a execução das tarefas dessa categoria geralmente propiciam o trabalho com os três tipos de habilidades: cognitiva, de atitudes e experimental. Talvez por isso ela seja uma categoria bem-vista pelos educadores. No entanto, é importante deixar claro que não é o equipamento ou a experiência que confere à atividade seu caráter investigativo, mas sim as tarefas que acompanham o equipamento ou a experiência. Daí, mais uma vez, nossa afiliação, comentada no início desta dissertação, com a definição de Borges para atividades experimentais no ensino. A uma atividade simples, como o deixar cair de folhas de papel lisas e amassadas, podemos agregar tarefas que a caracterizem como investigativa. Exemplo: Com uma trena, meça a altura de queda das folhas lisas e amassadas e, com um cronômetro, meça o tempo que levam para atingir o solo. Com os valores obtidos, descubra qual das quedas mais se aproxima de uma queda livre, ou seja, qual delas mais se aproxima de uma queda em que inexiste o efeito resistivo do ar. Proponha outras maneiras – além de amassar a folha – de fazer com que ela tenha uma queda mais rápida.

Pergunte: Quais fatores você acredita que influenciam a queda da folha? Como proceder para testar suas hipóteses?.

Essa categoria de atividade envolve tarefas que, para serem realizadas, costumam demandar conhecimento conceitual, procedimental e de trabalho em equipe. Assim, trata-se de uma oportunidade clara para o desenvolvimento dos três tipos de habilidades sugeridas por Laburú. Contudo, justamente por demandar mais tempo e maior envolvimento por parte do grupo de alunos, o seu planejamento deve ser mais bem elaborado. Seria adequado o professor se familiarizar bem com os quatro elementos – tarefa, técnica, tecnologia e teoria – das organizações praxeológicas envolvidas, para estruturar a atividade de maneira consistente. Além disso, por favorecerem uma postura mais ativa do estudante e por requererem um processo mais longo, as atividades de investigação parecem se adequar melhor à ideia de situação-problema. Esse tipo de atividade, por sua característica abrangente, possibilita a inclusão de tarefas típicas de outras categorias, como quantitativa, demonstrativa, de montagem etc. Não há como investigar sem observar, sem medir, sem calcular, ou seja, poderíamos dizer, usando a terminologia da TAD, que o conjunto de organizações praxeológicas de uma atividade de investigação tem elementos comuns ao conjunto de organizações praxeológicas de mais de uma categoria. Entre as categorias do contexto didático, é aquela que, em tese, tem o maior potencial para o desenvolvimento das habilidades cognitivas e de atitudes, tais como: organizar ou impor uma ordem intelectual sobre os dados de forma que se reconheçam regularidades, se elaborem e testem hipóteses, se extraiam conclusões e se façam inferências de dados e observações, se indaguem questões científicas, assegurando as respostas por meio de experimento, se desenvolva o pensamento lógico e crítico, se usem logicamente procedimentos e estratégias, se desenvolvam aprendizagem colaborativa, trabalho em grupo, participação da distribuição e conjugação de tarefas, compartilhamento de resultados com outras equipes, respeito às ideias do outro, mesmo que opostas às suas etc.

Atividade tipo cotidiano

Nesta categoria incluem-se as atividades que têm como um dos principais objetivos utilizar conceitos científicos para explicar o funcionamento de aparelhos presentes no cotidiano do aluno, ou ainda apresentar fenômenos, fatos e eventos que guardem uma relação direta com a atualidade, como poluição, economia e consumo de energia elétrica e outros.

Nessa categoria espera-se encontrar tarefas do tipo:

Compare o efeito observado em (algo do dia a dia) com o conceito de...;
Identifique os princípios físicos que regem o funcionamento de...; entre outras.

Trata-se de uma categoria que poderia utilizar, em princípio, tarefas semelhantes às aquelas presentes nas outras categorias mencionadas acima, com a diferença de que inclui uma tarefa que requisita a associação de algo presente na realidade imediata do aluno com o conceito ou o assunto da atividade. São utilizadas, de modo geral, como uma maneira de conferir sentido à aprendizagem, como meio de contextualizar o assunto em pauta, de mostrar a utilidade do que se aprende.

Sob a perspectiva dos elementos teóricos que trouxemos em nossa pesquisa, podemos destacar alguns pontos relevantes sobre essa categoria. O cerne de uma atividade do tipo cotidiano contém, ainda que de forma implícita, as tarefas: associe/relacione/compare... (algo que está estudando) com... (algo que conhece do seu dia a dia). O interessante dessa categoria é que não existe uma técnica clara (no sentido de que poderia ser descrita em poucas linhas) para a realização dessa tarefa, pois se trata de uma atividade muito ampla. Uma tarefa assim parece exigir diretamente uma competência complexa, a de transferir o conceito estudado, abstrato, para algo concreto, do cotidiano. Certamente existe a possibilidade de o professor explicar de forma expositiva ao aluno todas as relações existentes, mas se quiser que ele chegue a conclusões por conta própria, ainda que sob sua orientação, isso demandará tempo e dedicação. Por esse motivo, é muito comum que atividades desse tipo estejam permeadas por instruções muito bem descritas. É difícil imaginar uma atividade na qual o aluno deveria, por exemplo, relacionar os conceitos de Ondulatória e Eletricidade com o forno de micro-ondas, e deixar a seu encargo a realização dessa tarefa. Será

necessário um planejamento mais extenso, com objetivos intermediários, tarefas mais simples que, no todo, vão compor o resultado final da atividade. É muito frequente encontrar esse tipo de atividade experimental como uma parte de grandes projetos de ensino, geralmente projetos multidisciplinares. Nesse sentido, é um tipo de categoria que poderá ser propícia para trabalhar com o aluno os três tipos de habilidades analisadas. Por fim, vale dizer que é possível realizar uma atividade experimental de investigação e que se utilize de um tema do cotidiano, o que pode tornar a atividade muito promissora em termos didáticos, pois reúne as qualidades potenciais da primeira com a possibilidade de contextualização com o mundo vivencial do estudante da segunda.

Atividade de montagem

Nesta categoria foram incluídas as propostas de atividades experimentais que têm como principal objetivo disponibilizar ao estudante uma oportunidade de construir um arranjo, equipamento ou aparato simples. Como exemplo, o trabalho de Araújo e Abib (2003) menciona uma proposta de atividade que traz as instruções de montagem de um galvanômetro de ímã móvel, que poderia até mesmo ser utilizado como alternativa às opções comerciais desse produto disponíveis hoje.

Nesse tipo de categoria esperamos encontrar tarefas do tipo:

Encaixe a peça tal ao objeto tal...; Construa uma ponte usando...; Corte a extremidade do tubo e encaixe...; Introduza; Fure; Enganche; Atarraxe; Arranje; Parafuse; entre outras.

Essa categoria também chama a atenção quando analisada sob a perspectiva praxeológica. Apesar de pertencer ao ensino de Física, as tarefas e respectivas organizações praxeológicas requeridas para uma atividade de montagem dificilmente são encontradas nos mesmos livros ou manuais em que estão sugeridas, como encaixe, corte, colagem, lixamento, apoio etc.. Como montar, encaixar, escolher o material e a ferramenta a utilizar? São exemplos de tarefas resolvidas por técnicas procedimentais que, às vezes, exigem habilidades ainda não observadas em um estudante do Ensino Médio. De que forma, por exemplo, deveríamos lixar o fio de cobre que fará a vez da bobina de um motor

simples, atividade típica de livros didáticos? Com que força deveria lixar? Esfrego e volto lixando ou devo lixar em um único sentido? Por quê? Devo fazer movimentos arredondados enquanto estiver lixando ou movimentos retilíneos de vai vem? Com isso, não queremos dizer que tais técnicas deveriam estar descritas no livro didático, mas sim que o professor deveria ter consciência se elas – bem como as organizações praxeológicas que a contêm – estão ou não apresentadas no livro, pois a sua ausência poderá fazer com que o aluno sintasse incapaz e, eventualmente, desista de enfrentar o problema a ele proposto.

Podemos perceber que tanto na dimensão do contexto social como na dimensão do contexto didático notam-se tarefas comuns a mais de uma categoria. Isso é reflexo do fato de que uma tarefa isolada não indica a categoria, mas sim o conjunto de tarefas que refletem a intenção didática que a encaixa em uma ou em outra categoria.

A respeito das duas dimensões de categorias, também devemos destacar que uma atividade experimental se enquadrará em pelo menos uma categoria do contexto social e será “revestida” com tarefas que lhe confirmem as características de pelo menos uma categoria do contexto didático. É difícil imaginar uma atividade experimental cuja organização praxeológica não possua um paralelo em uma prática social de referência, seja ela científico-histórica, de ciência aplicada ou escolar ou ainda outra prática não citada. Entretanto, se está em um livro, manual ou artigo destinado ao ensino de Física, deve certamente conter uma finalidade didática, seja em aspectos quantitativos, de demonstração, de verificação de leis, de relação com o cotidiano ou de montagem de um arranjo ou aparato qualquer. Usando a terminologia da TD e da TAD poderíamos dizer que uma atividade experimental classificada em uma das categorias da dimensão de contexto social, ao sofrer as regras da transposição didática de forma a se recompor em uma atividade experimental destinada à sala de aula, pode, dependendo da intenção didática do professor ou da instituição de ensino, se associar às organizações praxeológicas de qualquer uma, ou mais de uma, das categorias de contexto didático.

A figura adiante ajuda a resumir as possibilidades de categorização que levantamos em nossa pesquisa:

Figura 7: Categorias para atividades experimentais.

Por fim, precisamos comentar que, por experiência e pela leitura que temos feito, cremos nas potencialidades das atividades experimentais, mas cremos também que a adequação de seu uso dependa de alguns fatores que fogem ao escopo de nossa pesquisa. Por essa razão, procuramos categorizar as atividades experimentais da maneira mais abrangente e imparcial possível, esperando, com essa neutralidade, abarcar a maior parte possível do espectro de uso para elas.

Acreditamos ainda que a análise de organizações praxeológicas permita ao professor obter tarefas múltiplas que, possivelmente, serão representativas de obstáculos de todos os graus de dificuldade de uma situação-problema. Isso ajuda o professor a personalizar a situação-problema centrada em uma atividade experimental para o seu grupo de alunos, que se adéque ao perfil cognitivo de seu aluno e que contribua para o cumprimento dos objetivos por ele traçados.

5.2. Bases teóricas e questionamentos que auxiliam o planejamento de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental

Para que consigamos atingir o objetivo do item *b*, faremos uma análise, a seguir, dos elementos: Organizações praxeológicas, Competências, Categorias e Objetivos didáticos de atividades experimentais, Campo conceitual e Situações-

problema – conceitos e elementos debatidos no capítulo sobre elementos teóricos e no item 5.1 deste capítulo. Nossa análise terá o formato de uma reflexão, com levantamento de hipóteses, especulações, conclusões parciais, mas que, no final, ajudará a extrair um parecer sob a forma de questionamentos; um parecer que sirva para guiar um planejamento embasado teoricamente para o professor que deseja usar a atividade experimental no contexto de uma situação-problema.

5.2.1. O que vale mais: os saberes de uma atividade humana regular, organizados praxeologicamente (OP), ou as habilidades e as competências?

O conceito de organização praxeológica (OP) presente na TAD pode passar a impressão de encerrar em si as competências, já que os seus elementos, assim como a “competência de Perrenoud”, não representam puramente os saberes, mas também ações que se apoiam nestes, representadas pelo bloco prático da OP, ou seja, pelo saber fazer. Portanto, uma indagação plausível seria: Como associar habilidades e competências às organizações praxeológicas? As habilidades poderiam ser representadas por algum dos quatro elementos de uma organização praxeológica? Por qual ou quais deles?

Pode parecer que a técnica de uma OP se confunde com habilidades ou competências, pois a técnica é aquilo que é mobilizado e então aplicado para a resolução de uma tarefa e, portanto, tem uma definição parecida com a definição de competência. Todavia, esta pode ser uma conclusão precipitada, já que a técnica é o comando do que deve ser feito, assim, ao menos em tese, ela é passível de ser descrita por um passo a passo, enquanto a competência, em particular as mais complexas, parece ser uma ação mais abrangente, pois inclui procedimentos cognitivos de difícil descrição, tais como o discernimento, a inventividade, a abstração, a generalização e a transferência. Por incluir o discernimento de qual técnica deve ser utilizada e se existe ou não uma técnica disponível para ser usada, a competência parece de fato ser mais ampla do que a técnica. Vimos que o bloco teórico – tecnologia e teoria – explica a razão de ser da técnica e expressa suas condições de validade; assim, alguém poderia pensar – talvez novamente de forma precipitada – que é o bloco teórico – e não a técnica – que representa ou inclui a competência, já que nele está descrita a condição

que será levada em conta por aquele que possui o discernimento. Contudo, a competência também parece ser mais do que isso, pois ela permite àquele que a possui migrar entre os blocos teóricos e as respectivas condições de validade para então decidir o que e como usar – se é que vai usar –, e, além disso, transferir técnicas para situações para as quais, *a priori*, elas não foram concebidas. Como exemplo, uma teoria física não contém, em nível epistemológico, os elementos de saber suficientes para a criação de uma nova teoria, ao passo que o especialista competente é capaz de reunir tais elementos; sob essa óptica, a sua “virtude”, a competência, deveria ser algo mais amplo do que o bloco teórico da OP. Por fim, uma máquina computadorizada avançada poderia, em princípio, ter o registro dos saberes de uma OP e aplicar as suas técnicas, mas é difícil imaginar uma máquina competente, pois isso exigiria que ela executasse tarefas para além das quais foi projetada, uma vez que a competência implica transferência do conhecimento adquirido para outros contextos. Talvez a confusão possa residir na definição de competência como uma capacidade, o que entenderíamos como a soma: saber *mais* saber fazer, igualando-a, epistemologicamente, à organização praxeológica. Portanto, a competência, na nossa visão, parece ser mais do que uma capacidade, ela é uma propriedade, única, que diferencia o ser humano da máquina mais capaz que pode existir.

