

EXERCÍCIO DA DOCÊNCIA EM CONTEXTOS DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: DESAFIOS E CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA

Experiencing science teaching as a process of oriented research: challenges and contributions to pre-service education of physics teachers

Fernando Bastos [f.bastos@unesp.br]

Rodolfo Langhi [rodolfo.langhi@unesp.br]

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência

Av. Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01

17033-360, Bauru, SP, Brasil

Recebido em: 05/12/2020

Aceito em: 08/06/2021

Resumo

O artigo analisa uma experiência pedagógica em que licenciandos de um Curso de Física planejaram e desenvolveram um minicurso para alunos do Ensino Médio, organizado segundo uma abordagem de ensino por investigação. O objetivo da pesquisa foi compreender de que maneira tal imersão em um trabalho com abordagens investigativas produziu aprendizagens relativas ao exercício da docência. Os procedimentos de coleta de dados incluíram observação participante, gravação em vídeo das sessões de trabalho e análise de material escrito produzido pelos licenciandos. Os referenciais teóricos para condução da pesquisa apoiaram-se em literatura acadêmica sobre formação de professores e sobre educação em ciências. Os resultados obtidos sugeriram que a experiência de imersão num contexto de ensino por investigação ajudou os licenciandos a avançarem em seu processo geral de iniciação à docência, bem como a compreenderem melhor o espírito das abordagens investigativas. Além disso, as dificuldades encontradas pelos licenciandos ao longo do processo foram discutidas tendo em vista seu significado para as ações de formação de professores. Finalmente, como um resultado adicional da pesquisa, os dados coletados foram considerados no sentido de contribuir para uma reflexão sobre desafios da implementação do ensino por investigação.

Palavras-chave: Ensino de física; Ensino por investigação; Atividades práticas; Formação de Professores; Didática das ciências naturais.

Abstract

The article analyzes a pedagogical experience in which undergraduates of a Physics Course planned and developed a mini-course for high school students, organized according to a teaching-by-research approach. The aim of the proposed study was to understand how such immersion in a work with investigative approaches produced learning related to teaching activity. Procedures to collect data included participant observation, video recording and analysis of written material. Theoretical frameworks for conducting the research were supported by academic literature on teacher education and science teaching. Results obtained suggested that the experience of immersion in a context of teaching-by-investigation helped undergraduates to advance in their general process of initiation to teaching, and better understand the spirit of investigative approaches. In addition, difficulties encountered by the undergraduates throughout the process were discussed in view of their significance for teacher education activities. Finally, data collected were considered in the scope of contributing to a reflection on the challenges of implementing teaching-by-research approach.

Keywords: Physics teaching; Teaching as a process of oriented research; Practical work; Teacher education; Research in science education.

Introdução

A pesquisa acadêmica em didática das ciências naturais tem avançado consideravelmente nas últimas décadas, colocando em pauta, na qualidade de contribuições para o debate sobre educação escolar, perspectivas como a aprendizagem significativa de conceitos, a análise dos processos de resolução de problemas, a inserção de conteúdos de história e filosofia da ciência, a alfabetização científica, a concepção do conhecimento como linguagem, o estudo das práticas de laboratório e o ensino por investigação (cf. Nascimento, Santos & Nigri, 2006; Cachapuz et al., 2011; Carvalho, 2014; Matthews, 2014; Moreira, 2018). Apesar disso, o ensino de física e outras disciplinas na escola de nível médio continua estimulando “a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados” (cf. Rezende & Ostermann, 2005, p. 324; Moreira, 2018). Esse descompasso é explicado por uma variedade de fatores, mas tem a ver, em parte, com deficiências dos programas de formação inicial de professores. Nesse sentido, a despeito de toda a pesquisa sobre educação escolar, os cursos de graduação têm sido pouco frutíferos em preparar profissionais do magistério que considerem a literatura acadêmica em ensino como subsídios para a renovação da educação escolar (cf. Zeichner, 1993, p. 27; Moreira, 2018, p. 75). Assim, é importante que se discutam caminhos a fim de que os professores em formação inicial passem a buscar o diálogo entre sua prática docente e os resultados da investigação didática. Note-se ainda que a valorização de tal diálogo não é uma preocupação nova, e remete a debates recorrentes sobre a relação teoria-prática, no âmbito dos quais circulam diferentes concepções sobre o que seria a teoria, a prática e a relação entre elas (Tardif, 2004, p. 235-239; Tardif & Zourhlal, 2005, p.14-16; Viana et al., 2015, p. 5-7).

Diante desse cenário, é nosso interesse compreender de que maneira experiências vivenciadas por licenciandos, em disciplinas de conteúdo pedagógico dos cursos de ciências naturais - experiências estas mediadas pelo contato com determinados conhecimentos teóricos em didática -, podem contribuir para que os licenciandos participantes progredam quanto a seus saberes a respeito de abordagens pedagógicas distintas daquelas que compõem o ensino habitual.

Para isso, uma turma de licenciandos de um Curso de Física, matriculada em uma disciplina de Instrumentação para o Ensino, foi defrontada com a tarefa de planejar atividades de ensino por investigação em física (Carvalho, 2014) e, na sequência, desenvolver essas atividades com alunos reais da educação básica. Assim, o recorte que será aqui apresentado e discutido diz respeito às seguintes questões de estudo: Que aprendizagens acerca da atividade docente um grupo de licenciandos em física desenvolveu, a partir de uma experiência de planejamento e condução de aulas segundo uma abordagem investigativa? Que desafios e dificuldades foram encontrados ao longo desse processo? Que reflexões tais dados sugerem sobre o próprio processo de implementação do ensino por investigação?

Breve quadro teórico de sustentação da pesquisa

Entendemos a formação docente como um processo de longo prazo em que os professores, de preferência por meio de trabalho cooperativo, se envolvem “em experiências de aprendizagem através das quais adquirem ou melhoram os seus conhecimentos, competências e disposições”, de modo a poderem “intervir profissionalmente no desenvolvimento do seu ensino, do currículo e da escola, com o objetivo de melhorar a qualidade da educação” (Marcelo, 1999, p. 26).

Um aspecto importante dessa formação é a “integração teoria-prática”. Os professores “desenvolvem um conhecimento próprio, produto das experiências e vivências pessoais, que racionalizaram e inclusive rotinizaram”. Porém a prática, “para que seja fonte de conhecimento, [...] tem de acrescentar análise e reflexão na e sobre a própria ação”, de tal maneira que o “aprender a ensinar seja realizado através de um processo em que o conhecimento prático e o conhecimento teórico possam integrar-se num currículo orientado para a ação” (Marcelo, 1999, p. 28-29). Cabe ressaltar, além disso, que o incentivo à reflexão pode gerar frutos escassos e mesmo insatisfatórios,

se for apoiado apenas em opiniões e impressões individuais dos professores, e não der o devido espaço para os aportes de teoria (cf. Zeichner, 1993, p. 25; Tardif; Zourhlal, 2005, p. 24).

Por outro lado, debates desse tipo levantam uma indagação sobre o que é a teoria, nas situações de formação e trabalho dos professores.

Autores como Gauthier et al. (1998, p. 31-34) e Tardif (2004, p. 36-37) identificam uma variedade de saberes sobre educação e ensino que possuem a característica de terem sido produzidos a partir de debates e investigações realizados por pesquisadores profissionais vinculados à academia. Tais saberes, que integram áreas mais ou menos distintas como Filosofia da Educação, História da Educação, Políticas Públicas em Educação, Sociologia da Educação, Psicologia da Educação e Didática, têm sido coletivamente denominados saberes das ciências da educação, podendo incluir também saberes “da ideologia pedagógica”, os quais se ocupam da descrição de sistemas gerais de representação da atividade de ensino, tais como comportamentalismo, pedagogias não diretivas, pedagogias críticas etc. (cf. Tardif, 2004). Gauthier et al. (1998, p. 33-34) mencionam ainda, dentro dessa categoria dos saberes “legitimados pelas pesquisas”, o saber “da ação pedagógica”, que é “o saber experiencial dos professores a partir do momento em que [...] é testado [e validado] através das pesquisas realizadas em sala de aula”. McIntyre (2005, p. 361), por sua vez, refere-se a um tipo de conhecimento “baseado em pesquisa” (*research-based knowledge*).

Constata-se pois a existência de conhecimentos sobre ensino que (i) não decorrem diretamente da prática de cada professor em formação inicial ou em serviço; (ii) foram produzidos por pesquisadores universitários; (iii) podem ser úteis ou até essenciais para a reflexão sobre o ensino; e (iv) são comunicados aos professores principalmente no âmbito de programas de formação inicial e continuada. É a esse tipo de conhecimentos que chamaremos de teoria [sem negar, porém, a existência e a relevância de teorias pessoais dos professores, referidas por Zeichner (1993, p. 21)].

