

João Bernardes da Rocha Filho (Org.)

FÍSICA NO ENSINO MÉDIO:

FALHAS E SOLUÇÕES

FÍSICA NO ENSINO MÉDIO:

FALHAS E SOLUÇÕES



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

Chanceler

Dom Jaime Spengler

Reitor

Joaquim Clotet

Vice-Reitor

Evilázio Teixeira

Conselho Editorial

Presidente

Jorge Luis Nicolas Audy

Diretor da EDIPUCRS

Gilberto Keller de Andrade

Editor-Chefe

Jorge Campos da Costa

Agemir Bavaresco

Augusto Buchweitz

Carlos Gerbase

Carlos Graeff-Teixeira

Clarice Beatriz da Costa Söhngen

Cláudio Luís C. Frankenberg

Érico João Hammes

Gleny Terezinha Guimarães

Lauro Kopper Filho

Luiz Eduardo Ourique

Luis Humberto de Mello Villwock

Valéria Pinheiro Raymundo

Vera Wannmacher Pereira

Wilson Marchionatti

João Bernardes da Rocha Filho (Org.)

FÍSICA NO ENSINO MÉDIO:

FALHAS E SOLUÇÕES



PORTO ALEGRE
2015

© EDIPUCRS 2015,

Versão Eletrônica da 1ª Edição impressa no anos de 2011;

CAPA Vinícius Xavier

IMAGEM DA CAPA Miklav - Fotolia

IMAGENS fornecidas pelos autores

REVISÃO DE TEXTO Fernanda Lisbôa

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA Carolina Pogliessi

Edição revisada segundo o novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.



EDIPUCRS – Editora Universitária da PUCRS

Av. Ipiranga, 6681 – Prédio 33

Caixa Postal 1429 – CEP 90619-900

Porto Alegre – RS – Brasil

Fone/fax: (51) 3320 3711

E-mail: edipucrs@pucrs.br - www.pucrs.br/edipucrs



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F537 Física no ensino médio : falhas e soluções [recurso eletrônico] / João Bernardes da Rocha Filho (Org.). – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : EDIPUCRS, 2015. 276 p.

Modo de acesso: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/>>
ISBN 978-85-397-0789-8

1. Educação. 2. Física – Ensino. 3. Física – Ensino Médio. 4. Professores – Formação Profissional. I. Rocha Filho, João Bernardes.

CDD 372.35

Ficha catalográfica elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação da BC-PUCRS.

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfílmicos, fotográficos, reprográficos, fonográficos, videográficos. Vedada a memorização e/ou a recuperação total ou parcial, bem como a inclusão de qualquer parte desta obra em qualquer sistema de processamento de dados. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração. A violação dos direitos autorais é punível como crime (art. 184 e parágrafos, do *Código Penal*), com pena de prisão e multa, conjuntamente com busca e apreensão e indenizações diversas (arts. 101 a 110 da Lei 9.610, de 19.02.1998, Lei dos Direitos Autorais).

PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE FÍSICA NO CONTEXTO DO ENSINO PELA PESQUISA: UMA REFLEXÃO

Márcio Marques Lopes de Oliveira¹

Daniela Govoni Sotelo²

Rita de Cássia da Costa³

João Bernardes da Rocha Filho⁴

A sociedade pós-moderna, com sua dinamicidade, premia a inovação e exige a criatividade, levando os cidadãos a uma dedicação crescente no desenvolvimento de novas competências e habilidades. No entanto, convivemos com baixos índices de desempenho escolar e insatisfação dos estudantes com os métodos da educação formal. A escola parece não cumprir adequadamente o papel de preparar cidadãos capacitados para uma vida produtiva porque, conforme Rocha Filho *et al.* (2007), tem se mostrado incapaz de modificar suas bases, adaptando-as à atualidade e se mantém fundada na autoridade, exigindo de seus membros o conformismo e a obediência enquanto o mundo pede autonomia, iniciativa, criatividade, autorrealização, competência e capacidades de expressão emocional e racional.