Chevallard, porém, dá indícios de que inclui, sim, as habilidades e competências nas organizações praxeológicas, embora não se aprofunde nessa questão. Deduzimos isso na leitura de Chevallard (2005) quando ele afirma que mesmo o ato de andar ou de assoar o nariz são ações descritas por organizações praxeológicas. Contudo, nesse mesmo artigo, ele afirma que, apesar de incluir todas as ações humanas, a explicação conferida pelas organizações praxeológicas a essas ações poderiam ser parciais. Tal parcialidade dá margem ao raciocínio de que as organizações praxeológicas não encerram as habilidades (pelo menos as mais complexas) em seus elementos. A referida passagem segue abaixo:

[...] nenhuma ação humana pode existir sem ser, ao menos de forma parcial, “explicada”, feita “inteligível”, “justificada”, “considerada”, em alguma forma de raciocínio. (CHEVALLARD, 2005, p. 23, tradução e grifo nossos).

Entretanto, nossa dúvida ressurge na passagem abaixo, quando ele volta a afirmar que toda forma de atividade humana (não abre a exceção da parcialidade desta vez) resulta de se colocar em ação praxeologias:

[...] todas as formas de atividade humana resultam de se colocar em marcha praxeologias. [...] a longo prazo, nenhum fazer humano segue sem um questionamento. (CHEVALLARD, 2005, p. 23, tradução nossa).

Esse último trecho justificaria as habilidades e as competências como elementos pertencentes a organizações praxeológicas. Ainda que não estejam inseridas em uma OP no momento atual, a longo prazo, como insinua Chevallard nesse trecho, elas serão. Seria somente uma questão de tempo para que a humanidade organize e descreva o conjunto de habilidades em praxeologias.

Ainda na relação entre organização praxeológica e competência, existe outro argumento a favor da suposta maior abrangência da segunda, sustentado pela dificuldade em se detectar qual parte de uma OP descreveria a ação coordenada entre especialistas competentes para que alcançassem a solução de um problema complexo, como, por exemplo, a ação que levaria a uma solução para a fome ou para a poluição mundial. Um contra-argumento seria dizer que tal ação estaria descrita na OP que tenha esse problema como uma tarefa. Visivelmente, a técnica (τ) de uma OP assim abarcaria a procura por especialistas de várias áreas. Mas esse contra-argumento não resolve o impasse, pois ainda falta entender qual bloco teórico descreveria essa técnica. Parece não haver um saber explícito que justifique a necessidade pela busca de especialistas de várias áreas, e que trabalhem de forma interdisciplinar e cooperativa, ou seja, parece não haver tecnologias (θ) e teorias (Θ) que justifiquem essa técnica. As pessoas sabem por experiência que deve ser assim, que elas devem buscar a ação coordenada por soluções de problemas dessa envergadura, mas não enxergamos uma teoria que justifica essa ação. Portanto, esse seria um indício de que a competência não “cabe” em uma OP. Aliás, não é apenas na coordenação de esforços para a solução de um problema complexo que os saberes expressos pelas organizações praxeológicas parecem “falhar”, mas também na forma de como fazer isso. Como cooperar? Parece-nos evidente que a ética, o respeito, a honestidade e a transparência são valores imprescindíveis para a cooperação. Mas qual OP explicitaria tais elementos? No entanto, vimos que as habilidades

atitudinais levantadas por Laburú indicam ser essa uma ação esperada e que, a princípio, deveria ser desenvolvida no ensino: cooperar, trabalhar em equipe para um propósito comum, reconhecer potencialidades e “fraquezas” em si mesmo e nos colegas no momento de dividir tarefas etc. Mas tais atitudes, pelo raciocínio exposto acima, não pertencem a nenhuma organização praxeológica, ainda que façam parte do rol de atividades humanas regulares.

Porém, mesmo nesse último caso, Chevallard parece acreditar que as organizações praxeológicas descreveriam, sim, as atitudes que levariam à solução de problemas de tal magnitude, tarefas que exigissem a técnica do trabalho em equipe e da cooperação. Isso pode ser lido na passagem em que ele comenta a origem comum de uma organização praxeológica qualquer: a busca por uma solução de questões compartilhadas por uma instituição. A referida passagem:

A questão pode ser, por exemplo, “Como podemos conviver em paz?” ou “Como podemos trabalhar com números muito elevados?”, ou seja, números que uma calculadora do meu celular não comporta. Essas são questões “práticas”, porque responder a elas requer técnicas. [...] no entanto, uma resposta não se resume a uma *praxis*. Sabemos que a *praxis* precisa de alguma forma de *logos*, de forma que qualquer solução pode ser pensada como integrante de uma organização praxeológica. (CHEVALLARD, 2005, p. 27, tradução nossa).

É nítido, pelo trecho acima, que Chevallard incorpora ao conceito de técnica habilidades como saber cooperar e coordenar ações em prol de um objetivo comum, quando cita que uma tarefa típica de uma OP seria: Como podemos viver em paz? Ainda assim, na nossa pesquisa, preferimos separar técnicas para trabalhar com números grandes de técnicas para chegar à solução de problemas complexos, como conseguir a paz na Terra; ainda que concordemos com Chevallard quanto ao fato de que a essas duas tarefas é possível se associar tanto um saber e um saber fazer quanto um saber a razão de se fazer assim. Preferimos separar por acreditarmos que as habilidades de atitudes são mais difíceis de serem descritas, pertencem muito mais a um mundo subjetivo, abstrato e ideológico e que não são justificadas por teorias facilmente identificáveis.

Uma prova praticamente fatídica de que Chevallard incorpora as habilidades nas técnicas de uma organização praxeológica pode ser dada pela

passagem a seguir. Nela, ele comenta que as organizações praxeológicas são concebidas artificialmente e então compartilhadas e difundidas com o propósito de que a sociedade consiga o que ele chama de viver bem, viver em harmonia. Ora, a nosso ver, não há como viver bem ou viver em harmonia supondo que as habilidades que Laburú chama de habilidades de atitudes não estejam presentes. Eis a referida passagem:

O primeiro personagem é a sociedade, o segundo é a vida em harmonia (ou felicidade, ou bem-estar), o terceiro o conjunto de praxeologias já existentes ou a ser criada, e o quarto, a escola. A sociedade se empenha em conseguir condições para o bem-estar de seus membros, em especial para a geração jovem, por meio da criação e subsequente difusão de praxeologias, e assim tentando colocar o conhecimento certo no lugar certo. (CHEVALLARD, 2005, p. 26, tradução nossa).

Assim, concluímos que Chevallard acredita que habilidades e competências estejam incluídas nas organizações praxeológicas, mas, como já dissemos, ele não se aprofunda no assunto, não explica a relação de técnicas com habilidades e não “aloca” a entidade competência dentro da organização praxeológica.

Isso justifica a necessidade de um estudo mais aprofundado das habilidades e de maneiras de compor um ensino que favoreça o seu desenvolvimento, como objetiva a nossa pesquisa. Daí preferirmos pensar a organização praxeológica como o conjunto de saberes relacionado a uma atividade humana, mas um conjunto de saberes que é acionado quando o especialista competente põe em marcha as suas habilidades. Assim, no ensino, entendemos a organização praxeológica como conteúdo referente ao saber, ao saber fazer e saber o porquê de fazer assim, mas que deve estar a serviço de situações em que o estudante tome esses elementos de saber e os aplique para resolver problemas. São as ações maiores de trazer à tona técnicas e tecnologias de uma ou mais organizações praxeológicas e de selecionar os elementos necessários à solução do problema posto que, a nosso ver, representam a essência da competência a ser construída na escola. Por essa razão, entendemos que a organização praxeológica pode ter um papel de destaque no âmbito escolar. Talvez o indicado fosse uma aprendizagem em que as situações-problema girassem em torno de organizações praxeológicas didáticas cada vez mais próximas das organizações praxeológicas reais, de modo que os obstáculos

colocados aos alunos fossem cada vez mais próximos daqueles encontrados pela instituição que usa de fato aquela organização praxeológica em uma prática social de referência. Ainda assim, não há garantia de que o aluno, mesmo que chegue a dominar por completo a OP didática de uma instituição, seja capaz de trabalhar com a mesma eficiência do especialista competente daquela instituição, uma vez que, como dissemos acima, a competência, no nosso entender, não se limita ao domínio da OP, mas a mobiliza por intermédio de outras funções cognitivas. Poderíamos dizer que o especialista competente é aquele que transita entre os quatro elementos da OP e entre as próprias OPs, com o objetivo de encontrar a solução para o problema dado.

Em síntese, para os fins a que se destinam a nossa pesquisa, chamaremos de habilidade a ação “maior” de selecionar, comparar e aplicar técnicas de uma organização praxeológica. Maior no sentido em que é mais abrangente do que a ação localizada de uma técnica, que se presta apenas à realização de uma tarefa. Logicamente que essa ação maior carece dos saberes teóricos das organizações praxeológicas que contêm tais técnicas, pois são eles que explicam a razão de ser das técnicas, mas a ação maior em si não é a própria técnica nem o respectivo bloco teórico. Portanto, preferimos dizer que, no que tange à nossa pesquisa, as habilidades, na situação-problema a ser planejada, serão desenvolvidas à medida que as técnicas forem aplicadas.

5.2.2. Campos conceituais e ensino por competências: o que há em comum?

Vimos que tanto o domínio de campos conceituais quanto a construção de competências demandam tempo, treinamento e dedicação. É curioso notar que Moreira (2002), Perrenoud (1999) e Perrenoud et al. (2007) defendem a situação-problema como estratégia didática promissora no que diz respeito a favorecer a aprendizagem significativa de conceitos pertencentes a um campo conceitual e, também, à construção de competências. Em outras palavras, a condição e o meio para chegar à aprendizagem aprofundada de conceitos seriam os mesmos que para construir competências. Esse fato apenas reforça nossa escolha por incluir as atividades experimentais no planejamento de uma situação-problema modelada para o ensino, pois esse seria um caminho em que a aprendizagem

aprofundada dos conceitos científicos, relacionados ao experimento, estaria acompanhada do desenvolvimento de habilidades essenciais no ensino.

5.2.3. Por que atividades experimentais se adéquam a situações-problema?

As atividades experimentais no ensino, como era a nossa hipótese inicial, parecem se adequar de forma muito natural a um ensino por situações-problema, obviamente com a condição de que essa união seja pensada cuidadosamente pelo professor.

Essas atividades representam necessariamente algo de concreto para o aluno, uma das condições também requeridas por uma situação-problema. Uma atividade experimental pode ser contextualizada, por exemplo, por intermédio de uma das práticas sociais de referência pertencentes à categoria da ciência aplicada, fazendo com que a sua presença e os conceitos que carrega representem algo familiar na visão do aluno; ou ainda na categoria científico-histórica, que ajuda o aluno, por meio do viés histórico da ciência, a criar uma visão apropriada da construção do conhecimento científico. Ambos os casos são compatíveis com a estratégia da situação-problema, já que esta pressupõe que o aluno perceba um sentido claro para as horas que deverá dispende estudando e trabalhando em equipe. Uma atividade experimental pode ser agregada a um conjunto de tarefas que a caracterizem na dimensão do contexto didático. Essa possibilidade pode ser feita, por exemplo, por meio de uma demonstração de forte impacto que prenda a atenção do aluno, contribuindo para que ele internalize a alteração causada pela demonstração como uma perturbação a ser regulada. Além disso, as tarefas podem ser selecionadas de forma que a aplicação das técnicas para resolvê-las promova o desenvolvimento de habilidades. Vimos que a oportunidade de trabalhar habilidades é um dos ganhos didáticos citados em trabalhos que comentam o uso de atividades experimentais em ensino e, igualmente, uma das maiores “virtudes” da situação-problema, que, pelo fato de incitar no aluno a necessidade de aprender algo novo, tem por consequência a sua dedicação a longo prazo, requisito imprescindível ao desenvolvimento de habilidades. Mais uma vez se verifica a compatibilidade entre essas duas estratégias de ensino. O trabalho docente de elaborar uma organização

praxeológica didática passa por encontrar paralelos entre as características da atividade experimental escolhida e as organizações praxeológicas correspondentes a uma prática social de referência conhecida do aluno. Durante esse trabalho, o professor poderá selecionar tarefas que, além de ressoarem na mente do aluno (pois a prática lhe é familiar), representem um conjunto que, se solucionado, leve o aluno à superação do obstáculo previamente detectado e eleito pelo professor. Assim, a atividade experimental incorporada à situação-problema mantém a característica essencial desta última, representada pela presença consciente de um obstáculo a ser superado. Além disso, aprendemos com Ricardo, Meirieu e Perrenoud que a superação de obstáculos promove a reestruturação de esquemas e a respectiva aprendizagem duradoura, sendo esta, por sua vez, sinal de que se adquiriu a capacidade de transferência, qualidade do especialista competente valorizada nos documentos oficiais revisados. Ricardo (2003, p. 591) relaciona esses elementos na passagem que segue:

[...] ao mesmo tempo em que o professor poderá se ocupar didaticamente desses possíveis obstáculos à aprendizagem em uma relação didática (tempo curto), haverá uma outra etapa da construção do conhecimento que terá o aluno como principal responsável (tempo longo), em que se espera que os novos conceitos e modelos adquiram o *status* de ferramentas intelectuais que possam ser mobilizadas em novos contextos. Essa perspectiva longa da relação didática se aproxima da concepção de um ensino por competências, no qual se pretende que o aluno esteja em condições de mobilizar, gerenciar, integrar seus recursos cognitivos, entre eles o conhecimento, e possa inferir soluções diante de determinada situação-problema.