No caso que é analisado ao longo do presente artigo, a teoria que procuramos compartilhar com os licenciandos esteve representada pela forma geral do ensino por investigação, articulada a algum entendimento sobre os fundamentos conceituais desse ensino (cf. Carvalho, 2014, p. 1-20).

Diversos autores apontam, entretanto, a dificuldade de que a produção acadêmica em ensino efetivamente se constitua em subsídio para apoio, melhoria e/ou transformação da educação escolar (Rezende & Ostermann, 2005; McIntyre, 2005; Lüdke & Cruz, 2005; Nunes, 2008; Moreira, 2018).

O impacto da pesquisa [...] nas salas de aulas de Física é muito pequeno, praticamente nenhum. Os resultados dessa pesquisa são publicados em revistas destinadas a pesquisadores, aos pares. Professores não participam dessa pesquisa e não leem os artigos publicados nessas revistas. [...] (Moreira, 2018, p. 74)

Um fator complicador da possibilidade de que os resultados de pesquisa tenham influência sobre o cotidiano das aulas, e que não deve ser menosprezado, são as condições do trabalho dos professores (Zeichner, 1993, p. 19; Rezende & Ostermann, 2005, p. 332):

[...] as condições do trabalho [dos professores], em muitos casos, são vergonhosas. Baixos salários, muitos alunos, elevada carga horária semanal, falta de apoio na formação continuada, currículos que não passam de uma lista de conteúdos a serem cumpridos, preparação dos alunos para a testagem [em exames locais, nacionais e internacionais]. (Moreira, 2018, p. 73)

Diante dessa problemática, uma alternativa possível é discutir aspectos dos programas de formação de professores, dando destaque ao tipo de trabalho com a teoria que é realizado nesses programas. Mais especificamente, cabe discutir questões tais como as seguintes: Que aportes de teoria são proporcionados? Que estratégias de ensino / aprendizagem (da teoria) são empregadas? Como é feita a articulação teoria-prática?

Considerando as contribuições de Joyce e Showers (1988), Marcelo e Estebanz (1992) apresentam as seguintes sugestões para o trabalho com a teoria em programas de formação continuada (a teoria a que se referem é aquela que estabelece princípios para a ação didática):

[...] qualquer tipo de apresentação teórica sobre determinado conteúdo ou competência didática deve ser necessariamente exemplificado através de casos práticos que facilitem a demonstração, e podem servir aos professores como **modelos** em relação ao modo como se pratica ou executa uma competência ou estratégia didática. A demonstração pode ser realizada diretamente, através de vídeos ou de casos [...].

À ideia-modelo deve seguir-se a prática em condições de **simulação**. A simulação implica que cada sujeito que participa num programa realize a **prática** correspondente às competências a adquirir, seguindo os **princípios e normas de aplicação** da teoria, que servem de guia para estruturar a **análise da prática** e os comentários críticos correspondentes. A **gravação** destas práticas serve para a **observação e auto-observação**, e, portanto, é um potente instrumento de **feedback**. Um elemento a salientar, pela sua importância para a formação reflexiva, é a preparação da prática simulada através da **planificação no microgrupo** [...].

[...]

[...] [A comunicação do conhecimento em estudo] deve ser apoiada por meios como textos que facilitem a leitura individual e a reflexão, exemplos ou casos que se apresentam em vídeos, descrições escritas de casos para estudo em grupo, transparências que apoiem a explicação estruturada através de mapas, pirâmides, fluxogramas, etc. (Marcelo, 1999, p.179-180)

Esses autores propõem, assim, que o estudo da teoria se dê mediante um processo de modelagem didática, o qual pode estender-se desde a leitura de textos da literatura especializada até a condução de aulas com alunos reais em situações de estágio supervisionado.

Carvalho e Gil (2006, p.39-40), embora não utilizem a expressão modelagem didática, também são enfáticos em destacar a importância e a necessidade de que as inovações para o ensino sejam propostas tanto em nível teórico, quanto em nível de vivência ou experiência. Segundo esses autores, devido a seu caráter “reiterativo” e “sua natureza de exemplo vivo, real, muito mais eficaz que qualquer explicação”, os cânones do ensino tradicional aparecem como parte constitutiva das concepções pedagógicas de professores e licenciandos, o que cria obstáculos para que estes vislumbrem, diante dos desafios cotidianos da prática docente, novos modos de pensar e agir. Isso obriga

[...] que as propostas de renovação sejam também vividas, vistas em ação: somente assim torna-se possível que estas propostas tenham efetividade e que os futuros professores (ou aqueles que já estão em exercício) rompam com a visão unilateral da docência recebida até o momento. De fato, [é preciso] [...] não apenas mostrar as insuficiências da formação ambiental recebida, mas oferecer, ao mesmo tempo, alternativas realmente viáveis [...]. (Carvalho; Gil, 2006, p.39-40)

As alternativas preconizadas pelos autores supõem que os professores aprendam a transformar as atividades de ensino tradicionalmente empregadas na educação escolar em sequências didáticas que promovam “um tratamento de situações problemáticas” mediante “programas de pesquisa”. A ideia é que esses programas de pesquisa sejam planejados e orientados pelos professores, porém se desenvolvam mediante a ativa participação intelectual dos estudantes:

O treinamento dos professores para a estruturação [de programas de pesquisa] [...] supõe, sem dúvida, uma das tarefas mais complexas em sua formação. De fato, é possível pensar apenas em uma iniciação, visto que [...] [a definição] de programas de atividades exige um constante trabalho de pesquisa aplicada como parte da atividade docente.

A partir desse ponto de vista, um programa-guia [uma proposta inicial para o trabalho dos alunos] surge como um elemento sempre em (re)elaboração, submetido a retoques, acrescidos e, em geral, com remodelações totais, fruto da experiência obtida em sua aplicação e das novas contribuições da pesquisa didática. Isso supõe, com certeza, mais trabalho para os professores,

mas ao mesmo tempo concede a tal trabalho todo interesse de uma pesquisa, de uma tarefa criativa, o que sem dúvida é um dos requisitos essenciais para uma ação docente eficaz e satisfatória [...]. (Carvalho; Gil, 2006, p. 49)

Entendemos, com Marcelo (1999, p.179-180), McIntyre (2005, p. 361) e Moreira (2018, p. 74-75), que os conhecimentos teóricos, gerais pela sua própria condição epistemológica, só adquirem um significado satisfatório para licenciandos e professores quando estes são capazes de traduzir tais conhecimentos em termos de suas implicações para contextos de ensino específicos, criando condições, assim, para que possam analisar, discutir, avaliar, adaptar, substituir, validar ou até rechaçar os elementos componentes da teoria.

[...] [A respeito da ideia de pesquisa “translacional”, o] termo translacional sugere que resultados de pesquisa existem, estão à mão, mas devem ser traduzidos à linguagem da prática. [...] Nessa translação a participação dos professores seria indispensável, porém não há apoio institucional para isso. (Moreira, 2018, p. 74-75)

Cabe supor, portanto, que um processo de modelagem didática ou vivência formativa, semelhante ao proposto por Carvalho e Gil (2006), não apenas aumente a motivação de licenciandos e professores diante do trabalho didático, como também promova uma aprendizagem mais sólida sobre as propostas de inovação em estudo, seus fundamentos conceituais e possibilidades de sua expressão prática.

A experiência relatada no presente artigo refere-se ao uso de modelagem didática na aprendizagem de princípios e práticas do ensino por investigação, conforme descrito por Carvalho et al. (1998), Carvalho e Gil (2006), Cachapuz et al. (2011) e Carvalho (2014).

Assim, para maior clareza sobre as ações de formação desenvolvidas, cabe explicitar sinteticamente as características das propostas de ensino por investigação empregadas como referências.