Essa incapacidade da escola contemporânea é nociva à educação científica, pois reduz a aprendizagem à memorização de conteúdos específicos e pouco úteis à cidadania, excluindo aspectos práticos, éticos e valorativos vinculados à ciência e tecnologia, como sugere Morin (2003). Sugestões para a solução deste problema podem ser inspiradas nas recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999 e 2002) e Orientações Curriculares para o Ensi-

¹ Mestre em Educação em Ciências e Matemática (PPGEDUCEM/PUCRS), Licenciado em Física pela FA-FIS/PUCRS.

² Graduada em Física pela PUCRS.

³ Graduada em Licenciatura em Física pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (2006) e graduada em Licenciatura em Ciências e Matemática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1984), Mestra em Engenharia e Tecnologia de Materiais.

⁴ Organizador deste livro.

no Médio (BRASIL, 2006), que apontam na direção de um ensino não profissionalizante que propicie aprendizados úteis à vida e ao trabalho dos cidadãos. Esses documentos propugnam que o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos na escola se tornem instrumentos efetivos de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação e desenvolvimento pessoal contínuo. A educação científica deve, portanto, para se adequar às expectativas globais expressas pelos documentos nacionais oficiais da educação, contribuir para a formação de indivíduos comprometidos com o bem comum, capazes de solucionar problemas locais, seus e da comunidade, de modo que, também segundo Demo (2000), a cidadania que se elabora na escola deve fundar-se no conhecimento para estabelecer uma sociedade ética, equitativa e solidária.

Além disso, Moraes (2004) afirma que a aprendizagem é construção e complexificação de conhecimentos mediados pelo incentivo à pesquisa, com participação intensa de quem aprende. No entanto, para grande parte dos alunos, segundo Laburu (2006), estudar, frequentar aulas e fazer as lições de física constituem tarefas árduas e maçantes, que são cumpridas apenas por obrigação, devido à pressão da família e da sociedade, ou para obter um certificado na tentativa de garantir um futuro profissional melhor. Mas a educação científica pode ser satisfatória e produzir sentido no educando em níveis superiores aos que são obtidos atualmente, segundo Moraes (2004), por meio da pesquisa em sala de aula.

Por isso, Demo (2000) afirma que a pesquisa não deve ser apenas tarefa do cotidiano de cientistas, mas sim constituir o ambiente diário do professor e do aluno, e isto representa um dos conceitos centrais do currículo reconstrutivo. Aí está incluída a experimentação e demais atividades práticas realizadas no ensino de física, às quais Moraes (2004) atribui um novo sentido: a de reelaboração do saber. No entanto, esta prática não deve ser centrada exclusivamente “na interação individual de alunos com materiais instrucionais, nem se resumir à exposição de alunos ao discurso professoral” (BRASIL, 1999, p. 7), mas também na participação conjunta e integrada de cada um com o propósito de constituir um processo de construção cultural.

A PROPOSTA DOS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO DE NÍVEL MÉDIO

A visão de educação formal de nível médio apresentada nos Parâmetros Curriculares (*ibidem*) e nas Orientações Curriculares (BRASIL, 2006) volta-se para a construção de práticas docentes promotoras da formação cidadã e não meramente funcional. Esses documentos propõem uma educação científica que tem por objetivo construir conhecimentos e habilidades úteis para a vida e não somente

para o ambiente escolar. Neles, o sentido do aprendizado da física relaciona-se à construção de uma visão humanista da ciência, acentuada já em documentos legais anteriores, com um entendimento de ciência como processo, e não como produto. Também a maturidade dos estudantes neste nível de ensino orienta os objetivos educacionais na ênfase da promoção de habilidades, competências, valores e atitudes benéficas para a formação cidadã. Além disso, há uma preocupação de que o ensino da física ultrapasse o conteúdo curricular e abranja descobertas, transformações e a evolução do conhecimento humano, em uma concepção integradora de aprendizagem na qual a noção de conhecimento não se apresenta restrita às áreas específicas do saber científico.