Vale dizer ainda que a promessa da aprendizagem significativa pela superação do obstáculo vem acompanhada da condição de necessidade, ou seja, que a situação posta exerça grande poder atrativo no aluno, o que, como vimos, é a mesma condição para que o aluno “compre” o problema proposto pela situação-problema. Acerca dessa necessidade, podemos citar novamente Ricardo (2003, p. 590), que, por sua vez, cita Saviani (1996):

Para proporcionar um conflito sociocognitivo que tenha sentido para o aluno é preciso problematizar, não a partir do saber científico, mas de suas impressões e representações dentro de um contexto em que o aluno se veja diante de uma necessidade de aprender. “*A essência do problema é a necessidade*” (SAVIANI, 1996, p. 14).

Assim, acreditamos que estas duas estratégias – atividades experimentais e situações-problema – caminhem bem, quando juntas. Não acreditamos ser tarefa fácil a de planejar o uso de uma atividade experimental inserida em uma situação-problema. Mas acreditamos que essa união é viável e pode, em princípio, trazer resultados significativos para o ensino de Física. Arriscamo-nos a dizer que esse tipo de uso “híbrido” de uma atividade experimental tem a potencialidade de explorar ao máximo o que ela pode oferecer ao ensino.

5.2.4. O que deve ser considerado durante a elaboração de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental?

Com base nos elementos teóricos apresentados no capítulo 3 e na reflexão feita até aqui, levantaremos, a seguir, questionamentos que servirão como diretrizes para o planejamento de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental.

Como argumenta Alves Filho (2000a), a transposição didática dos saberes referentes ao laboratório didático – e acreditamos que isso se estenda para as atividades experimentais fora do laboratório – deve ser repensada, com atenção especial para que um suposto método científico não se torne um saber a ser ensinado. Competências ligadas a tal método, como mencionamos anteriormente, têm a sua função e utilidade, mas não achamos que devam capitanear o uso didático de uma atividade experimental.

Em nossa opinião, a vigilância epistemológica é a condição fundamental para aqueles que se aventurarem na elaboração de situações-problema centradas em atividades experimentais com base na reconstrução da transposição didática proposta por Alves Filho. Independentemente de qual saber o professor deseja transpor em saber ensinado – o saber sábio gerado na academia ou o saber das práticas sociais de referência –, não há como o fazer sem que se crie a sua versão autorizada, que, por sua vez, será formada por OPs didáticas fundamentadas nas OPs reais dessas práticas. O que defendemos é que o processo de transposição didática seja revisto, reanalisado, incluindo o conceito de organização praxeológica e fundamentando-se nele. Caso se deseje, por exemplo, o desenvolvimento de habilidades presentes em uma prática social de referência reconhecida, se essa for a intenção didática, o processo de

didatização do saber, analisado pela transposição, deve ser conduzida de forma que incorpore essa intenção. O exercício da vigilância epistemológica deve estar presente desde o instante inicial até a elaboração da situação-problema propriamente dita. Tendo em vista a intenção didática, as atividades experimentais devem ser escolhidas com base no potencial em fornecer tarefas amplas e simples, e cuja aplicação das técnicas requisite o uso das habilidades preestabelecidas. Lembramos que uma situação-problema, de acordo com a nossa revisão teórica, não deve abarcar inúmeros objetivos didáticos nem ser baseada em diversos obstáculos, mas deve haver, sim, uma seleção tanto de um como de outro. O próprio Chevallard adverte, usando a terminologia da TAD, para o perigo da lista exhaustiva de conteúdos e enfatiza a necessidade de a escola focar em questões cruciais. Podemos ver isso na passagem abaixo:

[...] ao estudar uma questão qualquer, os estudantes terão que investigar muitas outras, que derivam da original, que surgem ao se estudar a questão original. Abordar essas questões secundárias conduzirá à transposição de muitas praxeologias, que respondem a muitas questões não intencionadas originalmente. [...] Um fator essencial para a tentativa de estabelecer uma nova epistemologia escolar é que não devemos ir diretamente para as questões derivadas, muito menos para aquelas que derivam do estudo para buscar a solução dessas questões secundárias. A não ser que essas questões secundárias pareçam cruciais para professores e alunos. Ir diretamente para questões secundárias, sem a motivação oriunda do estudo prévio de uma questão realmente crucial, geralmente faz com que o processo de ensino e aprendizagem fique à deriva, desorientado e seja substituído pela mera inspeção de uma sucessão de “monumentos oficiais” do saber. [...] (CHEVALLARD, 2005, p. 28, tradução nossa).

Vimos também, com Perrenoud et al. (2007), que, de maneira geral, a situação-problema em ensino é feita por meio de um recorte de uma situação pertencente a um domínio real do conhecimento. Acreditamos que a possibilidade mais promissora para inspirar esse recorte seja a prática social de referência, pois suas OPs já estão dadas, já são compartilhadas pelos membros da instituição que a exercitam, além de serem reconhecidas pela comunidade local. Assim, o professor estuda as tarefas reais para criar as suas próprias, de cunho didático, análogas àsquelas presentes nas organizações praxeológicas das instituições que exercitam a prática, mas com a transposição feita de maneira que representem um obstáculo didático bem definido. Aliás, para Chevallard (2005), a busca pelo viver bem da sociedade se dá, em última análise, pela difusão das praxeologias já consolidadas e pela invenção e adaptação de novas praxeologias. Esse processo

de difusão e adaptação é a definição que ele mesmo dá à transposição didática, conforme pode ser visto no trecho abaixo:

[...] pessoas em uma instituição procuram uma resposta a uma questão, ou seja, procuram por uma praxeologia adequada. Geralmente, uma variação da praxeologia desejada já existe em outra instituição da sociedade. As pessoas da primeira instituição devem, portanto, localizar essa praxeologia e então copiá-la. “Copiar” não é o termo adequado. O que ocorre é um processo de *reconstrução*, ao qual denominei, anos atrás, um processo de *transposição*. A praxeologia original é transposta em uma nova praxeologia que, supostamente, é mais apropriada e tem maiores chances de sobreviver aos constrangimentos impostos tanto sobre sua parte prática (*práxis*) quanto teórica (*logos*) em seu novo *habitat*, em sua nova instituição. A razão pela qual a praxeologia está agora presente nesta nova instituição fica clara: foi levada para essa instituição com a expectativa de ser útil na solução de um problema, para responder a uma questão. Ou seja, ela não foi levada lá pelo conhecimento que representa, mas por uma necessidade. (CHEVALLARD, 2005, p. 27-28, tradução nossa).

É de acordo com a perspectiva de Chevallard comentada acima que acreditamos que as organizações praxeológicas didáticas devam ser elaboradas. O que a sociedade já faz ao transferir praxeologias para solucionar questões práticas seria feito também no domínio escolar. A questão prática, agora, seria imposta pela situação-problema e estaria nas mãos do professor adequá-la aos constrangimentos escolares. Portanto, a transposição dos saberes de uma prática social de referência para responder às necessidades escolares seria, de acordo com o nosso entendimento da ideia exposta acima, a extensão de um mecanismo presente na sociedade para a escola.

A seguir, alguns questionamentos frutos da análise e da reflexão realizadas até aqui e que podem servir, como dissemos, como um norte ou respaldo teórico para um planejamento consistente de atividades experimentais em situações-problema.

A. PROFUNDIDADE CONCEITUAL

A situação-problema criada em torno da atividade experimental privilegia a profundidade de conteúdos em vez de uma lista extensa de tópicos trabalhados superficialmente? Haverá tempo para que o aluno se aprofunde nas atividades propostas pela situação-problema, de modo que tenha a oportunidade de dominar os conceitos de uma maneira mais significativa e aprofundada?

B. CONVIDATIVA

A situação-problema centrada na atividade experimental é interessante e estimulante o suficiente para o aluno? Ela é capaz de causar uma alteração atraente, que convide o estudante a internalizá-la como perturbação, motivando-o a conquistar a regulação? A situação, como está proposta, causará uma necessidade de busca pela solução? A questão representativa da situação-problema expressa, para o aluno, um contexto de dilemas ou enigmas que o estimule a posicionar-se, julgar, interpretar, tomar decisões, levantar e testar hipóteses e conjecturas, enfim, que suscite o desejo de participar ativamente da busca pela solução? Que faça com que ele considere o problema como seu? As tarefas das OPs didáticas elaboradas convidam o aluno a investir seus conhecimentos, esquemas e representações anteriores, de modo que a interação tarefa-aluno o leve a reconhecer a insuficiência desses recursos e incite-o a querer trabalhar para aperfeiçoá-los, o que o levará a desenvolver habilidades e a dominar novos conceitos e, assim, regular a perturbação causada?

C. HABILIDADES E COMPETÊNCIAS

O conjunto de tarefas presentes na atividade experimental lhe confere a característica de qual(is) categoria(s) da dimensão do contexto didático? As técnicas que deverão ser aplicadas para a realização dessas tarefas agregadas à atividade experimental (em torno da qual orbita a situação-problema criada) favorecem o desenvolvimento de quais habilidades: apenas experimentais ou também (e principalmente) cognitivas e de atitudes? Quais? Haverá tempo para que o aluno desenvolva habilidades e construa competências por meio da aplicação das técnicas que resolvem as tarefas propostas?.

A proposta de situação contém tarefas que convidem o estudante a externar/explicitar aquilo que já conhece ou que está em processo de conhecer para que possa confrontar o seu entendimento com o dos colegas e com os saberes científicos aceitos? Além disso, ela oferece circunstâncias em que o aluno precise criar argumentos e compreender argumentos alheios, além de criticar e aceitar críticas e opiniões opostas às suas?

Esta situação-problema tem um objetivo de aprendizagem preciso – representado pela superação de um obstáculo bem definido –, de modo que o aluno treine a recuperação dos conceitos relevantes diante da enormidade de possibilidades que existem, ou seja, que exercite a habilidade de identificar a singularidade diante da diversidade?

Existe a possibilidade de incluir tarefas que requeiram do aluno a aplicação de técnicas criadas em um contexto diferente daquele para o qual elas foram originalmente concebidas? Ou seja, a transferência entre contextos pode ser trabalhada na situação-problema criada em torno dessa atividade experimental?

A atividade experimental escolhida viabiliza a inclusão de tarefas de cunho transversal, que favoreçam a interdisciplinaridade e a respectiva integração do conhecimento das demais áreas da atividade humana? O exercício das técnicas levará o aluno a empregar e a desenvolver habilidades verificadas em outras áreas do conhecimento, ou seja, favorece a construção de competências transversais?

D. CONTEXTUALIZAÇÃO

A atividade experimental escolhida permite a inclusão de tarefas similares ou análogas às presentes nas organizações praxeológicas de instituições que exercitam uma das práticas sociais descritas na dimensão do contexto social: pesquisa em ciência ou ciência aplicada? O aluno conhece essa prática? A prática escolhida é uma das práticas típicas da comunidade em que vivem os alunos?. Em caso afirmativo, o professor já se familiarizou minimamente com essas organizações praxeológicas para, com isso, obter condições de estruturar uma situação-problema que tenha significado para o aluno? Dentre as inúmeras organizações praxeológicas das instituições que exercitam essa prática, qual(is) delas pode(m) ser adaptada(s) para o ensino por meio da atividade experimental escolhida?

E. MUITAS TAREFAS, UM OBSTÁCULO

A transposição didática das organizações praxeológicas das instituições que exercitam a prática social escolhida viabiliza a inclusão de um conjunto de

tarefas moduladas de forma que contemple um obstáculo de aprendizagem bem definido? O obstáculo contemplado está de acordo com o nível de aprendizagem do aluno? Em caso negativo, haveria como adequá-lo para que ele não seja tão elevado a ponto de causar a rejeição do aluno em passar pelo processo de alteração, perturbação e regulação, mas não tão baixo que possa ser superado com os recursos de que ele já dispõe? A superação do obstáculo conduz o aluno a uma aprendizagem precisa e identificável? Qual aprendizagem?

F. VISÃO HISTÓRICA DA CIÊNCIA

A atividade experimental escolhida favorece uma visão do conhecimento científico como fruto de um processo histórico, com progressos e retrocessos, com muito trabalho em equipe e cooperação e que é fortemente influenciado e motivado por fatores individuais e coletivos, políticos e econômicos? Houve o cuidado de recriar o percurso epistemológico da experiência ou do equipamento para que o aluno tivesse a oportunidade de apreciar seus aspectos históricos e, com isso, dirigir-se para uma visão mais condizente sobre o processo de construção do conhecimento científico?

5.3. Usando as bases teóricas investigadas e os questionamentos levantados

A seguir, utilizaremos a análise e as conclusões obtidas durante a realização dos objetivos *A* e *B* para avaliar propostas de atividades experimentais em dois livros didáticos de Física. A avaliação tem como finalidade detectar a potencialidade dessas propostas em sustentar um planejamento de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental.

Esta parte de nossa pesquisa é do tipo citada por Bianchi (2000) como pesquisa documental e que, segundo Bogdan e Biklen (1994), se enquadra em uma investigação qualitativa descritiva, em que a palavra escrita pode ser utilizada como fonte de dados e análises.

5.3.1. Por que analisar atividades em livros didáticos?

Poisson (2011) argumenta que o livro didático, de certo modo, molda a noção de como o conteúdo deve ser ensinado e que a maneira como a

organização praxeológica é distribuída ao longo do livro influencia os resultados de aprendizagem dos leitores. Vimos ao longo da exposição sobre a teoria da transposição didática que parte da modulação, seleção, fragmentação dos saberes que se tornarão saber ensinado é realizada durante o trabalho de transposição interna, ou seja, aquela que o professor realiza durante as suas aulas. Vimos também que, como regra geral, o ponto de partida da transposição interna são os livros didáticos, que os professores tomam como referência para planejar o seu trabalho com a turma de alunos. Na perspectiva da transposição didática, procede a afirmação de Poisson, de que os livros influenciam a aprendizagem do aluno. Além disso, o próprio aluno tem acesso ao livro e, em um cenário otimista, utiliza-o como ferramenta de estudo. Sendo assim, nos parece justificável a tentativa de entender como a proposta de atividades experimentais apresentadas em livros didáticos utilizados em âmbito nacional poderia ser usada como subsídio para o planejamento de situações-problema.