Carvalho e Gil (2006, p. 48) sugerem o seguinte conjunto de estratégias a fim de que o professor oriente o trabalho de seus alunos de acordo com uma abordagem investigativa: (i) o professor propõe uma situação problemática aberta que seja acessível aos alunos e gere interesse entre eles; (ii) o processo de questionamento assim deflagrado prossegue com o estudo qualitativo e adequada delimitação do problema gerador inicial; (iii) ao longo dos debates desenvolvidos os alunos são estimulados a explicitar e elaborar conceitos e hipóteses; (iv) os alunos, sob orientação do professor (e sempre atuando em grupos), formulam estratégias de resolução do problema proposto (aí incluído o planejamento e a realização de experimentos); (v) os alunos, com o suporte do professor, desenvolvem as estratégias de resolução, analisam os resultados obtidos e confrontam esses resultados com aqueles encontrados por seus colegas e pela comunidade científica em geral, podendo inclusive reformular suas hipóteses de trabalho; (vi) os alunos são solicitados a empregar os novos conhecimentos em uma variedade de situações, dando destaque às relações CTS e à consistência e alcance dos conceitos científicos em estudo; (vii) os alunos são solicitados a elaborar memórias ou produtos, e a conceber novos problemas passíveis de serem investigados.

Esse conjunto de estratégias representa uma possibilidade ideal de funcionamento da abordagem de ensino proposta, em que os diversos aspectos do trabalho cognitivo dos alunos são explorados ao máximo. No entanto, em função de uma série de fatores contextuais e decisões de ordem pedagógica, o desenho de sequências de ensino investigativo pode apresentar variações. Discussões e exemplos destacados pelos próprios defensores da abordagem metodológica em questão (cf. Carvalho, 2014; Cachapuz et al., 2011; Gil et al., 1999; Carvalho, 1998) mostram que as atividades desenvolvidas pelos alunos possuem características diferentes conforme o nível escolar de referência, os objetivos pretendidos, os tópicos de conteúdo selecionados e os recursos didáticos disponíveis; é assim que as situações de aprendizagem propostas podem enfatizar ou não a experimentação, a matematização dos fenômenos, problemas “de lápis e papel”, a discussão de

episódios históricos, pesquisa bibliográfica, uso de dados estatísticos, realização de entrevistas, confecção de modelos, trabalho com simulações, construção de conceitos por meio de perguntas e respostas / experimentos mentais, foco em questões ambientais ou de saúde pública etc. Enfim, há uma vasta diversidade de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais que podem ser explorados dentro de tais abordagens, o que origina configurações distintas das atividades de aula segundo as condições de implementação e as ênfases adotadas (cf. Carvalho, 2014; Mauri, 1998, p. 105-121). Reconhece-se também que os programas de ensino investigativo estão “sempre” em elaboração e reelaboração, ou seja, que o sistema de referência para a estruturação da prática não funciona por meio da simples prescrição e reprodução, mas em diálogo permanente com o *feedback* resultante do ato pedagógico (cf. Carvalho; Gil, 2006, p. 49; McIntyre, 2005, p. 367). Tal caráter mais ou menos flexível, reformulável da estrutura de aula, longe de ser um ponto fraco em uma inovação didática efetivamente implementada, é uma vantagem, já que amplia bastante o rol de situações em que a referida inovação é capaz de contribuir. Não se pode esquecer ainda que as propostas para o trabalho com os alunos precisam ser reconciliadas com as múltiplas demandas originárias dos contextos institucionais, currículos, turmas geralmente numerosas e avaliações externas (Tardif; Zourhlal, 2005, p. 25-26; Rezende & Ostermann, 2005, p. 324-326), o que também exige do professor determinadas escolhas em detrimento de outras, provocando variações e adaptações nas abordagens empregadas. Temos portanto que as feições do ensino por investigação podem mudar ou recortar-se dentro de certos limites, desde que não se desfigure a sua essência fundamental de espaço para o envolvimento ativo e coletivo dos estudantes na busca de novos conhecimentos científicos, em resposta a perguntas abertas e sob a orientação do professor.

Nesse sentido, é importante ressaltar que não foi objetivo da experiência pedagógica desenvolvida a realização literal, pelos licenciandos participantes, de todos os sete itens que compõem as estratégias do ensino por investigação, conforme acima citados na descrição de Carvalho e Gil (2006). Ao invés disso, foi oportunizada uma aproximação em relação ao processo de planejamento e condução de aulas de acordo com um viés investigativo, levando-se em conta, porém, o fato de que os licenciandos ainda se encontravam no início de seu percurso formativo profissional, e de que o trabalho com os alunos estaria sujeito a uma carga horária limitada e não poderia ser repetido.

A pesquisa

Tendo em vista as questões de estudo já apresentadas na Introdução, 12 licenciandos de um Curso de Física de uma universidade pública do estado de São Paulo, matriculados em uma disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física, ministrada no 1º semestre de 2019, foram acompanhados enquanto eram defrontados com a tarefa de criar atividades de ensino por investigação em física (Carvalho et al., 1998) e, na sequência, desenvolver essas atividades com alunos reais da educação básica [nota: os termos aqui empregados para a identificação e diferenciação de pessoas e espaços são “licenciandos” (em Física), “alunos” (do Ensino Médio), “Curso” (de Licenciatura em Física), “disciplina” (de Instrumentação para o Ensino de Física) e, finalmente, “minicurso” / “aulas” (oferecidos aos alunos do Ensino Médio)].

A escolha do ensino por investigação como perspectiva norteadora do planejamento e condução de aulas pelos licenciandos participantes deu-se com base nas seguintes justificativas: criar condições para que os licenciandos se concentrem no aprofundamento de alguns poucos referenciais teóricos principais, ao invés de dispersarem sua atenção entre muitos; reconhecer o ensino por investigação como uma das perspectivas mais abrangentes e flexíveis para o trabalho em aula, já que é adaptável a diferentes níveis escolares e conteúdos, e sintetiza em sua proposta diversas contribuições oriundas da pesquisa acadêmica anterior e recente.

Ao longo da disciplina, os licenciandos, trabalhando em duplas, (i) estudaram um livro que fundamenta e exemplifica o ensino de física por investigação (Carvalho et al., 1998); (ii) criaram seis sequências didáticas de caráter investigativo, compostas de roteiro de atividades para os alunos e kit

de materiais para realização de experimentos; (iii) aperfeiçoaram os roteiros de atividades e os kits de materiais, antes de submetê-los aos alunos, através de quatro ciclos em espiral envolvendo apresentação da proposta aos colegas, debate com os colegas e com o professor e refinamento gradativo da proposta de acordo com as críticas e sugestões obtidas; (iv) desenvolveram as sequências didáticas que elaboraram na forma de um minicurso de física realizado na IES, e cujos inscitos foram 30 alunos do ensino médio, secundados também por 5 professores da educação básica, dos quais 4 não possuíam formação específica em física.

As sequências didáticas desenvolvidas durante o minicurso foram assim nomeadas: atividade do equilíbrio; atividade do espectro luminoso; experimento do lançamento de bolinhas (com um canhão de brinquedo, acionado por mola); atividade do pêndulo; experimento da entropia (mistura de bolinhas no interior de uma garrafa PET); “RPG” (jogo de tabuleiro que defrontava os alunos com desafios de orientação da navegação em alto mar, astronomia e etnoastronomia, num contexto fictício ambientado no século XVII).

Os alunos do Ensino Médio trabalharam em seis grupos de 5 a 6 integrantes, tendo como referência os roteiros de atividades. Os roteiros iniciavam-se com uma ou mais perguntas deflagradoras, as quais encaminhavam os alunos a diversas discussões e, concomitantemente, ao manuseio dos kits para a realização de experimentos. A cada etapa de trabalho com os kits, novas perguntas e discussões eram propostas. E, em conformidade com o espírito do ensino por investigação, as respostas às perguntas do roteiro, e às perguntas surgidas espontaneamente em aula, não eram fornecidas logo de início. Ao contrário, em tais situações eram apresentadas aos alunos novas indagações, com o intuito de orientar e fazer avançar as reflexões deles. Além disso, na parte final do roteiro geralmente havia algum aporte de informações conceituais e questões para finalização e síntese do assunto. Por fim, cabe ressaltar que todos os roteiros continham alguma alusão a relações entre física e cotidiano.

No que tange à obtenção e ao registro dos dados de pesquisa, as atividades realizadas ao longo da disciplina de Instrumentação foram acompanhadas por meio de (i) observação participante; (ii) reprodução e arquivo de trabalhos escritos elaborados pelos licenciandos (questionários, planos de aulas etc.); (iii) diálogos informais com os graduandos; e (iv) registros em áudio e vídeo de sessões da disciplina e do minicurso.

Concluído o minicurso, 10 dos 12 licenciandos participaram de uma reunião de cerca de duas horas de duração, voltada à avaliação coletiva do percurso formativo vivenciado. Essa reunião contou com a participação dos pesquisadores e foi registrada em arquivos de vídeo.

Quanto ao tratamento dos dados coletados nas diversas etapas da pesquisa, este foi feito mediante procedimentos de análise de conteúdo (Bardin, 1977).