Nos documentos oficiais, o perfil almejado para o concluinte do ensino médio associa-se às necessidades da sociedade contemporânea, marcada pelo dinamismo e pela emergência de cidadãos capazes, autônomos e criativos. Por outro lado, esse perfil coincide com o anseio do estudante cansado da rotina escolar, que a suporta apenas pelos motivos pragmáticos apresentados por Laburu (2006), ou para obter aprovação a uma etapa subsequente de estudos.

Mas a formação de cidadãos passa pelo desenvolvimento da capacidade de gerir a informação em um mundo dinâmico, no qual quase todo conhecimento humano está disponível na internet e pode ser consultado a partir de qualquer computador. Ainda que a disponibilidade irrestrita de informações caracterize uma situação de violência, na medida em que qualquer pessoa está sempre e inevitavelmente desatualizada perante a instantaneidade da internet, do cidadão contemporâneo exige-se, além da capacidade de acessar estas informações, habilidade para lidar com elas criando novos conhecimentos no seu campo de atuação. Esta é uma característica inelutável da contemporaneidade.

No entanto, boa parte dos resultados almejados no discurso dos documentos oficiais não se concretiza, e os críticos da educação contemporânea apontam que nosso sistema educacional pratica um modelo de aprendizagem reprodutiva baseada na cópia, e que a escola de hoje funciona de forma quase idêntica em relação à escola de décadas no passado, com professores transferindo conhecimentos gradualmente para os estudantes. Ainda que os *copy-pastes* digitais atuais tenham substituído parcialmente as cópias de livros, a aprendizagem que resulta disso continua sendo fraca, refletindo-se na baixa capacidade dos alunos de interpretar, resolver, criar e aplicar os conteúdos estudados na escola, mesmo porque os livros também persistem apresentando a física de forma tradicional “[...] claramente não compatível com os objetivos enquadrados nos preceitos de uma formação como cultura contemporânea” (NASCIMENTO, ALVETTI, 2006, p. 33).

O problema estaria na concepção de ensino escolar centrado no repasse do conhecimento de uma pessoa a outra, como se aquele fosse uma substância. Consequentemente, o papel do professor precisaria ser reformulado, e a capacitação para o uso da experimentação no contexto de uma educação pela pesquisa poderia fazer parte dessa reformulação.

A EDUCAÇÃO PELA PESQUISA: UMA BREVE APRESENTAÇÃO

A pesquisa em sala de aula, proposta por Demo (1997) como uma alternativa capaz de minimizar problemas apresentados pela educação escolar tradicional, seria capaz de redefinir o papel do professor, adequando-o à era da informação, assim como servir à implantação de uma cultura escolar baseada na pesquisa. Além disso, a substituição das aulas copiadas, que é uma das proposições da educação pela pesquisa, parece essencial para a ampliação do alcance de pelo menos um dos objetivos expressos nos documentos oficiais: a formação de cidadãos aptos a atuarem de forma crítica e ética em todas as esferas sociais.

A pesquisa na sala de aula, como compreendida neste artigo, é uma proposta parcialmente epistemológica e parcialmente propedêutica que aborda as questões referentes ao papel que a pesquisa deveria assumir no cotidiano escolar. Para Demo (2000), a educação pela pesquisa fundamenta-se no reconhecimento de que o aluno é sujeito do processo ensino-aprendizagem, e que deve atingir competências educacionais consistentes e de longo prazo. No contexto da educação pela pesquisa a argumentação supera a cópia como estrutura central da construção de conhecimento, pois quando o aluno se manifesta em sala de aula se assume como sujeito de sua própria aprendizagem. Por isso, a educação pela pesquisa considera que a simples redação de trabalhos e relatórios para posterior entrega ao professor pode não contribuir de forma importante para a aprendizagem, porque não garante a construção da capacidade argumentativa e reflexiva.