5.3.2. Como foi realizada a escolha dos livros?

Dado o grande número de publicações de livros didáticos de Física voltados ao Ensino Médio, utilizamos dois critérios que nos pareceram suficientes para a escolha dos livros:

- 1) que ele fosse indicado pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Trata-se de um programa criado pelo Governo Federal em 2004, com vista à universalização de livros didáticos para os estudantes do Ensino Médio das escolas públicas brasileiras. Os livros utilizados nas escolas públicas de todo o país são aqueles que conseguem o selo PNLD conferido por uma análise criteriosa do Ministério da Educação (MEC). Assim, ao escolher livros aceitos no PNLD, os resultados de nossa investigação passam a ter abrangência nacional;
- 2) o tipo de abordagem que o livro procura utilizar. Escolhemos dois livros com abordagens distintas. Fizemos isso com a expectativa de que a análise levantasse indícios sobre a possível existência de uma correlação entre o tipo de abordagem do livro e a viabilidade de um planejamento de situações-problema centradas em atividades experimentais.

Os dois livros que atenderam aos critérios foram:

A) *Tópicos de Física*, de Gualter José Biscuola, Newton Villas Bôas e Ricardo Helou Doca. São Paulo: Saraiva, 2010.

B) *Física em contextos*, de Mauricio Pietrocola, Alexandre Pogibin, Renata de Andrade e Talita Raquel Romero. São Paulo: FTD, 2010.

5.3.3. A análise dos livros

O livro B parece apresentar, ao longo de seus capítulos, uma ligação histórica com o conteúdo abordado, ao passo que o livro A, em uma primeira análise, parece preferir uma abordagem mais tecnológica e utilitária. Esse primeiro olhar revelou uma diferença acentuada entre as abordagens. Aventamos a hipótese de haver uma ligação entre a formação dos respectivos autores com o enfoque apresentado no livro. O coordenador do livro B traz uma bagagem em História da Ciência permeando todo o seu currículo, enquanto dois dos três autores do livro A são engenheiros de formação. Conforme descrito anteriormente, duas das categorias criadas na dimensão do contexto social foram justamente a científico-histórica, com um viés histórico, e a ciência aplicada, com um viés mais utilitário. Assim, a escolha dos livros, em princípio, contemplará contextualizações nessas duas categorias da dimensão social.

Primeiro, avaliamos a distribuição dos conteúdos nos capítulos e a organização da obra, em particular as propostas das seções e das atividades, já como uma tentativa inicial de encontrar indícios que demonstrem o potencial do livro em auxiliar o planejamento de situações-problema centradas em atividades experimentais.

O livro A apresenta uma distribuição clássica dos conteúdos nos três volumes. Apesar da escolha pela distribuição clássica, ele traz várias seções diferenciadas, tais como: *Leitura*, *Descubra mais* e *Faça você mesmo*. Essa última seção propõe experimentos com recursos caseiros, visando à melhor compreensão dos conceitos apresentados. Além disso, a seção *Leitura* traz elementos que ajudam a contextualização na dimensão social.

Apesar da divisão clássica nos três volumes, o livro B não apresenta seus temas sequenciados da forma tradicional. Notam-se idas e vindas de conteúdo, com perspectivas personalizadas à necessidade e aos objetivos do capítulo, de

tal modo que o assunto é abordado de uma forma mais aprofundada a cada vez em que é revisitado. As seções relacionadas às atividades experimentais são: *Explorando a situação*, em que se apresenta uma situação específica ou uma descrição experimental; *Investigue você mesmo*, que apresenta procedimentos experimentais com materiais simples e de baixo custo. Além dessas, o livro traz seções que auxiliam a contextualização social. São elas: *O cientista no tempo da História*, que apresenta o contexto social e aspectos humanos da vida de algum cientista, *Técnica e tecnologia*, que relaciona a Física com a tecnologia atual, além de apresentar parte da história da técnica ligada à produção de conhecimento científico e, por fim, *Investigue com o pesquisador*, em que é possível encontrar textos originais de cientistas.

O número de atividades encontradas em cada volume dos livros é muito alto. Por esse motivo, optamos por elencar critérios para escolher as atividades que seriam analisadas com maior profundidade. Em um primeiro momento, escolhemos analisar, de maneira mais superficial, as atividades propostas durante a apresentação do assunto *Eletrostática*. Esse tema foi escolhido porque sabemos, por experiência, que está vinculado a uma alta quantidade de propostas de atividades experimentais. Categorizamos cada atividade proposta no capítulo de *Eletrostática* na dimensão do contexto didático, ou seja, na dimensão relacionada à sua finalidade didática, expressa pelo conjunto de tarefas que a acompanham.

Essa primeira análise revelou alguns resultados interessantes, merecedores de nota. A grande maioria das atividades propostas contém tarefas cuja finalidade as enquadra em demonstração e verificação. Um número bem menor de atividades de investigação e montagem e, em nenhum dos dois livros, foram encontradas, para o setor de Eletrostática, as categorias cotidiano e quantitativa. Outra informação interessante foi a de que nos dois livros a atividade experimental sobre eletroscópio foi proposta com tarefas de montagem. Isso talvez se deva à facilidade em montar esse arranjo e aos usos didáticos que podem surgir quando o estudante usufrui de um dispositivo simples como é o eletroscópio. O livro A propõe apenas uma atividade que utiliza o eletroscópio montado pelo aluno, enquanto o livro B faz duas dessas propostas. Aliás, em relação ao número de atividades propostas, a discrepância é notável. O livro A,

nas 101 páginas sobre Eletrostática, propõe apenas seis atividades experimentais, contra 13 propostas encontradas nas 28 páginas do mesmo assunto no livro B. Ou seja, a “densidade (número de propostas por página)” de propostas, no livro B, é cerca de oito vezes maior do que a densidade de propostas no livro A.

Depois disso, selecionamos uma atividade que intitulamos emblemática, com o propósito de nos recordarmos, ao nos referirmos a ela, que se trata de uma atividade que abrange uma ampla faixa do espectro de categorização proposto em nossa pesquisa e que, em princípio, poderia servir como justificativa central de uma situação-problema. Além desses, outros critérios utilizados para a escolha das atividades emblemáticas foram:

- que aparecessem nos dois livros investigados;
- que soubéssemos, por experiência, se tratar de um experimento amplamente utilizado e divulgado no ensino de Física;

A atividade experimental escolhida foi a do eletroscópio, tanto sua montagem quanto a atividade sugerida depois de pronto. Procuramos avaliar os elementos que permeavam a proposta da atividade e comparar essa avaliação com os questionamentos que julgamos importantes para o planejamento de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental. Lembramos abaixo os seis tópicos que trazem os questionamentos levantados na seção 5.2:

1) Profundidade conceitual

2) Convidativa

3) Habilidades e competências

4) Contextualização

5) Muitas tarefas, um obstáculo

6) Visão histórica da ciência

LIVRO A

No livro A a atividade aparece como verificação e como montagem. Verificação porque ela é feita depois de terem sido apresentados os princípios físicos que explicam o funcionamento do eletroscópio e a razão de suas lâminas

se comportarem ora de uma maneira, ora de outra. Montagem porque é sugerida a construção de um eletroscópio lúdico, com materiais de baixo custo. No entanto, as condições e os recursos dispostos no livro estão muito aquém do que nossa análise mostrou ser necessário para que o professor planeje uma situação-problema centrada nessa atividade. Isso não quer dizer que não seja possível, mas o professor teria um trabalho intenso de investigação e pesquisa, tendo de buscar subsídios complementares aos encontrados no livro. Como ponto positivo, o livro apresenta grande quantidade de tarefas – amplas e simples – representadas por exercícios, perguntas e problemas propostos. Contudo, não existe qualquer indicativo claro de qual seria um obstáculo em torno do qual as tarefas poderiam ser conjugadas. Tampouco apresenta fatos históricos da concepção e do desenvolvimento do eletroscópio. Como argumenta Medeiros (2002) no artigo “As origens históricas do eletroscópio”, publicado na *Revista Brasileira de Ensino de Física*, o conhecimento do contexto científico e histórico desse equipamento revela um potencial enorme para se trabalharem conceitos importantes e complexos, como o aterramento, a indução, a interação a distância e o método de investigação científica.

Apesar de a montagem sugerida ser aparentemente simples, as técnicas de montagem – de que forma cortar a garrafa? Como encaixar o parafuso? Como grudar as lâminas de alumínio? etc., – não estão explícitas. Embora a proposta seja de montagem e verificação, o livro não indica – nem em suas páginas nem nas do Manual do Professor – maneiras de trabalhar o desenvolvimento de habilidades por meio da aplicação das técnicas que resolvem as tarefas propostas sobre o eletroscópio.

Caso o professor desejasse uma contextualização na dimensão social com base nos recursos oferecidos pelo livro, teria à sua disposição a descrição da experiência realizada em 1883 por Thomas Alva Edison, que utilizava o eletroscópio como dispositivo intermediário para observação de um fenômeno. O livro comenta que o nome atribuído ao efeito observado na experiência é *efeito Edison*; efeito que, de acordo com o livro, teria aberto as portas para o desenvolvimento, por John Ambrose Fleming, em 1904, da válvula termoiônica, que, por sua vez, daria início à Eletrônica. É curioso notar que os autores preferiram citar um avanço tecnológico de ciência aplicada que, supostamente, se

concretizou com o auxílio do eletroscópio, do que os fatores históricos e científicos que permeavam o desenvolvimento do próprio instrumento. Parece-nos que a hipótese levantada inicialmente procede, ou seja, a abordagem utilizada nos livros reflete, de certo modo, a formação dos autores.

Usando o efeito Edison como pretexto, talvez o professor pudesse levantar as organizações praxeológicas das instituições dos engenheiros eletrônicos com o intuito de criar tarefas vinculadas ao uso do eletroscópio. No entanto, assim como ocorre com o exemplo do Van de Graaf que citamos no capítulo 3, os alunos não podem observar eletroscópios em seu dia a dia, pois esses equipamentos não pertencem ao seu cotidiano imediato. Assim, faria muito mais sentido para o aluno se a contextualização fosse feita pelo viés científico-histórico, o que o ajudaria a entender os fatores que contribuíram para o desenvolvimento desse dispositivo. Talvez fosse adequado apresentar tarefas favoráveis à construção de uma visão histórica da ciência, partindo-se de questionamentos como: Por que o eletroscópio foi criado? Quem o criou? Qual era o contexto da pesquisa que determinou a sua concepção? Qual foi a primeira experiência realizada com o seu auxílio? Ele cumpriu o propósito para o qual foi concebido? O equipamento foi aperfeiçoado? Quais as modificações sofridas em seu aperfeiçoamento? Por que foram necessárias tais modificações? Por que ele foi trazido à escola? etc.

No contexto da dimensão didática, poderiam ser agregadas tarefas como: Por que deve ser utilizado papel-alumínio para fazer a vez das lâminas? Quais as características do alumínio que o tornam o material escolhido? Poderia ser usado outro material? Quais propriedades esse outro material deveria ter? Quais fenômenos e conceitos físicos podem ser observados por meio de um eletroscópio? Por que devemos utilizar uma garrafa plástica envolvendo as lâminas? Deve ser plástica ou poderia ser de outro material? Que espessura devem ter as lâminas? Por quê? Como cortar e grudar as lâminas? Quais os cuidados que se deve ter ao manipular um eletroscópio? Por quê? etc.

Outra possibilidade, talvez viável, é a utilização do efeito Edison como uma atividade experimental enquadrada na atividade de demonstração, mas com justificativa didática de motivar o aluno por intermédio do impacto visual que essa

experiência proporciona. Ela serviria então como o aspecto convidativo da lista de questionamentos levantados na seção 5.2. Seria uma atividade experimental usada para prender a atenção do aluno, servindo como uma alteração atraente o bastante para que o aluno a internalizasse como perturbação. Mas para que isso fosse cabível, os conteúdos que explicam a razão de as lâminas se aproximarem ou se afastarem teriam de ser dados depois, pois as tarefas que caracterizam uma atividade de demonstração pressupõem um aluno que ainda não estudou o assunto. Caso contrário, ela não teria o apelo convidativo. Mas, neste caso, a atividade experimental *efeito Edison* teria o papel apenas de “iniciar” a situação-problema, servindo como elemento de alteração. A partir daí, outras tarefas e atividades deveriam ser pensadas. Talvez ela pudesse se configurar em uma das etapas da situação-problema, situação que, como vimos, deve ser conduzida em equipe e sob a supervisão do professor, responsável por planejar os momentos em que as tarefas sugeridas acima seriam colocadas aos alunos.

De qualquer maneira, é fácil perceber a complexidade de inserir a atividade do eletroscópio em uma situação-problema considerando-se somente os recursos disponíveis no livro A, sendo esse cenário ainda agravado se levarmos em conta o pouco tempo semanal de que um professor da rede pública dispõe.

LIVRO B

A proposta de atividade do eletroscópio no livro B é bastante distinta da do livro A. Sua leitura revela tarefas que a caracterizam nas categorias de montagem, investigação, demonstração e verificação. O livro propõe a montagem de um eletroscópio lúdico, mas o utiliza tanto para verificar conceitos já apresentados, como interação a distância e eletrização, como também para investigar outros ainda não estudados, como indução e aterramento. Poderia se argumentar que até na categoria cotidiano a atividade estaria alocada, uma vez que o texto faz o paralelo do aterramento do eletroscópio com a corrente dependurada no caminhão. No entanto, consideramos que relações apenas exemplificadas, sem tarefas que as acompanhem, não são suficientes para tal categorização. A proposta oficializa os conceitos de *condutor* e *isolante* com base nos fenômenos observados durante a realização da atividade, exemplificando-os com dispositivos presentes no cotidiano do estudante, como a borracha que

encapa os cabos de alicates e chaves de fenda, entre outros. Porém, conforme mencionado, a relação com o cotidiano fica no nível da exemplificação, sem uma proposta de tarefas para acompanhá-la.