Para a elaboração do presente artigo, consideramos apenas uma parte dos dados de que dispomos. Assim, as análises aqui desenvolvidas tiveram como referência principal os dados provenientes da reunião de avaliação coletiva. No entanto, não ficaram restritas a eles, pois, sempre que necessário, a interpretação, a complementação e/ou a indagação dos diálogos de avaliação coletiva recorreu à confrontação com os dados de observação das aulas da disciplina, das sessões do minicurso, dos roteiros de aulas etc.

Finalmente, cumpre destacar que, a fim de podermos condensar os dados de pesquisa, chegando a uma visão mais abrangente dos resultados obtidos, as falas dos licenciandos foram apresentadas na forma de descrições sintéticas das ideias colocadas, evitando-se transcrições integrais de diálogos e sequências de frases, embora com o cuidado de respeitar o caráter coloquial de determinadas palavras e modos de expressão empregados pelos licenciandos.

Resultados e discussão

Em suas reflexões sobre a experiência de participação nas atividades da disciplina de Instrumentação os licenciandos consultados abordaram uma variedade de temas. Um primeiro item a ser destacado é que eles se mostraram críticos em relação ao ensino de física praticado nas escolas de Educação Básica (cf. Rezende & Ostermann, 2005, p. 332), e sugeriram que estratégias semelhantes às empregadas no ensino por investigação seriam uma alternativa para a mudança na educação escolar [as siglas após cada ideia são as referências de identificação dos autores das falas]: *Os professores se interessam por novas metodologias (L4); Precisamos de alunos mais motivados e enxergando a física de uma forma diferente (L2); As aulas do minicurso forneceram uma “experiência totalmente diferente” para os alunos do ensino médio (L7); O ensino por investigação foi “bem proveitoso” para trabalhar com os alunos (L1); A experiência na disciplina forneceu, para nós, uma visão positiva do trabalho docente (L5); A disciplina de Instrumentação mostrou como “sair do tradicional” (L7).*

Portanto, naquele momento (encontravam-se no final do 6º Semestre de um Curso de Física de 8 semestres), os licenciandos estavam imbuídos de uma percepção bastante positiva acerca do ensino por investigação, e apontavam a necessidade de renovar e revitalizar o ensino habitual de física. Isso sugere, dentre outras coisas, que os conhecimentos teóricos e práticos a respeito do ensino por investigação, elaborados ao longo da disciplina de Instrumentação, podem ter contribuído para que os licenciandos questionassem suas crenças anteriores sobre ensino (cf. Tardif, 2004, p. 68-70; Carvalho & Gil, 2006, p. 26-30).

Porém, que aspectos de uma abordagem de caráter investigativo conquistaram a simpatia desses licenciandos? E, por outro lado, quais foram os desafios e percalços encontrados ao longo desse processo?

A avaliação positiva do ensino por investigação baseou-se nas seguintes percepções dos licenciandos, entre outras: *Os alunos ficaram mais motivados do que nas aulas de física comuns (L5, L7); A convivência foi tão boa que no final estava todo mundo trocando número de celular (L4, L9); A tarefa de encontrar o tesouro [no “RPG”] fez os alunos debaterem as alternativas e manejarem alguns conceitos não só da física (L2); Durante as aulas os alunos exercitaram a convivência e o trabalho em equipe, pois tinham que dar espaço à fala do outro, e respeitar a opinião diferente do outro, até chegarem a uma conclusão (L8); Durante as aulas surgiram muitas perguntas e situações novas, e isso tudo foi muito rico (L6); No ensino tradicional o aluno repete o que ouviu e depois esquece, enquanto que, pensando e conversando com os colegas, ele aprende bem melhor (L4, L6, L7); Apesar de alguns problemas de construção, os kits [de materiais para experimentos] cumpriram bem o seu papel (L4); No geral os alunos conseguiram chegar a respostas satisfatórias [às perguntas dos roteiros de atividades], pois foram capazes de escrever sobre os fenômenos com suas próprias palavras, associando-os a conceitos da física (L6, L8); O minicurso foi diferenciado por vários motivos, mas também porque os alunos viram a “parte histórica”, “como a ciência se desenvolve” e a relação entre física e cotidiano (L2, L4, L7, L8, L9 e L10); O ensino deve conter desafios para os alunos, caso contrário eles não avançam (L7, L8 e outros); Através de pesquisa as pessoas aprendem muito mais (L3, L4); A gente podia apresentar os kits na semana da física e até para estudantes de outros cursos de licenciatura [notar aqui o quanto os licenciandos ficaram orgulhosos com as atividades - de caráter investigativo - que haviam produzido] (L4, L10).*

Esses dados sugerem que, na opinião dos licenciandos, o uso de abordagens investigativas promoveu um visível enriquecimento do trabalho em sala de aula, resultando em melhoria da motivação e da aprendizagem dos alunos, maior espaço para os alunos desenvolverem procedimentos e atitudes e, ainda, maior satisfação dos docentes participantes em relação aos resultados do ensino ministrado.

Diante de tal quadro, cabe comentar a respeito da importância do feedback da prática no processo de formação das convicções pedagógicas dos professores. Esse feedback pode tanto reforçar o “pensamento docente de senso comum” como também fomentar o interesse dos professores em incorporar e desenvolver determinadas inovações para o trabalho em aula (cf. Zeichner, 1993, p. 25; Carvalho & Gil, 2006, p. 26-27). Com efeito, é o feedback da prática que fornecerá elementos mais palpáveis para que os professores (i) comparem o modo de fazer convencional / rotineiro e a proposta inovadora; (ii) reflitam sobre as possíveis vantagens da inovação; e (iii) filtrem / adaptem as ideias novas segundo as peculiaridades e demandas de seu contexto de ensino específico. Entendemos, porém, que tal peso da experiência docente já havia sido salientado anteriormente no alerta colocado por Tardif, e que é muitas vezes ignorado pelos especialistas da academia:

[...] nossas pesquisas indicam que, para os professores, os saberes adquiridos através da experiência profissional constituem os fundamentos de sua competência. É a partir deles que os professores [...] julgam a pertinência ou o realismo das reformas introduzidas nos programas ou nos métodos [...]. (Tardif, 2004, p. 48)

Portanto, no caso analisado no presente artigo, a ideia geral do ensino por investigação, conforme concretizada no minicurso, parece ter recebido algum tipo de validação bastante favorável entre os licenciandos, principalmente devido aos resultados positivos da experiência de trabalho vivenciada. Isso sugere, conseqüentemente, que os programas de formação inicial e continuada de professores podem empregar o ensino por investigação e outras propostas semelhantes como modelos inspiradores / potencializadores de mudanças educativas, ao estimularem a exploração crítica desses modelos em atividades como estágios de regência, iniciação à docência, residência pedagógica, tutorias, projetos de parceria universidade-escola, intervenções didáticas especiais etc.

Contudo, os resultados do minicurso proposto, embora tenham entusiasmado os licenciandos, não foram obtidos sem percalços, o que suscitou várias discussões importantes para a aprendizagem desses graduandos, bem como para uma reflexão sobre formação de professores.

De fato, os licenciandos deram pistas sobre diversas dificuldades que enfrentaram a fim de elaborar e colocar em prática suas propostas de aulas. Algumas dessas dificuldades foram de ordem geral, outras, porém, parecem ser específicas das demandas de trabalho com abordagens investigativas.

Algo que os licenciandos destacaram bastante, logo de início, foi a dificuldade que tiveram em dosar as atividades de aula conforme o tempo disponível (sessões de trabalho com três horas de duração). Antes da realização do minicurso, haviam previsto cerca de uma hora para os alunos explorarem cada kit, tempo este que, no entanto, se mostrou insuficiente. Assim, já na época em que estavam ministrando as aulas, avaliaram que os roteiros de atividades haviam ficado longos demais, isto é, excessivamente carregados com questões, solicitações e tarefas. Outro problema relacionado foi que os grupos de alunos realizaram as atividades em ritmos diferentes, o que desorganizou alguns aspectos do planejamento. Quanto a essa variação dos ritmos de trabalho, os licenciandos perceberam-na como estando associada à heterogeneidade da turma (o que, aliás, é uma condição mais ou menos corriqueira no ensino escolar real). Vejamos as manifestações dos licenciandos referentes ao assunto: *Os roteiros ficaram com muitas perguntas e solicitações para pouco tempo, então, numa próxima oportunidade, precisaria diminuir a quantidade de perguntas* (L4, L5, L6, L7, L9, L10); *O minicurso poderia ter só um ou dois kits por aula, ou um tema principal dividido em várias aulas* (L6, L9, L10); *Ir dando os kits em seguida “abriu muita diferença” entre os grupos* (L10); *Um grupo estava no primeiro kit e outro estava no terceiro, então não deu para fazer as discussões de sistematização dos conteúdos* (L4, L10); *No dia do “RPG”, a gente poderia ter concluído com uma “reflexão”, mas o horário já estava bem adiantado* (L10); *As pessoas que sabiam mais às vezes iam muito depressa, e os colegas ficavam meio perdidos, mas houve vários grupos em que as pessoas iam discutindo juntas* (L4, L8, L9); *Teve um grupo [de alunos do Ensino Médio] que foi problemático, duas pessoas faziam e as outras quatro mexiam no celular* (L6, L8, L9); *Não são*

todas as pessoas que gostam de falar ou gostam de trabalhar em grupos (L8, L10); Precisa ficar atento o tempo todo para ajudar os alunos e grupos que estão com dificuldade (L4, L6, L10).