Segundo Demo (*ibidem*), a educação pela pesquisa não consiste apenas em uma visão pedagógica diferenciada, mas em um enfoque relacionado ao desafio de constituir o ambiente escolar como propulsor do desenvolvimento das capacidades formal e política, até o ponto de tornar a pesquisa escolar e acadêmica o modo próprio de educar. Também não envolve receitas de ação, mas está relacionada à atitude do professor, e neste sentido difere de uma simples metodologia de ensino. Entre seus pressupostos estão o investimento na leitura, no diálogo, na escrita e na pesquisa, como princípios ativos da aprendizagem. Ao propor objetivos mais consistentes para as atividades de sala de aula, diversificando-as e aproximando-as das características da ciência, como a investigação e a aplicação dos conhecimentos, seriam criadas condições para a construção própria do saber,

despertando ludicamente a aprendizagem por meio da busca pelo conhecimento.

Em síntese, a educação pela pesquisa é vista como uma forma de superação da aula copiada e de aplicação da pesquisa como atitude cotidiana na sala de aula. Busca a construção de competência na elaboração crítica e na argumentação consistente, levando o aluno a aprender a aprender com autonomia e criatividade. Para isso a educação pela pesquisa aposta no exercício da escrita sustentada na interlocução com teóricos e com a realidade, submetendo sua produção a críticas qualificadas e rigorosas, visando sua validação (GALIAZZI, MORAES, 2002). É justamente nesta interlocução com a realidade que a experimentação pode contribuir mais diretamente com a educação pela pesquisa, no ensino de física.

REFLEXÕES SOBRE EXPERIMENTAÇÃO NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO PELA PESQUISA

Para Moraes e Mancuso (2004), investir no lúdico não significa apenas atrair o aluno pela sensação de novidade que uma atividade experimental pode proporcionar, mas sim utilizar esse inesperado para construir um conhecimento mais próximo do aluno. Além disso, atividades experimentais podem ser promotoras de aprofundamento nos aspectos teóricos da física. Pesquisas realizadas por Lederman (2001) corroboram a proposição de que a experimentação é um fator que agrega não apenas conhecimentos teóricos, mas também combate o repúdio que comumente é manifestado pelos jovens em relação à física e outras ciências. Lederman obteve índices maiores de ampliação dos conhecimentos teóricos nos alunos que trabalharam com pesquisas e atividades experimentais em relação àqueles que estudaram os mesmos conteúdos apenas de forma teórica. No entanto, (*ibidem*, p. 11) “O trabalho de laboratório deve ser guiado pela pesquisa (o oposto de *laboratórios de receita de bolo*) e projetado para iluminar conceitos” (tradução nossa).

Logo, a simples realização de atividades experimentais não garante a aprendizagem, pois atividades práticas podem ser utilizadas de forma pouco eficaz, em termos educacionais, como apresentação de teorias estabelecidas ou comprovação de verdades científicas. Nesses casos, aluno e professor apenas reproduzem sequências de procedimentos com o objetivo de obter os mesmos resultados de seus antecessores, sem incentivo à discussão, crítica ou autonomia.

Ainda que meios materiais adequados estejam disponíveis, a observação descompromissada de experimentos demonstrativos ou operacionalização de sequências de passos rigorosamente estipulados não garante níveis mínimos de aprendizagem, mas apenas atesta que estudante e professor são capazes de seguirem procedimentos técnicos. Essa é uma tendência alienante com a qual se defronta a educação e que segue o ritmo de muitas organizações humanas que,

segundo Perrenoud (2000), funcionam de acordo com rotinas amplamente desconectadas de suas razões de serem. Por isso, do professor é necessária não apenas competência, mas também energia e coragem para manter autocrítica constante sobre cada ação pedagógica. Por isso, a experimentação realizada no contexto de um ambiente escolar de pesquisa, do tipo usado por Lederman (2001), pode trazer significado e aumentar as chances de que ocorra aprendizagem.

Apesar disso, a experimentação é pouco utilizada no ensino de física, o que levou Pena e Ribeiro Filho (2009) a investigarem relatos de experiências pedagógicas publicadas em periódicos nacionais entre 1971 e 2006. Neste estudo, eles verificaram que os principais obstáculos ao uso da experimentação no ensino da física são: a) a falta de pesquisas sobre a aprendizagem associada à experimentação; b) a despreparação dos professores para trabalharem a física por meio de atividades experimentais; e c) as más condições de trabalho oferecidas aos professores, que desfavorecem o uso de experimentos, ou seja, as escolas não possuem instrumentos ou espaço físico laboratorial, ou as condições materiais disponíveis são insuficientes devido ao grande número de alunos.