Diferentemente do ocorrido no livro A, no qual o impacto visual e enigmático do efeito Edison faz o papel de uma alteração atraente para o estudante, no livro B não está claro como o professor prenderia a atenção do aluno caso escolhesse a atividade do eletroscópio como pano de fundo para uma situação-problema.

As tarefas de investigação presentes na atividade proposta são um pouco limitadas em seu potencial. Com a exceção de oficializar os conceitos de condutor e isolante e de exemplificá-los com o fenômeno do aterramento e da Terra como grande armazenador de carga, elas servem apenas para explicar e verificar o que ocorre com o próprio eletroscópio, baseando-se nos conceitos já estudados de eletrização e interação a distância e não, por exemplo, para aprofundar o conceito de indução.

A explicação do funcionamento do eletroscópio aparece como exercício resolvido depois da proposta da atividade, e é seguido por outros exercícios que, em tese, poderiam compor parte das tarefas da situação-problema. Todavia, a quantidade de exercícios propostos é inferior à que aparece no livro A e não existe, assim como naquele, o cuidado em trazer o contexto científico-histórico do equipamento ou das primeiras experiências feitas com o ele, o que é curioso, já que, conforme mencionado, esse livro tem um apelo histórico muito forte, bem mais intenso do que o do livro A.

Assim como ocorre com o livro A, não existe um indicativo do que poderia ser usado como obstáculo de aprendizagem e que pudesse ser objeto de superação em uma possível situação-problema. Em contrapartida, o texto de proposta da atividade traz (para o professor, em quinta cor) orientações bem mais específicas quanto às técnicas de montagem para o equipamento. Como exemplo, podemos citar uma dessas passagens: *Professor, é indiferente o contato do papel de bala de coco com o colchete ou com o cartão acetinado.*

O Manual do Professor apresenta um conjunto de habilidades que, a princípio, tem ligação com esse primeiro capítulo sobre Eletrostática, entretanto,

não está especificado quais delas poderiam ser trabalhadas na atividade do eletroscópio. Como dissemos, esse livro faz a relação do funcionamento e dos materiais utilizados no eletroscópio com dispositivos e situações diversas do mundo vivencial do aluno, mas não indica ao professor uma maneira de usar os exemplos para treinar a transferência de conteúdos entre contextos distintos.

A forma como a atividade é proposta, assim como as tarefas a ela relacionadas, indica claramente a possibilidade de ser conduzida em grupo. Como exemplo, citamos a passagem: *Discuta com os seus colegas o que aconteceu em ambos os casos.*

Segue abaixo uma análise comparativa entre os livros que ajuda a entender o que lhes falta para que se caracterizassem como fontes de recurso ao tipo de planejamento proposto em nossa pesquisa.

ANÁLISE COMPARATIVA

Nenhum dos dois livros deixa clara a preocupação com a seleção dos conteúdos, talvez com o argumento implícito de que é tarefa do professor selecionar aquilo que julga relevante trabalhar com os seus alunos. Contudo, não indicam critérios para tal seleção, e dificilmente o professor conseguirá cumprir por completo o programa proposto no capítulo de Eletrostática, tendo em vista a quantidade semanal de aulas de que dispõe.

Na atividade experimental analisada, sobre o eletroscópio, apenas o livro B faz uma breve alusão a outras áreas do conhecimento, quando cita ser o corpo humano um condutor de eletricidade e que, assim, serviria para o aterramento do eletroscópio. Embora seja uma citação com potencialidades transversais claras em relação à Biologia, o texto não explora o exemplo, deixando-o apenas como citação, sem, por exemplo, orientar como poderia ser explorado na perspectiva biológica.

Como comenta Medeiros (2002) no artigo anteriormente citado, a atividade experimental do eletroscópio é momento bastante indicado para se explorarem características fundamentais da História da Ciência e que não foram exploradas em nenhuma das propostas analisadas. Uma das características destacadas por Medeiros é a de que as observações dos fenômenos (no caso, aqueles

associados ao uso do eletroscópio) estiveram sempre carregadas de pressupostos teóricos. A outra diz respeito ao fato de que muitos dos modelos teóricos microscópicos da Eletrostática foram inspirados pelas observações fenomenológicas dos experimentos, ou seja, não foi o modelo criado para explicar o fenômeno observado no experimento, mas, ao contrário, a observação confirmou ou não os pressupostos teóricos, contribuindo então para a aceitação dos modelos teóricos, principalmente da estrutura atômica da matéria. Medeiros comenta ainda que a distribuição sequencial dos conteúdos no livro – o que aprendemos com Alves Filho (2000b) ser fruto da fragmentação e da neutralização impostas pela transposição didática – favorece uma visão distorcida da construção do conhecimento científico, problema que, segundo ele, poderia ser sanado (pelo menos parcialmente) com um uso adequado e aprofundado da atividade do eletroscópio.

Pelo exposto, concluímos que o experimento do eletroscópio é um exemplo de experimento – e acreditamos que seja o caso de muitas outras atividades propostas – que, a princípio, apresenta um grande potencial para ser explorado no contexto de uma situação-problema e, desse modo, subsidiar um ensino de qualidade. Todavia, a forma como é apresentado no livro torna o planejamento muito trabalhoso para o professor. Pela simples análise que fizemos para o caso da atividade do eletroscópio, já é possível concluir que o professor deverá dispendar horas para elaborar um planejamento consistente de uma situação-problema centrada nessa atividade. Tal constatação nos causa uma sensação de lástima, pois a nossa crença é de que o eletroscópio poderia contribuir muito para o ensino de Física. Medeiros compartilha dessa crença, o que podemos observar na passagem:

Instrumentos de aparências singelas, como um eletroscópio, por exemplo, encerram em suas próprias construções um arsenal de conceitos físicos fundamentais, cuja discussão muito poderia contribuir para uma melhor compreensão da Eletricidade. (MEDEIROS, 2002, p. 353).

Ele chega até mesmo a sugerir, na mesma página citada, algumas tarefas pouco exploradas durante a abordagem da atividade experimental do eletroscópio, que são resumidas a seguir:

- Quais as condições necessárias para que o processo de atrito possa efetivamente ocasionar a eletrização? Qualquer par de materiais se eletriza por atrito? Para que ocorra a eletrização, o atrito pode ser feito em qualquer ponto do objeto? As condições climáticas influenciam o processo de eletrização por atrito?

Vale dizer que o artigo de Medeiros é uma fonte promissora de ideias e conteúdos para os professores que pretendem elaborar o planejamento de uma situação-problema centrada na atividade experimental do eletroscópio, em particular para aqueles que desejam reconstruir o percurso epistemológico do saber relacionado com a história desse equipamento. Por fim, convém destacar que a reconstrução histórica da atividade revelaria os obstáculos que, aos poucos, tiveram de ser superados para a construção conceitual desse dispositivo. Portanto, a investigação histórica permite inferir potenciais obstáculos para a aprendizagem do aluno, essenciais para o êxito de uma situação-problema. O próprio Medeiros indica alguns dos obstáculos epistemológicos da época, que, se conhecidos e analisados pelo professor, poderiam também representar obstáculos de aprendizagem para o aluno. Como exemplos retirados do artigo, podemos citar: a crença de que existem objetos que têm a propriedade (ou a virtude) de serem elétricos e outros não, obstáculo que, com o tempo, foi substituído pela ideia de fluido elétrico passando de um para outro objeto, ou seja, a eletricidade não seria propriedade do objeto, mas do objeto que contivesse tal fluido. A ideia de fluido também representou um obstáculo na ciência e poderia, eventualmente, estar presente também nos esquemas cognitivos dos nossos alunos.

Ora, é certo que os livros didáticos não foram idealizados, pensados ou concebidos para professores que almejam planejar situações-problema, principalmente o tipo particular defendido em nossa pesquisa, de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental. Portanto, é perfeitamente plausível o argumento de que o livro não teria a obrigação de fornecer os elementos necessários a um planejamento de uma situação-problema desse tipo. De fato, já “aprendemos” nesta dissertação, com a ajuda de Perrenoud e Perrenoud et al., que situações-problema não serão apresentadas em nenhum livro; o professor é quem deverá criá-las e, para isso, deverá buscar tudo aquilo que falta no livro. Mas essa conclusão não invalida a nossa análise, pois esta, até

certo ponto, serve também para o planejamento de situações-problema não centradas em atividades experimentais. Além disso, a nossa crença é de que o ensino tem muito mais a ganhar quando a atividade experimental é modulada a uma situação-problema; caso contrário, não teríamos realizado a pesquisa. Finalmente, não há como negar que o livro didático ainda é o protagonista do planejamento do professor, sendo a principal fonte de ideias e conteúdos para trabalhar a transposição didática interna e “transformar” o saber a ensinar em saber ensinado.

Já os periódicos de ensino e educação costumam apresentar em seus artigos um amplo leque de recursos e, muitas vezes, dispor conteúdos que favorecem a elaboração de um planejamento mais bem fundamentado se comparado ao oferecido pelo livro didático. Isso se deve, a nosso ver, ao fato de eles não estarem comprometidos com a estrutura rígida dos livros e, além disso, ao fato de os autores dos artigos, de forma geral, serem pesquisadores de vanguarda em ensino. Sendo assim, tais artigos trariam o resultado da aplicação de estratégias inovadoras. Por isso, é mais frequente encontrar propostas que se ajustam com maior facilidade a um ensino moderno, não sujeito às amarras do ensino tradicional. Motivados por esses argumentos, como último passo, analisamos propostas de atividades encontradas em dois artigos de periódicos destinados ao ensino de Física.

5.3.4. A escolha e a análise dos artigos

Os critérios usados para a seleção dos dois artigos foram: a publicação em periódico reconhecido pela comunidade acadêmica e que os artigos trouxessem abordagens totalmente distintas.

Os artigos selecionados para a análise foram:

A) “ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE DEMONSTRAÇÃO EM SALA DE AULA: UMA ANÁLISE SEGUNDO O REFERENCIAL DA TEORIA DE VYGOTSKY.” *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005. Autores: Alberto Gaspar e Isabel Cristina de Castro Monteiro.

B) “O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA.” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, São Paulo, v. 20, n. 1, 2003. Autora: Dra. Marie-Geneviève Séré.

ARTIGO A

Os autores analisam o papel das atividades experimentais de demonstração, defendendo sua presença no ensino. Eles justificam o seu uso a partir de conceitos da teoria sociocultural de Vygotsky e avaliam os resultados de um estudo de caso conduzido em sala de aula.

Os autores defendem o tipo de atividade demonstrativa com base, principalmente, no impacto cognitivo que provocam naqueles que a assistem:

Vistas como pedagogicamente inócuas pelas teorias que centram na atividade do aluno a construção do seu conhecimento, o impacto que essas demonstrações provocam nos seus visitantes em ambientes informais, tanto do ponto de vista cognitivo como o da aprendizagem de conceitos, indicam que essa atividade pode ser pedagogicamente válida e significativa também em sala de aula. (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p. 227).

Também apontam vantagens da atividade experimental de demonstração em relação aos demais tipos:

[...] alguns fatores parecem favorecer a demonstração experimental: a possibilidade de ser realizada com um único equipamento para todos os alunos, sem a necessidade de uma sala de laboratório específica, a possibilidade de ser utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual que está sendo trabalhada e, talvez o fator mais importante, a motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem. (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p. 227).

Os autores argumentam que uma das principais características do sociointeracionismo de Vygotsky é o pressuposto de que as concepções adquiridas pelas crianças no dia a dia ganham sentido quando compartilhadas com um parceiro mais capaz. No entender dos autores, a demonstração de experimentos por um professor ajuda a “simular” o mundo observado pelo aluno, mas com a vantagem de o aluno ter ao seu lado um mediador capaz de transmitir os significados e as explicações das experiências por ele vividas. Eles argumentam que o desenvolvimento de uma tarefa, de acordo com a teoria da interação social, deve necessariamente ter a parceria de ao menos um membro

capaz de realizá-la sozinho. Isso justificaria a necessidade da presença do professor acompanhando a demonstração da atividade.

O autor ainda cita Vygotsky para afirmar que o desenvolvimento por meio de colaboração, para este pensador, poderia se dar por imitação:

[na criança] o desenvolvimento decorrente da colaboração via imitação, o desenvolvimento decorrente da aprendizagem é o fato fundamental. [...] Porque na escola a criança não aprende o que sabe fazer sozinha, mas o que ainda não sabe fazer e lhe vem a ser acessível em colaboração com o professor e sob sua orientação (VYGOTSKY, 2001, apud GASPAR; MONTEIRO, 2005, p. 233).

Sendo assim, para Gaspar e Monteiro, estaria nas mãos do professor, durante as atividades experimentais de demonstração, a tarefa de destacar o que deve ser observado e apresentar o modelo teórico a fim de que seu aluno aprenda, também, por imitação.

Os autores observam que a demonstração deve ser planejada e que o discurso que a permeia deve atentar à linguagem utilizada, aos destaques, às pausas e às perguntas realizadas durante a mediação.

Por fim, eles analisam duas atividades de demonstração quando efetivamente utilizadas em sala de aula. Uma delas é o famoso *espelho miragem* e o seu porquinho e a outra, a não menos famosa experiência da água que não cai quando no interior de um copo virado de cabeça para baixo e tampado por uma fina folha de papel. Utilizam questionários para aferir os resultados e comparar com as suas hipóteses. Nos resultados, citam que muitos alunos, após a demonstração, apresentaram melhoria no seu vocabulário científico, no seu interesse pela Física e nas respostas dadas às perguntas do questionário que cobravam o conteúdo trabalhado no experimento.

Finalmente, os autores chamam a atenção para a insuficiência desse tipo de atividade experimental:

[...] mas é importante destacar que a demonstração experimental em sala de aula não é um recurso pedagógico autossuficiente – como reiteradamente afirmamos ao longo deste trabalho, ela depende da ação do professor, de sua capacidade de fazê-la funcionar adequadamente e de torná-la um elemento desencadeador de interações sociais profícuas. (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p. 249).