A partir desses episódios, os licenciandos parecem ter notado, de um modo mais visível, certas diferenças entre as abordagens tradicionais e abordagens de caráter investigativo, conforme exemplificado nas manifestações a seguir: *Um ensino centrado em problematizações e participação intelectual dos alunos é bem mais trabalhoso e demanda mais tempo (L7, L8); Eram vários grupos “chamando ao mesmo tempo” [o formato das aulas estimulou a busca de interação] (L9); Teve “coisa demais” [quiseram dar conta de muitos tópicos de conteúdo ao mesmo tempo] (L4).*

De fato, a implementação de uma inovação como a que foi proposta requer mudanças na lógica do ensino escolar - uma nova relação com os conteúdos, com os tempos de aula e com a participação dos alunos. Assim, a experiência com o minicurso parece ter tornado esse aspecto mais evidente para os licenciandos:

No ensino construtivista, [...] deve haver tempo para comunicação, reflexão e argumentação entre alunos [...], pois a interação dos alunos com seus iguais é imprescindível na construção, eminentemente social, de um novo conhecimento [...].

[...] aprender a ouvir, a considerar as ideias de outro colega, não é só, do ponto de vista afetivo, um exercício de descentralização; é também, do ponto de vista cognitivo, um momento precioso de tomada de consciência de uma variedade de hipóteses diferente sobre o fenômeno discutido. Nessa situação de diálogo são ainda estimulados por desafios a suas ideias, reconhecendo a necessidade de reorganizá-las e reconceituá-las. (Carvalho et al., 1998, p. 31)

Por outro lado, ao eleger o “trabalho em grupo” como um de seus fundamentos (cf. Carvalho, 2014, p. 5), o ensino por investigação herda tanto os benefícios quanto as dificuldades desse tipo de estratégia - o compartilhamento ou não de objetivos e normas entre os educandos, a articulação ou não entre papéis e tarefas atribuídos à instituição escolar e a cada membro do grupo, convergências e conflitos entre os indivíduos, contradições entre competição e esforços de produção coletiva etc. (Martins, 2003). Assim, quando há a opção pelo ensino por investigação e por outras abordagens que privilegiem trabalhos em grupos, pode ser importante que os programas de formação de professores coloquem em discussão algumas noções sobre os processos grupais.

Por outro lado, conforme mencionado por alguns licenciandos, uma consequência do ‘excesso de demandas’ aos alunos foi o prejuízo de dois aspectos importantes do ensino por investigação. Isto é, devido ao desequilíbrio entre atividades propostas e tempo disponível, houve um espaçamento e até uma redução dos momentos para sistematização dos conhecimentos físicos adquiridos e para discussão das relações entre conteúdo e cotidiano (Carvalho et al., 1998, p. 44).

Na avaliação que fizeram da experiência com o minicurso, os licenciandos foram capazes de identificar o tipo de desafios com os quais se defrontaram, porém afirmaram ter encontrado uma série de dificuldades em transitar entre duas maneiras alternativas de organizar o ensino: *Eu tinha o experimento já pronto [um experimento que havia sido criado para o TCC do licenciando], mas sofri muito para transformá-lo em investigação (L8); A gente teve dificuldade de se colocar no lugar dos alunos e imaginar as dúvidas e dificuldades eles iam ter (L4); Eu tive bastante dificuldade de elaborar questões [para o roteiro de atividades e para o diálogo com os alunos durante as aulas] (L7); Não conseguimos encontrar experimentos do jeito que a gente queria, então tivemos que montar nós mesmos (L9); Cada investigação dependia do material de um kit, e teve alguns probleminhas com vários kits (L4, L5, L6, L8); Nenhum de nós e nenhum dos alunos estava acostumado a trabalhar dessa forma (L8); Os alunos não estão acostumados com esse tipo de aulas, por exemplo, acham estranho perguntas que a pessoa tem que pensar para responder, e às vezes olham o experimento mais pelo lado da diversão, sem entender que é uma atividade de estudo (L4, L5, L7, L8).*

Essas falas sugerem a importância de que licenciandos e professores em serviço (i) tenham contato reiterado ou repetido com situações em que o ensino habitual é substituído por abordagens

inovadoras, (ii) elaborem conhecimentos sobre inovações didáticas não apenas em nível teórico mas também em nível vivencial (por meio de simulações realísticas, estágios de licenciatura, atividades de iniciação à docência ou situações da prática profissional real) e (iii) insiram novos elementos na cultura habitual que modela o processo de ensino, a fim de familiarizarem a si mesmo e aos alunos com novas formas de trabalhar (cf. Marcelo, 1999, p.179-180; Tardif, 2004, p. 277-303; Carvalho & Gil, 2006, p. 40). Por outro lado, cabe destacar que as percepções e reflexões dos licenciandos naquele momento vieram à tona precisamente em função de eles terem se engajado, por intermédio do minicurso, em experiências de ensino por investigação.

Os licenciandos mencionaram várias vezes, como uma dificuldade que haviam vivenciado, o desafio de ter que trabalhar em torno de questões, demanda típica das abordagens problematizadoras e investigativas: *Foi bem difícil elaborar questões para o aluno (L4); Tivemos dificuldade tanto para montar o roteiro como na própria aula, porque precisava fazer perguntas na hora sem dar as respostas (L5); Foi difícil criar as questões do roteiro, e também fazer perguntas no momento da aula (L7); Tinha que fazer perguntas sem dar as respostas, e isso não foi fácil, inclusive porque teve problemas nos kits, e a gente não podia falar o resultado esperado (L9).*

Tal desafio, contudo, foi entendido como fonte de aprendizagens: *Foi bastante positivo o desafio e o exercício de criar questões para guiar o aluno (L7); O trabalho com minicurso ajudou perceber a diversidade de perguntas e situações novas que surgem numa aula (L6); Deu para ver que lançar perguntas o tempo todo causa desconforto, então precisa dosar (L7); A gente vai perguntando, e chega uma hora que o aluno não vai mais além (L4).*

Verifica-se pois que uma das conclusões elaboradas pelos licenciandos foi a necessidade de encontrar um equilíbrio entre fazer perguntas e fornecer respostas. Isso sugeriu que esses graduandos de algum modo se afastaram da concepção de senso comum segundo a qual, no ensino “construtivista”, os conhecimentos são “extraídos” dos próprios alunos (cf. Carvalho et al., 1998, p. 35-36; Cachapuz et al., 2011, p. 209).

Ainda no que tange ao trabalho em torno de questões, os dados coletados proporcionaram pistas sobre algumas dificuldades que os licenciandos experimentaram e, conseqüentemente, sobre aspectos que poderiam ser objeto de discussão em atividades de formação de professores. Assim, analisando-se as propostas de situações problemáticas abertas, surgidas durante a etapa de planejamento do minicurso, e gradativamente aperfeiçoadas / modificadas, foram notadas as seguintes dificuldades de elaboração: (i) uso de perguntas excessivamente fechadas, isto é, que não admitiam várias possibilidades de abordagem e respostas; eram, na verdade, perguntas que não conseguiam se desvencilhar dos modelos clássicos adotados no ensino tradicional de física (Gil et al., 1999, p.315); (ii) pergunta deflagradora duvidosa quanto ao interesse que geraria entre os alunos; (iii) pergunta deflagradora com redação excessivamente genérica, tornando-se de difícil interpretação para os alunos; (iv) pergunta deflagradora que focalizava apenas um pequeno aspecto da realidade física em estudo, dificultando o seu desdobramento para abranger o conteúdo de ensino pretendido; (v) pergunta inicial mais ou menos deslocada em relação às discussões subseqüentes / ao experimento proposto; (vi) indagação / desafio que não favorecia a consideração de questões do cotidiano dos alunos ou relações CTS.