Outros autores também investigaram o tema, concluindo que a experimentação é pouco utilizada no ensino de física praticado nas escolas por razões múltiplas e de superação complexa, que envolvem principalmente a carência de recursos materiais, como laboratórios e equipamentos (STELLA, CHOIT, 2006), a falta de preparação dos professores para utilização da experimentação didática (CHAGAS, MARTINS, 2009), a pouca disponibilidade de tempo curricular para a preparação e exploração da experimentação (KANBACH, LABURU, MOURA DA SILVA, 2005), e a noção de que a experimentação é dispensável na educação científica escolar (FARIAS, 1992). As três primeiras causas são bem conhecidas e identificáveis na literatura, em artigos atuais que exploram a observação do cotidiano escolar ou analisam os discursos dos professores. A quarta causa, entretanto, é menos explícita, mais antiga, e originou-se no movimento de resistência intelectual à expansão ideológica americana no período da guerra fria.

Em 1966 houve uma tentativa de adequar a educação científica nacional ao modelo americano, materializado no acordo MEC-USAID (PINA, 2008), e parte importante da intelectualidade não vinculada ao governo militar brasileiro de então percebeu neste acordo uma ingerência externa nos rumos da educação nacional, que intencionava a despolitização ou desideologização do ensino universitário, dando-lhe uma ênfase tecnicista. Dado o caráter impositivo do acordo, uma das poucas reações possíveis foi a amplificação do aspecto questionador discursivo e dialógico da educação, com a correspondente negação do tecnicismo, o que terminou por deslocar a experimentação didática para um plano secundário, embora

não fosse essa a intenção original dos professores e teóricos da educação brasileiros. Assim, por exemplo, a pedagogia crítica de Paulo Freire, cuja origem data da mesma época, tende a não enfatizar a experimentação, da mesma forma que as epistemologias e metodologias que dela sofreram influência, entre as quais a educação pela pesquisa.

Por isso, coube à Moraes (2004) alertar a comunidade educacional de que a experimentação se insere harmoniosamente nos pressupostos da educação pela pesquisa. A experimentação que a educação pela pesquisa propõe, no entanto, é aquela de cunho investigativo, que não se orienta para resultados definitivos ou respostas prontas, que não pode ser confundida com demonstração e que necessita de alunos ativos e empenhados no próprio desenvolvimento. Assumindo esse perfil investigativo as atividades experimentais viabilizam o relacionamento entre os aspectos teóricos e empíricos dos vários conteúdos, facilitando, por exemplo, o alcance do domínio sobre a linguagem adotada pelas ciências, o que é um dos objetivos oficiais da educação brasileira de nível médio.

UMA EXPERIÊNCIA COM UMA OFICINA DE FÍSICA

Na busca por melhor compreensão quanto à forma de realização e resultados da proposição de atividades experimentais no contexto de aulas centradas nos pressupostos da educação pela pesquisa, no âmbito escolar, foi oferecida uma oficina de física a alunos de uma escola pública de ensino médio localizada na zona central de Porto Alegre. Para isso, obteve-se o apoio da direção e da professora de física da escola, assim como de uma bolsa de iniciação científica viabilizada com recursos da FAPERGS, atribuída a uma aluna de licenciatura em física que assessorou os encontros, observados também por estagiários matriculados na disciplina de estágio supervisionado do mesmo curso. A oficina foi oferecida a uma turma regular do primeiro ano do ensino médio, no período de março a junho de 2008, em dez encontros de dois períodos letivos cada, aos sábados pela manhã. Dos vinte e nove alunos matriculados na turma, todos com menos de vinte anos, participaram da primeira oficina dezoito alunos, mas este número subiu gradualmente até atingir vinte e três alunos, no último encontro.