A seguir, analisaremos a viabilidade de uma proposta como a evidenciada por Gaspar e Monteiro (que, aliás, se enquadra em nossa categoria de demonstração) se adequar ao planejamento modulado por nossa pesquisa, ou seja, do uso didático de uma atividade experimental inserida em uma situação-problema. Para isso, utilizaremos os questionamentos levantados na seção 5.2 e os respectivos pressupostos teóricos que deram origem a esses questionamentos.

Os autores apontam fatores que justificariam o uso da atividade experimental do tipo demonstrativa em sala de aula, dentre eles: “[...] a possibilidade de ser utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual que está sendo trabalhada”. A nosso ver, essa é uma justificativa enquadrada na categoria *funcional* de Laburú, que explica a inserção da atividade experimental em termos de sua operacionalidade e não em relação a sua potencialidade para o ensino. É difícil imaginar como a não quebra de continuidade favoreceria a aprendizagem. Parece mais uma justificativa dada pelo professor que sente a falta de tempo de incorporar atividades experimentais em suas aulas. Se esse é o caso, não há dúvida de que uma atividade que utiliza apenas um equipamento e que se adapta à exposição do professor parece uma saída sensata. No entanto, isso não resolve (na nossa maneira de entender a situação) a questão da qualidade do ensino, que deveria ser aprofundado, em nossa opinião. Acreditamos que uma solução para a falta de tempo, também parcial, mas que contribui para um ensino mais aprofundado, seja a seleção de conteúdos, conforme destacamos no primeiro tópico de nossa lista de questionamentos. É preciso dizer, contudo, que estamos cientes de ser esta uma questão que aflige e atrapalha o ensino de Física de qualidade, e cuja solução definitiva envolve decisões coletivas do governo, da sociedade e da instituição docente.

Outro fator que os autores apontam como justificativa é o do impacto: “[...] a motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem”. Este é um ponto com o qual já concordamos durante a análise da categoria de demonstração: de fato as atividades desse tipo são capazes de prender o interesse do aluno. Entretanto, na ocasião em que analisamos essa categoria, argumentamos que prender o interesse do aluno, apesar de

necessário, é uma condição insuficiente para um ensino duradouro. Com base na nossa revisão teórica, defendemos que a alteração sedutora produzida pelas atividades de demonstração deveria ser usada para comprometer o aluno com o processo de ensino, ou seja, com o tempo que ele deverá dispende para desenvolver habilidades. Pelo nosso entendimento do artigo de Gaspar e Monteiro, eles defendem o despertar de interesse como peça-chave para que o aluno preste atenção ao discurso do professor, que então lhe mostraria o sentido e o significado das experiências vividas em seu dia a dia. Porém, a explicação dada pelo professor – parceiro mais capaz – é útil para que o aluno vislumbre uma lógica naquilo que antes não via; mas perceber lógicas, de acordo com o entendimento que temos do conceito de campos conceituais, não é sinônimo de aprender, mas sim de entender; aprender de forma aprofundada e significativa é, para nós, sinônimo de ser capaz de mobilizar o saber aprendido por meio de habilidades, o que se consegue com dedicação e tempo, e não assistindo passivamente a exposições. Com isso não estamos querendo dizer que não deve haver a exposição do professor, mas que ela deve estar inserida no conjunto de atividades que o professor planejou previamente e que, no todo, criam uma atmosfera propícia ao desenvolvimento de habilidades e à aprendizagem significativa. Também acreditamos, como defendem os autores, que o ensino deva ocorrer na presença de um parceiro mais capaz; não acreditamos é que esse personagem tenha como função mais importante a de explicar e atribuir significado para os fenômenos e as situações do mundo vivencial do aluno. A nosso ver, o professor tem tarefas mais complexas, já que defendemos o uso da atividade experimental no contexto de uma situação-problema, considerando também tarefas do professor a de planejar situações que favoreçam o desenvolvimento de habilidades e a de reestruturar a transposição didática dos saberes em novas organizações praxeológicas, reconstrução que considere as práticas sociais e a visão histórica do conhecimento científico.

Resumindo, parece-nos que a proposta dos autores é uma maneira de contornar os problemas atuais do ensino de Física, o que, sem dúvida, tem muito mérito, já que os professores precisam de paliativos para os obstáculos com que deparam em seu dia a dia de profissão. Contudo, acreditamos que a nossa proposta vá muito além de arranjar um meio para consertar aquilo que não está

certo. Entendemos as situações-problema e o ensino por competências efetivado por meio de atividades experimentais uma saída promissora para um ensino de Física de qualidade, ou seja, uma solução e não um paliativo; porém, uma solução que precisa caminhar lado a lado com reestruturações radicais tanto na organização das aulas como na forma de agir e pensar de alunos e professores.

ARTIGO B

Séré analisa diferentes abordagens que poderiam veicular uma atividade experimental sobre a lei de Snell-Descartes. O material experimental utilizado é constituído por uma fonte de luz com uma fenda vertical, um disco graduado que pode girar em torno de um eixo central e um dióptro plano de formato semicilíndrico em acrílico, montagem comum em aulas experimentais e em exames de vestibular. A autora comenta que os cuidados de montagem do equipamento quase nunca são explicitados aos alunos, o que também relatamos nesta dissertação como a falta de explicitação das técnicas que servem para realizar as tarefas de montagem.

Séré afirma que a experiência mais frequente que usa esse equipamento é a de comprovar a lei de Snell-Descartes, o que a enquadraria em nossa categoria de verificação, pois serviria, nessa situação, para o aluno validar aquilo que já foi apresentado a ele. Ela comenta outras maneiras de realizar essa atividade, com a participação ativa dos alunos. Em um primeiro momento que coloca o aluno em ação, o grupo é instruído a realizar as medições dos ângulos, pesquisar o valor dos respectivos senos, preencher uma tabela dada em um roteiro e, com essas informações, verificar a relação de constância que traduz a lei de Snell-Descartes. A atividade, nessa situação, pode ser usada para aprendizagem ou comprovação da lei, mas fica limitada à escolha prévia dos valores dos ângulos listados na tabela dada; além de limitar-se também pelo equipamento, fornecido de antemão ao grupo, o que inviabiliza a discussão da adequação do equipamento aos objetivos traçados. De qualquer forma, como requer uma participação ativa do aluno, a atividade poderia ser classificada como investigativa na dimensão didática e, portanto, uma abordagem favorável ao desenvolvimento de habilidades cognitivas e de atitudes. Além disso, é visível a presença de tarefas que tornam a atividade também quantitativa, dado que o aluno deve chegar à lei por meio de

cálculos. Sér ressalt, no entanto, que nesse primeiro momento de participao dos alunos, no solicitada a tarefa de ajuste dos dados nem os procedimentos relativos montagem ou o preparo do equipamento, priorizando as partes terica e conceitual. Assim, o aluno no precisa refletir sobre a pertinncia dos dados nem avaliar o procedimento escolhido, j que os valores dos ngulos e o material usado foram dados *a priori*.

Outra abordagem que Sr comenta ser possvel aquela que se destina comparao de modelos de comportamento, mas ainda com vista comprovao ou aprendizagem da lei de Snell-Descartes. Nesse caso, o aluno escolhe os ngulos que deseja medir, com a recomendao de uma quantidade mnima de medies. Depois das medies, ele convidado, por meio de perguntas, a discutir e analisar os dados coletados. A participao do aluno, nessa abordagem, muito mais ativa, o que requer maior tempo para a realizao da atividade. Ainda seria classificada como atividade investigativa, diferenciando-se apenas pelo grau de envolvimento do aluno, que requisitado a realizar tarefas mais complexas.

Em uma prxima abordagem analisada por Sr, o aluno tem por objetivo determinar o ndice de refrao do acrlico e a respectiva exatido desse valor, e faz isso por dois mtodos distintos: por refrao e por reflexo total da luz. O aluno ento convidado a refletir sobre os resultados e a levantar argumentos a favor ou contra cada um dos mtodos. Nesse caso, a teoria j est dada e o papel do aluno simplesmente utiliz-la para avaliar mtodos experimentais distintos. Assim, diramos que esse arranjo valoriza o desenvolvimento de habilidades do mtodo experimental, pois o professor pretende familiarizar o aluno com o processo de medio, como pode ser observado em alguns exemplos das tarefas requisitadas: *Mea o ngulo de refrao*; *Mea o ngulo-lmite*; *Registre na tabela o valor encontrado*; *Compare a disperso dos resultados encontrados*; etc.

A ltima abordagem levantada por Sr coloca o aluno como protagonista da atividade, pois ele deve escolher o seu prprio arranjo experimental. Ele mesmo julga qual ser a maneira de atingir o objetivo final que, no caso exemplificado pela autora, era medir o ndice de refrao da gua. Ao aluno apresentado um conjunto de cubas de formatos diferentes e ele deve selecionar a

que deseja utilizar, com base no julgamento, discutido em grupo, sobre qual delas será a mais eficiente para atingir o objetivo posto. Sér afirma que esse tipo de proposta costuma surpreender o professor, que percebe dvidas aparentemente ingnuas, mesmo daqueles alunos que mostram maior comprometimento com o ensino. Alm disso, esse tipo de abordagem, de acordo com ela, requer mais tempo de dedicao e costuma resultar em aprendizagens mais aprofundadas.

Em suas concluses, Sr aponta como sendo a unio coerente das abordagens descritas a tnica que deveria conduzir o uso da atividade experimental no ensino, conforme suas prprias palavras:

Pretende-se que, uma vez definidos e fixados cuidadosamente os objetivos, seja possvel conceber e realizar experimentos sob diferentes abordagens [...] Supe-se que seja esta uma forma de alcanar um objetivo suplementar novo e no clssico: o de ajudar o aluno a adquirir uma boa imagem das cincias. (SR, 2003, p. 41-42).

Nessa passagem de concluso de seu artigo, Sr, ao contrrio do que se poderia esperar, admite as diferentes abordagens como complementares e necessrias ao ensino, posio com a qual concordamos plenamente.

A discusso apresentada pela autora aponta tanto para aspectos que corroboram alguns dos nossos resultados, como tmbm deixa margem para que defendamos a pertinncia de outros, uma vez que ela reconhece a necessidade das diferentes abordagens, se usadas em harmonia com os objetivos (cuidadosamente) selecionados, mas desconsidera pontos destacados pelos nossos questionamentos. Talvez no fosse seu objetivo refletir sobre o contedo dos questionamentos que trazemos em nossa pesquisa, por exemplo:

Como tornar a atividade experimental – esteja ela revestida com a abordagem que estiver – sedutora na viso do aluno? No caso deste experimento em particular, qual abordagem parece ser mais eficiente em prender o interesse do aluno? Qual das abordagens favorece o desenvolvimento de quais habilidades? Qual prtica social de referncia deve orientar as tarefas da atividade para que ela tenha sentido para o aluno? Existe uma prtica social conhecida do aluno que facilite a correspondncia com esta atividade experimental? Qual das abordagens deste mesmo experimento favorece a habilidade de transferncia entre contextos ou a incluso de temas transversais? Qual um obstculo que poderia ser

escolhido como obstáculo de aprendizagem a ser superado pelo aluno? Qual das abordagens é a mais propícia para a inclusão desse obstáculo? A reconstrução do percurso histórico deste experimento contribui para uma visão mais pertinente da ciência? etc.

Em síntese, acreditamos que muito ainda se tem para compreender quando o assunto é o uso de atividades experimentais em ensino, sendo que a investigação das diferentes abordagens pelas quais elas podem ser utilizadas é um aspecto importante, mas que deve caminhar de mãos dadas com uma análise mais detalhada e aprofundada da proposta da atividade em si; uma análise que avalie a possibilidade de ela ser usada no contexto de uma situação-problema. Cremos que a inserção em situações-problema, nos moldes sugeridos por nossa pesquisa, tornam-na mais atraente para os alunos e aumentam a chance de uma aprendizagem mais efetiva, que incorpora, de forma consciente, o desenvolvimento de habilidades.

6. CONCLUSÕES

Uma conclusão que foi tomando forma durante a reflexão comparativa entre as organizações praxeológicas e habilidades e competências é de que, aparentemente, nem toda atividade humana regular é passível de descrição por meio de um corpo organizado de saber, como pressupunha Chevallard. Ou, pelo menos, tal descrição parecia incompleta em alguns casos. Tomemos o exemplo do futebol. Será que existem técnicas que descrevem como realizar a tarefa de fazer jogadas bem-sucedidas? Uma primeira impressão é a de que entram em cena atores que não se alocam a nenhum dos quatro elementos de uma organização praxeológica, mas que têm uma relação direta com o *saber fazer*; fatores como cooperação, inventividade, criatividade e, finalmente, habilidades, determinantes no cumprimento da tarefa de realizar uma boa jogada, mas que, no nosso entender, não podiam ser alocados nas praxeologias de Chevallard. Contudo, percebemos, pela leitura de Chevallard (2005), que ele considerava, sim, tais fatores como pertencentes às organizações praxeológicas, apesar de não termos encontrado nenhum texto no qual ele se aprofundasse no assunto. Por esse motivo, preferimos supor, como dissemos na seção 5.2, que as habilidades, no ensino, eram ações praticadas pelo emprego das técnicas contidas nas organizações praxeológicas.

Vimos que a categorização de uma atividade experimental pode ser realizada tanto em âmbito social quanto didático, e que uma maneira de fazer isso é relacionando a atividade com o conjunto de tarefas a ela atrelado. Se a dimensão didática é muito discutida em artigos acadêmicos, a dimensão social parece ser pouco explorada. Entendemos a determinação do contexto social como um caminho de conscientização valioso, pois a partir dele o professor reconstrói o percurso do saber relacionado ao equipamento ou à experiência e, assim, levanta elementos que ajudam a promover uma visão histórica da ciência em suas aulas. A busca pelo contexto social da atividade exige que o professor identifique a prática social de referência que mais se adéqua àquela atividade em particular, cujas instituições trabalham com organizações praxeológicas que contêm tarefas passíveis de serem moduladas e adaptadas para o ensino.