Tais dificuldades não são um fato surpreendente quando consideramos a reduzida experiência docente dos licenciandos e a distância mesma que existe entre a maneira como se usam os questionamentos no ensino habitual e em abordagens problematizadoras. Não obstante, quisemos mencionar aqui os obstáculos em questão, porque suas características ajudam a imaginar atividades formativas em que exemplos de perguntas com diferentes graus de abrangência e interesse poderiam ser analisados e discutidos. Supõe-se, por exemplo - e nossos dados vão nessa direção -, que as questões para debate e investigação pelos alunos são potencializadas quando se levam em conta aspectos como o significado histórico, social e cultural dos temas de ensino, a epistemologia e a

estrutura conceitual da disciplina (no caso, a física) e, ainda, as motivações e concepções dos alunos, suscetíveis de os mobilizarem na busca do saber (cf. Giordan & De Vecchi, 1996; Mauri, 1998, p. 105-111; Cachapuz et al., 2011, p. 17-30). Então, exercícios podem ser criados em que professores e futuros professores discutam a presença de tais aspectos em enunciados de perguntas dirigidas aos alunos, tendo em vista a contribuição dessas perguntas para a estruturação das aulas.

Em meio às considerações sobre o equilíbrio entre perguntar e responder, os licenciandos comentaram a respeito de “pré-requisitos”, concepções prévias e lacunas de saberes, passíveis de influenciar não apenas os resultados do processo de aprendizagem, mas também as próprias condições de participação dos alunos em atividades experimentais de caráter investigativo. Vejamos o que disseram: *Ao fazer o experimento, teve um grupo que “travou”, parecia não ter “de onde partir”, parecia não saber como explorar o assunto [equilíbrio estático] (L5); Os alunos imaginavam que era só a “força” de lançamento do canhão que importava [para a bolinha ir mais longe], e só com muito custo nós convencemos eles a testarem o ângulo de inclinação (L5); No experimento do canhão o ângulo de 45° “nunca foi o maior”, mas para os alunos esse resultado estava OK [eles não tinham uma expectativa prévia], por isso ficava esquisito tentar discutir os fatores que interferiram no resultado, como o atrito da mola, a força de lançamento, o “spin da bolinha”, a imprecisão das medidas etc. (L4 e outros); No início do experimento [de espectroscopia] os alunos tinham mais dificuldade, porém depois, quando chegava na parte do roteiro que apresentava alguns conceitos, eles conseguiam “sair do lugar” e explicar “o que estava acontecendo” (L1); A gente percebeu que os conhecimentos prévios interferiram não só na interpretação de resultados mas até na observação; teve uma aluna que só “enxergou” o espectro da lâmpada depois que mostraram para ela uma foto no celular, da imagem que se via no espectroscópio (L4).*

Consideramos de extrema relevância essa reflexão sobre conhecimentos dos alunos em diferentes etapas do processo de aprendizagem. Qualquer novo conhecimento “*tem origem num conhecimento anterior*” (Carvalho, 2014, p. 2), de modo que é essencial evitarmos a interpretação distorcida de que, pela investigação, os alunos partiriam da ausência de conhecimentos para chegar aos “conteúdos e conceitos” pretendidos pelo professor; além disso, cabe prevenirmo-nos contra concepções espontaneístas e empiristas do processo (cf. El-Hani & Bizzo, 2002). Ao contrário, o saber e o não saber estão presentes em todas as etapas de cada ciclo de aprendizagem percorrido pelos alunos, e nenhuma proposta de ensino com características problematizadoras e investigativas poderá sustentar-se se o professor não estiver atento ao tipo de aportes de que os alunos necessitam em cada momento específico do processo educativo.

O trabalho com o minicurso para os alunos do Ensino Médio permitiu também que os licenciandos percebessem melhor as demandas que pesam sobre as atividades experimentais no âmbito do ensino por investigação, tais como a necessidade de propostas que fujam ao modelo habitual de “receita de bolo” e uma severa exigência quanto a certas características dos materiais a serem empregados (Hodson, 2005).

Exemplificaremos as aprendizagens obtidas com o caso da atividade “do equilíbrio”. A pergunta deflagradora, lançada aos alunos, procurava remeter a uma situação do cotidiano: “Como manter o guindaste de construção civil em equilíbrio?” Quanto à estrutura do experimento, os licenciandos responsáveis pretendiam que os alunos explorassem possibilidades de posicionamento de pesos de diferentes massas ao longo dos braços de uma alavanca interfixa. Em não havendo material para isso, criaram seu kit experimental utilizando uma pequena coluna de madeira (para apoio da alavanca), régua de plástico (que funcionaram como alavancas durante o experimento) e tampas de garrafas PET com moedas em seu interior (os pesos deslocáveis ao longo das régua). A ideia geral do experimento e as atividades propostas durante a aula foram bem sucedidas quanto a promover a participação dos alunos. O kit, no entanto, apresentou várias deficiências de concepção e confecção. As escalas das régua não estavam perfeitamente centralizadas, as colunas de madeira tombavam, o topo das colunas formava uma plataforma quadrada que segurava a régua na vertical,

as massas das moedas utilizadas (R\$ 0,50 e R\$ 0,10) não estavam exatamente na proporção ideal (2:1) etc. Sob tais circunstâncias, os resultados obtidos a partir do experimento ficaram muito imprecisos, dificultando a (pretendida) formulação de hipóteses sobre relações entre peso e distância. Com isso, os alunos algumas vezes procuraram fabricar artificialmente as respostas “esperadas”, seja consultando os colegas, seja interferindo no experimento (por exemplo, segurar a régua até encontrar uma distribuição “quase” estável). Por outro lado, em determinado momento, algo surpreendente aconteceu: um dos grupos de alunos encontrou que os pesos marcados com etiquetas de 20g pareciam ter a mesma massa que os pesos que deveriam corresponder a 10g! Assim, após um pequeno colóquio sobre o fato, alguns licenciandos e alunos resolveram trazer à sala uma balança de precisão, e descobriram que os pesos de 20g haviam sido rotulados de forma errada!

Houve ainda três outras situações em que os alunos realizaram as tarefas propostas sem estabelecerem novas aprendizagens, isto é, reproduzindo o que já sabiam, ou “trapaceando”. Em uma dessas ocasiões, um grupo de alunos, ao não conseguir obter o maior alcance do tiro de canhão com a inclinação de 45°, registrou no roteiro medidas “fictícias”.

Contudo, episódios como estes fizeram com que os licenciandos levantassem uma série de questionamentos, interessantes para a sua formação docente em geral, e também para a compreensão das características e demandas do ensino por investigação. Assim, colocaram em pauta aspectos como os seguintes: (i) importância da boa qualidade de concepção e confecção dos materiais experimentais; (ii) necessidade do teste e aperfeiçoamento dos materiais empregados, não apenas uma única vez, mas como parte de um ciclo que inclui o feedback de aula; (iii) atenção para com as perguntas propostas aos alunos, para ver se de fato representam novidade, e estimulam investigações de caráter prático; (iv) possibilidades para que as dificuldades e imprevistos ocorridos em aula sejam encaminhados como investigação e oportunidades de aprendizagem, como nos casos (anteriormente citados) da interferência nos fatores de equilíbrio da régua e do uso da balança para o checar o resultado do experimento. Enfim, quando se propõem aos alunos investigações, nomeadamente as de caráter prático, é preciso refletir se as tarefas, perguntas, instruções ou materiais estão adequados, e também se os alunos dispõem dos conhecimentos factuais e conceituais necessários, tendo em vista os objetivos de aprendizagem / desenvolvimento propostos (cf. Hodson, 2005).

Por fim, a experiência com as aulas do minicurso deu destaque bem visível ao fato de que o suporte proporcionado pelo professor é essencial a fim de que os alunos não fiquem perdidos *e não se desmotivem*. Um episódio exemplar a respeito dessa problemática é o que segue. Um dos grupos recebeu um kit que estava tão precariamente confeccionado que simplesmente não funcionava. Esse grupo foi ficando cada vez mais ansioso, estressado e, depois, desanimado, porque via que os colegas estavam avançando e eles não. Tão logo perceberam a situação, os licenciandos tentaram ajudá-los, mas, aparentemente, já era tarde demais (pois havia vários grupos solicitando a ajuda dos professores ao mesmo tempo), e o prejuízo das expectativas daqueles alunos com dificuldades não teve como ser revertido.