A apresentação da proposta aos alunos, com o convite para comparecerem voluntariamente à oficina, foi realizada pela professora, em horário normal. No primeiro encontro os tópicos e as atividades a serem desenvolvidos foram discutidos com os presentes. Foi escolhido como tópico inicial o tema energia, pois, além de estar relacionado com o cotidiano dos alunos, seria um tema facilitador para futuras abordagens de outros conteúdos daquele ano – compromisso assumido com a professora e a direção da escola na apresentação do projeto. A oficina foi

planejada em concordância com os pressupostos da educação pela pesquisa, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio.

A estruturação geral dos encontros considerou: a) a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos; b) a definição dos tópicos que seriam abordados; c) a listagem das competências e habilidades que seriam desenvolvidas; d) a elaboração das questões gerais que seriam propostas; e) a escolha do material disponibilizado e das técnicas experimentais que seriam utilizadas, e; f) a elaboração e aplicação de instrumentos de avaliação, incluindo aspectos da dinâmica argumentativa do grupo e da capacidade de expressão escrita e resolução de problemas sobre o tema estudado. A avaliação de cada encontro considerou: a) o relato escrito da professora da turma e da bolsista de iniciação científica; b) a coerência e precisão da produção escrita e das argumentações dos alunos, além da precisão na resolução dos problemas propostos; e c) a capacidade de agir cooperativamente nas atividades experimentais e de pesquisa, demonstradas pelos alunos. Além dessas avaliações, ao fim dos dez encontros os alunos realizaram um teste relativo aos conteúdos de física estudados, estruturado a partir de problemas a serem resolvidos pelos estudantes.

As competências e habilidades consideradas no planejamento foram, dentre as indicadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (1999 e 2002), aquelas que melhor se adequavam à proposta da oficina e que seriam estruturantes para os trabalhos subsequentes. Entre elas, teve-se como objetivo elementar que cada aluno participante do projeto fosse capaz de correlacionar cada tópico com aplicações cotidianas típicas, elaborasse uma argumentação própria, escrita e falada, atuasse ativamente em um grupo de trabalho e conseguisse solucionar problemas formais sobre o tema estudado.

Nem sempre a proposta inicial de certo encontro pôde ser mantida, pois aconteceu de algum questionamento pertinente conduzir as atividades para um rumo alternativo, fazendo com que o planejamento não se concretizasse em sua integralidade. Mas esse fato não impediu o estudo aprofundado do tema energia e ficou registrado nas anotações de campo para que fosse possível avaliar os resultados obtidos de forma coerente com as atividades efetivamente realizadas, que incluíram: a busca de informações gerais sobre energia em jornais, revistas e internet; sessões de discussão sobre temas polêmicos relacionados à energia; identificação das diferentes formas em que a energia se apresenta nos fenômenos cotidianos e como esses se relacionam com as atividades da vida contemporânea; busca de dados e preparação de apresentações quanto aos impactos ambientais do uso das diferentes fontes energéticas; atividades experimentais para coletar

evidências da conservação de energia nos processos físicos; quantificação da energia potencial, cinética e elástica por meio de experimentos; estudo da relação entre a energia cinética e os movimentos, descritos por suas funções horárias; e utilização de instrumentos de medida.

CONSIDERAÇÕES E REFLEXÕES FINAIS

Como resultado da pesquisa teórica ficou claro que o processo de ensino e aprendizagem pode ser facilitado quando a sistemática adotada na sala de aula permite que o aluno assuma-se como agente na construção de seu conhecimento, como propõe a educação pela pesquisa, e que a utilização do recurso experimental neste contexto é válida e produtiva. Também ficou explícito que a consideração das ideias prévias trazidas pelos alunos permite problematizações e confrontações que levam à construção de um pensamento mais crítico e melhor fundamentado sobre as questões científicas, e que um número maior de alunos alcança competência por meio de atividades que consideram seus conhecimentos anteriores. No entanto, durante a oficina pôde-se perceber que a elaboração de um plano de atividades que conduza a esse resultado, utilizando experimentação, não é fácil para o professor que leciona em turmas numerosas devido ao pouco tempo de que normalmente dispõe para planejamento, o que confirma pelo menos um item da lista de barreiras à disseminação das atividades experimentais no ensino de física, apontadas na literatura.