Concluimos que é possível e desejável a existência de situações-problema centradas em atividades experimentais, pois as condições para a realização da primeira se adaptam com naturalidade às características da segunda. Além disso, a situação-problema, pela condição de ser enigmática e atraente para o aluno, é, em nossa opinião, um dos meios mais eficientes em prender sua atenção por um longo período de tempo; nós consideramos a atividade experimental, por seu turno, como a estratégia com maior potencialidade em requisitar do aluno a aplicação de técnicas que ajudam a desenvolver habilidades cognitivas, de atitudes e experimentais, ao mesmo tempo que colabora para um domínio conceitual aprofundado. Assim, no nosso entender, essa aliança traz um benefício maior do que se fossem empregadas separadamente. Vimos também que essa união, por demandar o repensar da transposição didática com base em práticas sociais reconhecidas pelos alunos, traz a vantagem de se tornar uma situação que, apesar de didática, é representativa na visão do aluno, já que seu contexto lhe é familiar, o que facilita a atribuição dos significados aos saberes em jogo. Lembrando que, detectada a ponte com a prática social presente no cotidiano do aluno, o professor ainda terá o trabalho de familiarizar-se com as organizações praxeológicas das instituições que exercitam a prática escolhida e de repensar a transposição didática com o objetivo de elaborar organizações praxeológicas didáticas que incluem tarefas análogas (mas em menor grau de dificuldade) às tarefas das instituições que dominam a organização praxeológica da referida prática. Vimos que tais tarefas devem conter obstáculos na medida certa para que o aluno não desista de internalizar a alteração como uma perturbação e não esmoreça ao procurar a regulação durante todo o processo da situação-problema. Finalmente, as tarefas devem caracterizar a atividade na categoria que favoreça o desenvolvimento das habilidades objetivadas pelo professor, lembrando não existir, na nossa opinião, uma abordagem mais apropriada do que outra, mas, antes, aquela que mais se adéqua ao objetivo-obstáculo prévia e cuidadosamente selecionado.

Paralelamente às conclusões delineadas acima, constatamos que os livros didáticos não distribuem seus conteúdos nem criam suas seções pensando na completude das organizações praxeológicas, tampouco que o professor poderá utilizá-lo para planejar situações-problema. Além disso, observamos que a maioria

das atividades experimentais é de demonstração ou de verificação. Tais escolhas talvez reflitam a crença de que comprovar os conceitos e leis apresentados no livro por meio de atividades de forte impacto visual seja uma maneira de conseguir a atenção do aluno durante a aula ou durante o curso como um todo. As categorias eleitas pelos autores (demonstração e verificação), no entanto, quando usadas com um fim em si mesmas, não se configuram em uma via à aprendizagem de leis e conceitos, mas em uma forma de confirmar o que está escrito no livro, quer o aluno tenha aprendido ou não.

Vimos também, com base na análise detalhada de dois artigos selecionados e de outros citados ao longo da dissertação, que, em tese, as propostas de atividades experimentais encontradas em periódicos acadêmicos são mais completas do que aquelas presentes nos livros didáticos, mas que, ainda assim, elas não apresentam conteúdo suficiente para que o professor (ou a instituição de professores) planeje situações-problema a partir delas. Em outras palavras, o professor deverá ter um trabalho intenso de investigação, pesquisa e muita criatividade para colocar em ação os elementos teóricos levantados em nossa pesquisa e de fato planejar o tipo de situações que propusemos. As pesquisas que tivemos a oportunidade de ler avaliam os tipos de enfoque, abordagem, objetivos etc. que se pode atribuir a uma atividade experimental, contudo, não analisam o saber necessário para se planejar a sua inclusão em uma situação de sala de aula. Elas não respondem às perguntas: O que o professor daquela turma em particular deverá saber caso deseje usar essa atividade em suas aulas? O que ele deverá investigar? Como deverá organizar os conteúdos relativos a essa atividade? Enfim, perguntas a que nossa pesquisa se esforçou em responder. Certamente, respostas parciais, mas confiamos que sejam elucidativas e que confortem parte da angústia intelectual dos professores que se empenham em utilizar atividades experimentais, porém se sentem desamparados teoricamente para fundamentar o seu planejamento.

O mapa conceitual a seguir ajuda a ilustrar como se relacionam os principais resultados de nossa pesquisa:

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os fatores que influenciam a relação didática, o perfil cognitivo e comportamental da turma de alunos tem um papel determinante na viabilidade ou não do emprego de uma situação-problema centrada em uma atividade experimental. Assim, um mesmo planejamento pode dar certo em uma turma e em outra não. As diferentes realidades tornam o uso da situação-problema no ensino uma questão complexa: não existe, e, pelo que vimos, não há como existir, um manual ou livro didático com um conjunto de situações-problema prontas para o professor aplicar. Este (ou o corpo docente da escola) deverá se encarregar de elaborar as situações-problema centradas em atividades experimentais mais condizentes com o seu grupo de alunos. Essa adequação deve considerar características cognitivas e sociais da turma, como: pré-requisitos, cultura de estudo, práticas sociais presentes na comunidade, tempo programado para a dedicação individual e coletiva e outras.

Vale dizer que o emprego eficiente de situações-problema (centradas ou não em atividades experimentais) não é tarefa simples para um professor isoladamente e mesmo para a ação coordenada de todo o corpo docente da escola. Como mencionamos nos capítulos de introdução e justificativa desta dissertação, várias são as causas dessa dificuldade. Vimos com Perrenoud que mudanças complexas na estrutura da escola e das aulas deveriam ser levadas a cabo. Isso sem contar a inércia cultural da comunidade, dos pais e dos próprios alunos, que esperam aulas tradicionais e costumam resistir a mudanças que demandam esforço, dedicação e aquisição de novos hábitos, principalmente quando não conseguem perceber vantagens imediatas para tal mudança.

A despeito do cenário desestimulante em que a educação brasileira se encontra atualmente, esperamos que a nossa pesquisa contribua com os professores que de fato planejarão o emprego, em suas aulas, de situações-problema centradas em atividades experimentais. Com os elementos analisados e discutidos, acreditamos ter apontado um caminho teórico para a elaboração desse planejamento e, com isso, imaginamos que o professor sinta-se mais bem amparado para se “entregar” a um ensino diferenciado, e não o faça por um impulso ou modismo, mas porque tomou consciência dos benefícios que ele

poderá trazer para a aprendizagem dos seus alunos. De nada adianta se aventurar em estratégias de ensino modernas por resposta a um entusiasmo circunstancial, gerado pela novidade e pela ilusão de uma saída fácil para os problemas enfrentados. A aplicação eficiente de atividades experimentais com vista ao desenvolvimento de habilidades passa por planejamento e preparo complexos, que demandam, do professor, mais do que ele espera do seu próprio aluno. O seu empenho em conhecer práticas da sociedade, investigar contextos históricos, aprender conceitos de outras disciplinas, correr “riscos” durante as aulas (risco de as coisas saírem do usual controle), deverá ser impulsionado por um desejo de fazer diferente, de dar o melhor de si pelo seu aluno, de entender que alguém deverá dar o primeiro passo. Coragem: sem ela não há como se aventurar na jornada de criar um ambiente favorável à aprendizagem que realmente prepara o aluno para lidar com as adversidades da vida. Temos então uma situação-problema colocada ao professor: que esta dissertação cause a alteração necessária para encorajá-lo a dar os passos seguintes, e que a sua regulação seja plena quando sentir a possibilidade de um novo cenário educacional ser criado, em nível micro, a partir de suas aulas.

Finalmente, convém observar que nem as categorias por nós concebidas nem os questionamentos que orientam a elaboração do planejamento de atividades experimentais centradas em situações-problema pretendem representar uma ferramenta teórica definitiva para o professor, mas apenas servir como sugestão de um caminho de reflexão com sustentação teórica para se pensar o uso de tais atividades. Por esse motivo, esperamos que o nosso trabalho seja objeto de pesquisas futuras, em que seus resultados sejam postos à prova, e então discutidos, repensados, aprimorados para que, com isso, consigam atender mais e melhor às necessidades dos professores de Física. Muito ainda deve ser pesquisado acerca de situações-problema centradas em atividades experimentais. Em particular, o estudo de casos reais deverá trazer resultados que ajudem a validar ou a rejeitar algumas das ideias colocadas e, assim, introduzir novos elementos para que alcancemos um meio teórico cada vez mais consolidado para o planejamento desse ensino diferenciado. Além do estudo criterioso de casos, seriam bem-vindos depoimentos informais de professores que usaram os nossos questionamentos ou partes de nossos resultados para

estruturar seus planos de aula. Certamente, resultados advindos de planejamentos sérios, sugestões de situações-problema, comentários sobre atividades experimentais que se adequaram bem a situações-problema serão todos acolhidos, analisados, estudados e incorporados às pesquisas futuras que pretendemos realizar.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J. P. *Atividades experimentais: do método à prática construtivista*. 2000. 302 f. Tese (Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2000b.

_____. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-182, ago. 2000a.

ARAÚJO, M. S. T. D.; ABIB, M. L. V. D. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

ASTOLFI, J. P. El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 2, p. 147-155, 1988.

_____; DEVELAY, M. *A didática das ciências*. Tradução de Magda Sento Sé Fonseca. Campinas: Papirus, 1995.

_____. *A didática das ciências*. Tradução de Magda Sento Sé Fonseca. Campinas: Papirus, 2011.

BARBE, J. et al. Didactic restrictions on the teacher's practice: the case of limits of functions in Spanish high schools. *Educational Studies in Mathematics*, v. 59, n. 1-3, p. 235-268, 2005.

BIANCHI, A. *Pequeno e despretensioso guia para confecção de projetos de pesquisa*. São Bernardo do Campo: Ed. da Unesp. Disponível em: <<http://demotu.org/aulas/metodologia/ModelodeProjetodePesquisa.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2012.

BRASIL. Lei n. 4 024, de 20 de dezembro de 1961. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=102346>>. Acesso em: set. 2012.

_____. Lei n. 5 692, de 11 de agosto de 1971. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=102368>>. Acesso em: set. 2012.

_____. Lei n. 9 394, de 20 de dezembro de 1996. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=102480>>. Acesso em: set. 2012.

_____. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: set. 2012.

_____. *PCN, PCN+, Bases Legais*. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12598%3Apublicacoes&Itemid=859>. Acesso em: set. 2012.

BOAS, N. V.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. *Tópicos de Física*. São Paulo: Saraiva, 2010. v. 3.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora. (Coleção Ciências da Educação, v. 12), 1994.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R. *Como as pessoas aprendem: cérebro, mente, experiência e escola*. Tradução de Carlos David Szlac. São Paulo: Senac, 2007.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física moderna? *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.

BROUSSEAU, G. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Reserches en Didactique des mathématiques*, Grenoble, v. 7, n. 2, p. 33-115, 1986.

CAILLOT, M. *La Théorie de la transposition didactique est-elle transposable?* In Au-delà des didactiques, le didactique. Débats autour de concepts Fédérateurs. De Boeck & Larcier, p. 19-35, Paris, Bruxelles, 1996.

CERBARO, B. Q.; ROCHA FILHO, J. B. Experimentos para Ensino Médio de Física: compilando e testando experimentos didáticos no contexto curricular. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10, 2009, Porto Alegre. *Anais do X Salão de Iniciação Científica*. Porto Alegre, 2009, p. 1118-1120.

CHEVALLARD, Y. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. *Reserches en Didactique des mathématiques*, Grenoble, v. 19, n. 2, p. 221-266, 1999.

_____. *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 1991.

_____. *On didactic transposition theory: some introductory notes*. Bratislava, 1989, p. 51-62. Disponível em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/On_Didactic_Transposition_Theory.pdf>. Acesso em: set. 2013.

_____. Readjusting didactics to a changing epistemology. *European Educational Research Journal*. Marseilles, v. 6, n. 2, p. 131-134, 2007.

_____. *Steps towards a new epistemology in mathematics education*. France, Opening Plenary, 2005. Disponível em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Steps_towards_a_New_Epistemology.pdf>. Acesso em: set. 2013.

_____; BOSCH, M.; GASCON, J. *Estudar matemáticas: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem*. Tradução de Dayse Vaz de Moraes. Porto Alegre: Artmed, 2001.

CRUZ, E. S. *A noção de variável em livros didáticos de Ensino Fundamental: um estudo sob a ótica da organização praxeológica*. 2005. 105 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2005.

DIOGO, R. C.; OSÓRIO, A. S.; SILVA, D. R. R. A teoria antropológica do didático: possibilidades de contribuição ao ensino de Física. 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: Abrapec, 2007.

FORQUIN, J. C. As abordagens sociológicas do currículo: orientações teóricas e perspectivas de pesquisa. *Educação & Realidade*, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 187-198, 1996.

FOUREZ, G. Crise no ensino de Ciências. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

GALIAZZI, M., C. et al. Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

KURNAZ, M. A.; ARSLAN, A. S. Praxeological analysis of the teaching conditions of the energy concept. *Cypriot Journal of Education Sciences*, Kyrenia, v. 5, n. 4, p. 233-242, 2010.

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de Física no Ensino Médio: uma investigação a partir da fala de professores. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 161-178, 2005.

_____; BARROS, M. A.; KANBACH, B. G. A relação com o saber profissional do professor de Física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no Ensino Médio. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 305-320, 2007.

_____; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de Ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.

MACHADO, S. D. A. *Contrato didático*. In: MACHADO, S. D. A. *Educação matemática: uma introdução*. São Paulo: Educ, 1999. p. 43-64.

MACHADO, V. M. *Prática de estudo de Ciências: formação inicial docente na unidade pedagógica sobre a digestão humana*. 2011. 268 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação) – Centro de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.

MARTINAND, J. L. La question de la référence en didactique du curriculum: the reference problem in the didactic of curriculum. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 125-130, 2003.