Conclusão

De um modo geral, os licenciandos consideraram ter progredido bastante quanto a seus conhecimentos teóricos e práticos a respeito da atividade docente, notadamente em relação ao trabalho com abordagens problematizadoras e investigativas. Fatores que contribuíram para tal aprendizagem, segundo as manifestações desses graduandos, foram o contínuo intercâmbio de ideias com os colegas e o professor; o planejamento em vários ciclos de proposição-debate-reformulação; e a circunstância de terem não somente planejado, mas também colocado em prática os roteiros de aulas (desenvolvendo assim saberes de caráter experiencial) (Marcelo, 1999; Tardif, 2004; Carvalho & Gil, 2006).

Dentre os conhecimentos adquiridos, mencionaram, em síntese, (1) noções sobre o “caminho” - características principais das abordagens investigativas, cuidados a serem tomados

durante o planejamento das atividades e durante o trabalho em aula etc. -, (2) noções sobre desafios derivados das condições de implementação do ensino (tempo disponível, características das turmas de alunos etc.), (3) noções sobre o trabalho em aula com problematizações e (4) noções sobre perspectivas inovadoras para as práticas de laboratório.

Especificamente quanto à aprendizagem referente a abordagens investigativas, os dados aqui apresentados (que se confirmam pelas observações de aula) sugeriram que os licenciandos conseguiram colocar em prática uma variedade de estratégias importantes para promover entre os alunos a “construção de conhecimentos” físicos como uma “pesquisa dirigida” (Carvalho & Gil, 2006, p. 42). Assim, entendemos que, embora com adaptações e simplificações próprias do contexto e etapa de aprendizagem profissional, os licenciandos contemplaram uma parte satisfatória dos itens destacados por Carvalho e Gil (2006, p. 49) e listados acima no “Breve quadro teórico de sustentação da pesquisa”, de tal modo que viessem a acontecer em aula

- a apresentação de problemas abertos considerados acessíveis e interessantes pelos alunos;
- o debate de conceitos e hipóteses;
- o trabalho em grupos visando à resolução dos problemas propostos;
- a realização de experimentos;
- o contínuo diálogo dos alunos entre si e com os professores em torno de perguntas, dúvidas e curiosidades relativas aos temas de estudo;
- a análise dos resultados dos experimentos e das discussões;
- a formulação de conclusões; e
- o registro escrito / pictórico dos dados, conclusões e reflexões nos roteiros de trabalho fornecidos e nos cadernos de anotações dos próprios participantes.

Não aconteceram ou não foram claramente perceptíveis, nas condições da experiência pedagógica realizada,

- o intercâmbio sistemático de resultados e reflexões entre os grupos de alunos (nota: esse intercâmbio acabou ficando fora dos planos de aula devido à preocupação com a escassez do tempo disponível);
- a elaboração passo a passo de sínteses com a turma toda acerca dos conhecimentos físicos construídos (nota: as sínteses com a turma toda ficaram para a etapa final do minicurso, e antes disso houve apenas as trocas de ideias e a formulação de conclusões no interior de cada grupo de alunos);
- o emprego e teste dos conhecimentos construídos em uma variedade de novas situações (nota: o minicurso possuía carga horária limitada, e a opção do professor de Instrumentação foi a de repartir essa carga horária entre as seis duplas de licenciandos, para que todos esses graduandos tivessem uma destacada participação autoral nas atividades de planejamento e condução de aulas);
- a ênfase em relações CTS (nota: a menção a relações entre conhecimentos físicos e determinadas situações do cotidiano esteve presente em todas as aulas, mas não foi tema principal ou aspecto que recebeu aprofundamento quanto à dimensão da alfabetização científica ou Natureza da Ciência); e
- a proposição de novos problemas de investigação decorrentes dos estudos realizados (nota: nesse caso também não houve a pretensão de apontar desdobramentos do trabalho realizado, devido ao caráter mais ou menos pontual do curso).

As adaptações, modificações e supressões das estratégias de ação sugeridas teoricamente são compreensíveis diante da etapa de formação em que se encontravam os licenciandos, do contexto de implementação existente e da própria complexidade da proposta de organização do ensino que foi objeto de estudos na disciplina. Zeichner inclusive ressalta a importância de ponderarmos o alcance da formação inicial, cujo papel é proporcionar um ponto de partida adequado e a capacidade de o futuro professor continuar desenvolvendo-se, de modo que não faz sentido supor que essa formação

deva dar finalização a um processo de crescimento que, tipicamente, continua ao longo de toda a carreira docente (cf. Zeichner, 1993, p. 17, 55; Carvalho & Gil, 2006, p. 49).

Quanto à avaliação geral do minicurso, os licenciandos apontaram que as aulas em si mesmas e o minicurso como um todo, embora bem sucedidos, sofreram de certa fragmentação entre atividades experimentais, estudo das explicações teóricas dos fenômenos e abordagem das relações entre física e cotidiano. Assim, à guisa de reformulações, sugeriram melhor delimitação temática do curso; melhor sequenciamento das aulas; maior cuidado com a definição e preservação dos momentos de socialização e sistematização dos conhecimentos; aulas melhor compatibilizadas com o tempo disponível; e aulas que integrem simultaneamente os três aspectos destacados (cotidiano, experimentação e sistematização teórica).

Nota-se assim que os licenciandos avançaram quanto a conhecimentos e reflexões importantes para o exercício da docência e, em particular, para o trabalho com abordagens investigativas. Mais que isso, eles se mostraram, conforme já salientado acima, simpáticos às abordagens estudadas, possivelmente devido a um processo de validação pela experiência (Tardif, 2004, p. 48, 161).

Por outro lado, ao serem perguntados sobre perspectivas de sua atuação futura como docentes, os licenciandos destacaram que ainda não se sentiam seguros para planejar e desenvolver as aulas sozinhos (segundo uma abordagem investigativa), considerando importante, para isso, voltar ao estudo da literatura acadêmica e contar com o auxílio de interlocutores (colegas, assessores etc.). Entende-se, assim, que os licenciandos passaram por um processo de iniciação a uma nova maneira de pensar o ensino, processo este que requer, no entanto, suporte e novos desafios e vivências a fim de ter continuidade no futuro (Marcelo, 1999, p. 119-132).

Portanto, em síntese, os resultados obtidos sugerem que os licenciandos participantes da pesquisa, mediante sua experiência docente em contextos de ensino por investigação,

- adotaram uma postura crítica em relação às abordagens tradicionais do ensino de física;
- construíram uma percepção positiva acerca das abordagens investigativas, e adquiriram noções teórico-práticas a respeito dessas abordagens;
- melhoraram saberes e habilidades para o trabalho em torno de questões, e para a proposição de experimentos que instiguem a participação intelectual dos alunos;
- adquiriram conhecimentos experienciais sobre imprevistos que acontecem em aula;
- constataram e refletiram sobre a dificuldade de conciliar planejamento e execução, inclusive no que tange ao dimensionamento do tempo e das tarefas aos alunos;
- refletiram sobre a importância de que o ensino preveja momentos de socialização e sistematização dos conhecimentos (cf. Carvalho, 2014, p. 12-14);
- puderam avançar em seu processo geral de iniciação à docência, conforme as várias vivências que foram relatadas no presente artigo.

Finalmente, os dados aqui apresentados levantaram questões que contribuem para uma reflexão sobre o próprio processo de implementação do ensino por investigação.

Uma inovação com tais características tende a não se adaptar facilmente à matriz convencional de conteúdos curriculares, modos de utilização do tempo e processos de interação humana. Daí que sua implementação exija redefinir em maior ou menor grau a lógica do trabalho em aula (cf. Giordan & De Vecchi, 1996, p. 10-12; Tardif, 2004, p. 112-132). Diante disso, cabe discutir, em cada contexto educativo, qual o espaço para tais redefinições, tendo em vista (i) os condicionantes que delimitam o

trabalho em aula (Zeichner, 1993; Rezende & Ostermann, 2005); e (ii) a complexidade das demandas da educação escolar, que parecem requerer o emprego de uma multiplicidade de métodos e estratégias, conforme os diferentes objetivos e conteúdos a serem desenvolvidos, não podendo apoiar-se em uma única teoria pedagógica ou abordagem de ensino, por mais versátil que seja esta (cf. Laburú, Arruda & Nardi, 2003).