Também foi evidenciado pela análise do andamento da oficina que a utilização de uma prática pedagógica fundada na experimentação e nos pressupostos da educação pela pesquisa pode evitar os problemas de falta de atenção e de interesse dos alunos. Não foram percebidos sinais de indisciplina, desatenção ou apatia no grupo de alunos durante os períodos de pesquisa, experimentação, argumentação dialógica e produção individual e coletiva. Ao contrário, o grupo foi sempre atuante e atento, e trabalhou de forma intensa e cooperativa quando desafiado pela proposição de atividades de interesse e relevância no seu cotidiano. Esses são sintomas de elevação do nível de engajamento dos estudantes no processo pedagógico instituído, em relação às aulas tradicionais. No entanto, quando foi feita uma intervenção para esclarecer aspectos teóricos do conteúdo abordado, justamente com o intuito de observar a reação dos alunos, pôde-se notar alguma dispersão, de forma semelhante ao que se observa comumente em aulas transmissivas tradicionais. Isso, de certa forma, sugere a necessidade inconsciente que os estudantes do nível médio sentem de escaparem do processo de cópia e das aulas discursivas, e a urgência de superar esta metodologia.

Segundo os relatos resultantes das observações da professora e da bolsista o interesse dos alunos foi aumentando ao longo do andamento da oficina, indicando que o tipo de atividade desenvolvida tende a fazer com que os estudantes assumam-se gradualmente como coautores do processo, e não como receptores de informações, cuja participação é insignificante ou irrelevante. Este sentimento de pertencimento parece ampliar a autoestima individual e coletiva dos estudantes e pode ter um papel decisivo no sucesso da aprendizagem. Uma evidência material disso ficou registrada no caderno de presenças, pois alunos que raramente compareciam às aulas normais, conforme relato da professora, foram aderindo à oficina, fazendo com que o número de participantes aumentasse gradativamente ao longo dos dez encontros.

Considerando que, em números de 2007, houve evasão de 13,2% dos estudantes brasileiros do ensino médio (Info Escola, 2010), o acréscimo gradual de estudantes que aderiram à oficina facultativa, oferecida em dias não previstos no calendário curricular de sua escola, não pode ser desconsiderado. Isso representa uma indicação de que o processo educacional instituído no projeto foi capaz de despertar o interesse pelo aprender, mesmo naqueles alunos cuja baixa frequência às aulas normais sugeria que eles seriam possíveis candidatos à evasão.

As atividades experimentais propostas na oficina contribuíram para a compreensão dos conteúdos, servindo de ponto de partida e confrontação com o senso comum, na introdução de temas que eram desconhecidos dos alunos. Os conteúdos explorados por meio de pesquisa envolvendo experimentação produziram questionamentos mais aprofundados do que se observa em aulas tradicionais, e a atenção durante as argumentações e contra-argumentações dos colegas era maior do que nas situações similares nas quais apenas o professor se manifesta, respondendo aos alunos. Isso talvez se deva à hipótese de que a educação pela pesquisa é propícia a que os alunos se sintam parte ativa do processo de ensino e aprendizagem, portanto responsáveis pela sua execução e mais capazes de questionar e entender o que de fato ocorre nos fenômenos sob investigação.

Quanto à avaliação formal realizada pelos alunos ao final do projeto, o maior índice de acertos se relacionou a aspectos conceituais e de aplicação, e às atividades experimentais desenvolvidas, e os pontos com maior incidência de erros estavam relacionados à resolução matemática dos problemas. Uma possível causa dessa dificuldade foi nossa incapacidade de uniformizar os pré-conhecimentos matemáticos do grupo altamente diferenciado de alunos participantes. Eles provinham de diversas escolas de ensino fundamental da rede pública, em sua maioria da periferia de Porto Alegre, e recém tinham iniciado seus estudos de nível médio.