MEDEIROS, A. As origens históricas do eletroscópio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 353-361, 2002.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de Ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.

- MORTENSEN, M. F. Analysis of the educational potential of a Science museum learning environment: visitors' experience with and understanding of an immersion exhibit. *International Journal of Science Education*, v. 33(4), p. 517-545, 2011.
- PERRENOUD, P. *Construir as competências desde a escola*. Tradução de Bruno Charles Magne. São Paulo: Artmed, 1999.
- _____. et al. *As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação*. Tradução de Cláudia Schilling e Fátima Murad. São Paulo: Artmed/SM, 2007.
- PIETROCOLA, M. et al. *Física em contextos*. São Paulo: FTD, 2010. v. 3.
- POISSON, C. *Mathematical and didactic organization of calculus textbooks: an extended project in the department of Mathematics and Statistics*. 2011. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática). Universidade de Concórdia, Montreal (Canadá), 2011.
- RICARDO, E. C. As relações com os saberes nas situações didáticas e os obstáculos à aprendizagem. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15, 2003, Curitiba. *Atas do XV SNEF*, 2003, p. 586-592.
- _____. *Competências, interdisciplinaridade e contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências*. 2005. 257 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- RICHOUX, H.; BEAUFILS, D. La planificación de las atividades de los estudiantes en los trabajos prácticos de Física: análisis de prácticas de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 1, p. 95-106, 2003.
- SANTOS, M. P. Escola para todos: um olhar pelo mundo. *Anais do V Seminário Nacional do Ines: Surdez e Diversidade*. Rio de Janeiro, 19 a 21 de setembro de 2001. p. 27-34.
- SCHIVANI, M.; PIETROCOLA, M. Robótica educacional no ensino de Física: estudo preliminar sob uma perspectiva praxeológica. In: XIV ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2012, Maresias. *Anais do XIV encontro de pesquisa em ensino de Física*. Maresias, 2012.
- SÉRÉ, M. G. O papel da experimentação no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 31-43, 2003.
- SWIATKIEWICZ, O. Por que não uma abordagem praxeológica? *Análise psicológica*, Lisboa, v. 15, n. 4, p. 637-644, 1997.
- VALENZUELA, S. T. F. *O uso de dispositivos didáticos para o estudo de técnicas relativas a sistemas de equações lineares no Ensino Fundamental*. 2007. 152 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Educação) – Centro de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2007.

ANEXOS

A.1. Síntese dos principais conceitos teóricos de nossa pesquisa

INSTITUIÇÃO (I): Agrupamento de pessoas reconhecido e legitimado pela sociedade e que comungam das mesmas organizações praxeológicas em suas atividades diárias. Exemplos: professores de uma escola, pesquisadores de um tema comum, técnicos de uma mesma empresa etc.

SABER SÁBIO: Saber produzido pela academia, oriundo do processo ou resultado de pesquisas, mas que ainda não foi transformado para ingressar nas instituições de ensino, ou seja, ainda não se tornou saber a ensinar.

SABER A ENSINAR: Saber encontrado nos manuais didáticos e livros escolares. Saberes sábios que já sofreram as transformações necessárias a sua adequação para que ingressassem nas instituições de ensino, ou seja, já se tornaram objetos de ensino.

SABER ENSINADO: Saber que efetivamente é ensinado por professores e educadores. Da mesma forma que o saber sábio é transformado para adentrar nos livros e manuais e se tornar saber a ensinar, este último sofre transformações que viabilizam o seu ingresso na sala de aula.

TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA (TD): Processo de seleção, fragmentação, neutralização, descontextualização, enfim, processo de reconstrução que os saberes sábios sofrem em seu percurso desde a sua origem até a sala de aula.

VIGILÂNCIA EPISTEMOLÓGICA (VE): Processo intelectual de atenção que o professor deve impor a sua prática para buscar, regularmente, a pertinência, relevância e origem epistemológica daquilo que ensina ou pretende ensinar.

INTENÇÃO DIDÁTICA (ID): Processo que guia a seleção de conteúdos, recortes e moldagem que o saber sábio sofre até se tornar objeto de ensino. A intenção didática costuma servir de pano de fundo para que se tracem os objetivos didáticos.

TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO (TAD): Teoria idealizada por Chevallard e que descreve as atividades humanas regulares em função dos corpos de saber a elas inerentes.

ORGANIZAÇÃO PRAXEOLÓGICA (OP): Conjunto de tarefas, técnicas, tecnologia e teorias que compõem um corpo de saber relacionado a uma atividade humana regular. Na perspectiva didática, diferenciamos a organização praxeológica real como sendo aquela pertencente ao corpo de saber de uma instituição qualquer, da organização praxeológica didática, como sendo aquela que corresponde ao mesmo corpo de saber, porém já transformado pelo processo de transposição didática de modo que já se tornou objeto de ensino.

PRÁTICA SOCIAL DE REFERÊNCIA: Atividade profissional e não profissional relativas à cultura de uma sociedade e que servem de referência social para o ensino.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL: Qualquer proposta de atividade ou conjunto de atividades didáticas que não utilizam somente os meios tradicionais de ensino.

CAMPO CONCEITUAL: Conjunto de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento conectados uns aos outros e entrelaçados durante o processo de aquisição. O domínio de um campo conceitual por um indivíduo ocorre com muita dedicação e estudo e se dá ao longo de toda a sua vida.

HABILIDADES E COMPETÊNCIAS: Ações que se apoiam em saberes. Sua construção se dá com muito estudo e experiência. Representam a virtude que torna o profissional um especialista competente. No nosso trabalho entendemos a habilidade em ensino como ações desenvolvidas a partir da aplicação das técnicas contidas nas organizações praxeológicas didáticas.

SITUAÇÃO-PROBLEMA: Situação de ensino que favorece a aprendizagem significativa de conceitos e o desenvolvimento de habilidades. Para que seja caracterizada como tal, deve necessariamente ser “comprada” pelo aluno, de modo que a alteração por ela causada seja internalizada e represente uma perturbação em nível cognitivo. A perturbação, por sua vez, deve levar o aluno a conscientizar-se da insuficiência de seus recursos ao mesmo tempo que é incitado a buscar os elementos para reequilibrar essa perturbação, ou seja, deve motivá-lo à regulação.

OBSTÁCULO EM APRENDIZAGEM: Um conceito ou ideia incompatível com os saberes científicos vigentes e que é comum a um grupo de alunos. De forma geral, é adquirido durante as experiências e vivências diárias. A superação do obstáculo conduz o aluno a um patamar cognitivo superior ao original. O trabalho para a superação do obstáculo necessariamente leva o aluno a passar pelas etapas de perturbação e regulação citadas e representa, em termos didáticos, momento propício ao desenvolvimento de habilidades.

A.2. Fichas de categorização das atividades dos livros escolhidos

Fichas do livro A – Eletrostática (páginas 7-108)

LIVRO A: TÓPICOS DE FÍSICA v. 3 – Faça você mesmo, p. 17 A.E: 01: Solução lônica (condutora de eletricidade) Categoria de contexto didático: VERIFICAÇÃO Tarefas que a caracterizam como verificação: <ul style="list-style-type: none">- Encoste os terminais... e verá que...- Mergulhe os terminais... você verá que...- Dissolva um pouco de sal... você verá que a lâmpada se acende...
LIVRO A: TÓPICOS DE FÍSICA v. 3 – Faça você mesmo, p. 22 A.E: 02: Eletrização por atrito e atração por indução Categoria de contexto didático: VERIFICAÇÃO Tarefas que a caracterizam como verificação: <ul style="list-style-type: none">- Esfregue o corpo da caneta em sua roupa...- Aproxime a caneta de uma torneira...- Observe que o filete de água é atraído...
LIVRO A: TÓPICOS DE FÍSICA v. 3 – Faça você mesmo, p. 49 A.E: 03: Blindagem eletrostática Categoria de contexto didático: DEMONSTRAÇÃO Tarefas que a caracterizam como demonstração: <ul style="list-style-type: none">- Agora, sem tocar as partes de alumínio, provoque a curvatura da tira maior...- Você observará que...
LIVRO A: TÓPICOS DE FÍSICA v. 3 – Descubra mais, p. 54 A.E: 04: Blindagem eletrostática Categoria de contexto didático: INVESTIGAÇÃO Tarefas que a caracterizam como investigação: <ul style="list-style-type: none">- Agora desembulhe e volte a embrulhar com papel-alumínio...- O que ocorre de diferente?- Como explicar os resultados...?
LIVRO A: TÓPICOS DE FÍSICA v. 3 – Leitura, p. 96 A.E: 05: Emissão termoelétrica ou termoiônica (efeito Edison) Categoria de contexto didático: DEMONSTRAÇÃO Tarefas que a caracterizam como demonstração: <p>“Em seguida, conectamos o eletroscópio... observe que as lâminas do eletroscópio se afastam, comprovando a existência...”</p>
LIVRO A: TÓPICOS DE FÍSICA v. 3 – Faça você mesmo, p. 96 A.E: 06: Construindo um eletroscópio Categorias de contexto didático: MONTAGEM + VERIFICAÇÃO Tarefas que a caracterizam como montagem: <ul style="list-style-type: none">- Você pode construir um eletroscópio simples...- Corte o frasco...- Introduza então o parafuso... Tarefas que a caracterizam como verificação: <ul style="list-style-type: none">- Aproxime do parafuso um corpo eletrizado e observe que as tiras de alumínio se separam...

Fichas do livro B – Eletrostática (páginas 17-45)

LIVRO B: FÍSICA EM CONTEXTOS v. 3 – Explorando a situação, p. 23

A.E: 01: Eletrização por atrito

Categorias de contexto didático:

MONTAGEM + DEMONSTRAÇÃO

Tarefas que a caracterizam como montagem:

- Amarre o fio de seda...
- Aproxime as pontas dos canudos... etc.

Tarefas que a caracterizam como demonstração:

- Você observou a repulsão dos objetos eletrizados...

LIVRO B: FÍSICA EM CONTEXTOS v. 3 – Explorando a situação, p. 25

A.E: 02: Eletrização por indução

Categorias de contexto didático:

MONTAGEM + DEMONSTRAÇÃO

Tarefas que a caracterizam como montagem:

- Amarre ou cole a outra extremidade do fio e fixe em um local que permita o livre movimento...
- Esfregue outro canudo...
- Aproxime cuidadosamente da parte metálica...

Tarefas que a caracterizam como demonstração:

- O que aconteceu? O canudo começou a atrair o pêndulo...

LIVRO B: FÍSICA EM CONTEXTOS v. 3 – Por dentro do conceito, p. 26

A.E: 03: Polarização elétrica

Categoria de contexto didático:

DEMONSTRAÇÃO

Tarefas que a caracterizam como demonstração:

- Observe que o fluxo retilíneo foi desviado...
- Faça o teste...

LIVRO B: FÍSICA EM CONTEXTOS v. 3 – Explorando a situação, p. 27

A.E: 04: Eletrização por contato

Categoria de contexto didático:

DEMONSTRAÇÃO

Tarefas que a caracterizam como demonstração:

- Se há repulsão, concluímos que os dois estão eletrizados com a mesma carga elétrica...

LIVRO B: FÍSICA EM CONTEXTOS v. 3 – Explorando a situação, p. 32

A.E: 05: Montagem de um eletroscópio + Utilizando um eletroscópio + Condução de cargas

Categorias de contexto didático:

MONTAGEM + INVESTIGAÇÃO + DEMONSTRAÇÃO + VERIFICAÇÃO

Tarefas que a caracterizam como montagem:

- O primeiro passo é montar os suportes...
- Faça uma fenda na base...
- Use cola ou fita adesiva...
- Utilize o papel-cartão...

Tarefas que a caracterizam como investigação:

- Mais uma vez, esfregue o papel de guardanapos...
- Faça um teste rápido...
- Discuta com seus colegas o que aconteceu em ambos os casos...
- Posicione os dois eletroscópios...
- Eletrize, por contato, ...

LIVRO B: FÍSICA EM CONTEXTOS v. 3 – Investigue você mesmo, p. 43

A.E: 06: Experimento de arrepiar

Categoria de contexto didático:

DEMONSTRAÇÃO

Tarefas que a caracterizam como demonstração:

- Encha uma bexiga e amarre...
- Esfregue-a vigorosamente na cabeça...
- Explique o fenômeno observado...

LIVRO B: FÍSICA EM CONTEXTOS v. 3 – Investigue você mesmo, p. 43

A.E: 07: Grudando sem cola

Categoria de contexto didático:

DEMONSTRAÇÃO

Tarefas que a caracterizam como demonstração:

- Atrite um canudo...
- Encoste-o na parede...
- Explique o fenômeno observado...

LIVRO B: FÍSICA EM CONTEXTOS v. 3 – Investigue você mesmo, p. 43c

A.E: 08: Lata mágica

Categoria de contexto didático:

DEMONSTRAÇÃO

Tarefas que a caracterizam como demonstração:

- Esfregue um canudo...
- Aproxime o canudo de uma lata de refrigerante...
- Explique o fenômeno...

LIVRO B: FÍSICA EM CONTEXTOS v.3 – Investigue você mesmo, p. 43d

A.E: 09: Feitiço das bexigas

Categoria de contexto didático:

DEMONSTRAÇÃO

Tarefas que a caracterizam como demonstração:

- Pendure duas bexigas cheias...
- Esfregue uma das bexigas...
- Explique o fenômeno...

LIVRO B: FÍSICA EM CONTEXTOS v. 3 – Investigue você mesmo, p. 44

A.E: 10: Garrafa de Leyden – Montagem

Categoria de contexto didático:

MONTAGEM + DEMONSTRAÇÃO

Tarefas que a caracterizam como montagem:

- Recorte dois retângulos de papel-alumínio...
- Faça um pequeno furo na tampa...

Tarefas que a caracterizam como demonstração:

- Eletrize o canudo com a meia...
- Coloque uma luva de borracha...
- Empurre a haste... você verá uma pequena faísca...