Assim, o justificável interesse dos professores em incorporar o ensino por investigação precisa ser coordenado com as eventuais restrições oriundas da concepção de currículo adotada, que poderão determinar desde o acolhimento de uma mudança em larga escala até a adoção apenas parcial ou pontual da inovação proposta. Por outro lado, há a possibilidade de articulação produtiva entre as contribuições do ensino por investigação e propostas didáticas oriundas de outras vertentes (pluralismo metodológico), desde que não haja contradição fundamental entre elas (cf. Laburú, Arruda & Nardi, 2003; Tardif, 2004, p. 178-180). Aliás, determinados princípios gerais das abordagens construtivistas / investigativas, que há muito tempo se mostram aplicáveis e frutíferos, tais como a explicitação e consideração dos problemas aos quais os conhecimentos científicos dão uma resposta, o destaque das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), a consideração dos conhecimentos prévios do aprendiz e o estímulo ao engajamento intelectual dos estudantes (cf. Cachapuz et al., 2011, p. 109-110, 198-202), deveriam ser valorizados como referências para o ensino de ciências naturais em quaisquer situações, a fim de que não se retroceda a propostas de uma educação escolar sem sentido, baseada na “memorização mecânica do conteúdo narrado” (cf. Freire, 1968, p. 80).

Uma demanda crucial para a implementação do ensino por investigação diz respeito ao professor familiarizar-se com uma nova forma de trabalhar com questões: não apenas saber propor questões deflagradoras adequadas, como também desenvolver a habilidade e a intuição para manter com os alunos um diálogo alimentado por perguntas. Reputamos como essencial, nesse âmbito, o aspecto sublinhado pelos licenciandos, de procurar “*encontrar um meio termo entre lançar perguntas e sugerir / antecipar respostas*” (L4). Tais aprendizagens podem ser objeto da formação inicial de professores, reconhecendo-se, porém, que dependem muito da interação com situações da prática real, daí que possuam forte ligação com o processo de elaboração de saberes experienciais, cuja fonte são, por exemplo, as vivências de modelagem didática, o estágio supervisionado, as atividades de iniciação à docência e o próprio exercício da profissão.

Outro desafio intimamente relacionado ao anterior é o de transformar as atividades práticas habituais em recursos para a investigação de situações problemáticas abertas. Também neste caso exercícios teóricos podem ser realizados durante o período de formação inicial (por meio de confecção de planos de aula), mas supõe-se que uma aprendizagem mais rica, crítica e significativa deva advir da implementação e avaliação de propostas em contextos de ensino simulado ou real (abrangendo, por exemplo, modelagem ou estágio) (cf. Carvalho & Gil, 2006, p. 49).

Os dados aqui analisados alertaram ainda contra possíveis traduções ingênuas das proposições da didática das ciências (cf. Cachapuz et al., 2010, p. 43-44, 113), as quais venham a minimizar o papel dos conteúdos curriculares sistematizados, colocando sua esperança ora nas trocas de ideias entre os próprios alunos, ora na pesquisa autônoma, ora na observação de fenômenos, ora num ciclo que vai do não saber ao saber etc. De fato, as manifestações dos licenciandos, com as quais compactuamos, foram em outra linha: *Durante as aulas do minicurso, o fato do aluno já saber algo, ter uma ideia errada ou não ter ideia nenhuma fez muita diferença, e é importante o professor trabalhar isso* (L1, L4, L5); *Os alunos tiveram certa dificuldade na realização do experimento, e isso só melhorou depois que eles leram algumas explicações que havia no roteiro* (L1); *O professor precisa encontrar um meio termo entre lançar perguntas e sugerir / antecipar respostas* [fala de L4, já citada acima].

Assim, cabe a reflexão sobre momentos e estratégias a fim de que os alunos tenham contato com os conhecimentos sistematizados (cf. Cachapuz et al., 2010, p. 62-63; cf. Carvalho, 2014, p. 15, 82-84), evitando que o ensino por investigação seja estruturado como uma espécie de expressão ingênua de espontaneísmo, empirismo e / ou autodidatismo.

Ao longo do minicurso aqui mencionado, as informações conceituais novas foram proporcionadas por meio dos aportes encontrados nos roteiros de trabalho entregues aos alunos, e também por meio dos diálogos entre licenciandos e alunos durante a realização das atividades com os kits. Além disso, na parte final do minicurso, alguns momentos foram reservados para a sistematização dos conceitos físicos abordados, sendo todavia que, conforme já apontado, tal opção de cronograma prejudicou uma melhor articulação entre as investigações práticas e o debate das explicações dos fenômenos estudados.

Desse modo, é importante que o planejamento de uma sequência de ensino por investigação estabeleça com antecedência as fontes que deverão proporcionar informação conceitual (textos, ilustrações, vídeos, filmes, documentários, falas do professor etc.), as estratégias para interação dos alunos com essas fontes e os momentos em que se darão tais atividades, a fim de que os alunos sejam periodicamente alimentados com os aportes necessários à realização das investigações propostas e à obtenção das aprendizagens pretendidas.

Reiteramos, por último, a riqueza dos saberes experienciais que podem ser elaborados por licenciandos e professores em serviço ao se engajarem como docentes no desenvolvimento de experiências de ensino por investigação. Trata-se de saberes de grande valor formativo, já que diversificam o repertório desses licenciandos e professores quanto a alternativas para enfrentar “os fracos resultados do paradigma de Aprendizagem por Transmissão/Recepção” (Cachapuz et al., 2011, p. 110).

Referências

- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Cachapuz, A., Gil-Pérez, D., Carvalho, A. M. P., Praia, J., & Vilches, A. (2011). *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez.
- Carvalho, A. M. P., Vannucchi, A. I., Barros, M. A., Gonçalves, M. E. R., & Rey, R. C. (1998). *Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Scipione.
- Carvalho, A. M. P. (2014). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning.
- Carvalho, A. M. P., & Gil Pérez, D. (2006). *Formação de professores de ciências*. São Paulo: Cortez.
- El-Hani, C. N., & Bizzo, N. M. V. (2002). Formas de Construtivismo: Mudança Conceitual e Construtivismo Contextual. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, 4(1).
- Freire, P. (2014). *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra. (Obra original publicada em 1968).
- Gauthier, C., Martineau, S., Desbiens, J. F., Malo, A., & Simard, D. (1998). *Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente*. Ijuí: Editora UNIJUÍ.
- Gil Pérez, D., Furió Más, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, J., González, E., Dumas-Carré, A., Goffard, M., & Pessoa de Carvalho, A. M. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320.

- Giordan, A., & De Vecchi, G. (1996). *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Hodson, D. (2005). Teaching and learning chemistry in the laboratory: a critical look at the research. *Educación Química*, 16(1), 30-38.
- Laburú, C. E., Arruda, S. M., & Nardi, R. (2003). Pluralismo metodológico no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, 9(2), 247-260.
- Lüdke, M., & Cruz, G. B. (2005). Aproximando universidade e escola de educação básica pela pesquisa. *Cadernos de Pesquisa*, 35(125), 81-109.
- Marcelo García, C. (1999). *Formação de professores: para uma mudança educativa*. Porto: Porto Editora.
- Martins, S. T. F. (2003). Processo grupal e a questão do poder em Martín-Baró. *Psicologia & Sociedade*, 15(1), 201-217.
- Matthews, M. R. (2014). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Dordrecht: Springer.
- Mauri, T. (1998). O que faz com que o aluno e a aluno aprendam os conteúdos escolares? In C. COLL et al., *O construtivismo na sala de aula* (pp. 79-122). São Paulo: Ática.
- McIntyre, D. (2005). Bridging the gap between research and practice. *Cambridge Journal of Education*, 35(3), 357-382.
- Moreira, M. A. (2018). Uma análise crítica do ensino de Física. *Estudos Avançados*, 32(94), 73-80.
- Nascimento, S. S., Santos, R., & Nigri, E. (2006). Alfabetização científica e tecnológica e a interação com os objetos técnicos. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, 23(1), 53-67.
- Nunes, D. R. P. (2008). Teoria, pesquisa e prática em Educação: a formação do professor-pesquisador. *Educação e Pesquisa*, 34(1), 97-107.
- Rezende, F., & Ostermann, F. (2005). A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, 22(3), 316-337.
- Tardif, M. (2004). *Saberes docentes e formação profissional*. Petrópolis: Vozes.
- Tardif, M., & Zourhlal, A. (2005) Difusão da pesquisa educacional entre profissionais do ensino e círculos acadêmicos. *Cadernos de Pesquisa*, 35(125).
- Viana, G. M., Munford, D., Ferreira, M. S., & Fernandes, P. C. (2015). Relações teoria-prática na formação de professores de Ciências: um estudo das interações discursivas no interior de uma disciplina acadêmica. *Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, 23(100).
- Zeichner, K. M. (1993). *A Formação Reflexiva de Professores: Ideias e Práticas*. Lisboa: EDUCA.