Ainda assim, o grupo foi capaz de utilizar corretamente os conceitos físicos envolvidos, pois as situações-problema apresentadas foram interpretadas corretamente e as estratégias de solução foram estruturadas de forma adequada. Os equívocos se concentraram na aplicação de regras de sinais e isolamento de variáveis nas equações que descrevem quantitativamente os fenômenos. Também ocorreram erros de interpretação e falta de raciocínio lógico, mas em número pequeno quando comparados aos erros matemáticos por deficiência de conhecimentos básicos.

Em síntese, foi possível introduzir a experimentação como atividade nuclear em uma oficina de física centrada nos pressupostos da educação pela pesquisa, no ensino médio. Porém, o direcionamento qualitativo, sem grupo de controle, e a relativa brevidade da pesquisa não permitem extrapolações dos resultados, e recomenda uma análise mais ampla das atitudes e comprometimentos dos estudantes com a escola e com a disciplina de física, em prazo mais extenso. A avaliação aplicada aos estudantes durante os encontros e ao término da oficina, assim como a análise dos seus relatos e também dos relatos da bolsista e da professora, sugere que essa orientação metodológica tende a produzir níveis mais elevados de aprendizagem em relação aos resultados obtidos por meio de aulas tradicionais. Além disso, os estudantes indicaram que gostariam de continuar com aulas planejadas nesses moldes, e a dedicação que demonstraram na oficina sugere que as dificuldades matemáticas poderiam ser resolvidas com relativa facilidade, na continuidade do trabalho.

Quanto à questão norteadora da investigação que originou este artigo, a experimentação parece ser um modo eficaz de ampliar a profundidade e a abrangência da aprendizagem em física no contexto da educação pela pesquisa. Por meio da investigação bibliográfica e da análise dos resultados da oficina, não foi possível encontrar qualquer contradição ou incompatibilidade entre o uso da experimentação didática e a educação pela pesquisa. Ao contrário, a experimentação aplicada no contexto de uma educação baseada na pesquisa, especialmente no ensino de física do nível médio, parece conduzir a benefícios consistentes em termos de aprendizagem por motivos cujos efeitos se somam. O Quadro 1 mostra uma síntese dos fatores que poderiam justificar essa interação construtiva.

Quadro 1. Características da educação pela pesquisa e da experimentação que concorrem para melhoria dos resultados educacionais, sob utilização concomitante.

Características da educação pela pesquisa	Características da experimentação aplicada ao ensino de física
Incentiva a autonomia na pesquisa e aprendizagem	Promove a investigação experimental própria e cooperativa
Desenvolve a capacidade de argumentação	Requer o desenvolvimento da capacidade de dialogar com a realidade material e com o outro, seja colega ou teórico da ciência
Amplia e aprofunda a consideração dos aspectos políticos do conhecimento	Conduz à investigação histórica e ao questionamento ético da pesquisa
Valoriza a cooperação na busca pelo conhecimento	Subentende a intervenção do outro na superação das dificuldades técnicas e materiais
Conduz ao desenvolvimento da capacidade crítica e do questionamento	Incentiva a reflexão sobre a falibilidade das teorias científicas, das crenças pessoais e da percepção
Rejeita a cópia	Implica abertura para a reflexão ética e o acolhimento e entendimento de fatos novos
Valoriza a criatividade	Desenvolve a criatividade, a habilidade de manipulação dos aspectos materiais da realidade e a intuição científica

Além das características complementares ou coincidentes da experimentação e da educação pela pesquisa apresentadas no Quadro 1, o uso da experimentação como estratégia do ensino de física também promove o apreço pela ciência nos estudantes, dando oportunidade para que a vocação científica se realize. Essa característica não pode ser desprezada, especialmente em um momento histórico no qual o País enfrenta uma crise caracterizada pela falta de professores de física, que se manifesta especialmente no sistema público de ensino médio.

Por fim, os autores agradecem aos estudantes que participaram da investigação, à direção da escola pública que sediou a pesquisa de campo, à professora que cedeu sua turma e incentivou a participação dos estudantes, à bolsista, aos demais licenciandos envolvidos com o projeto e à FAPERGS, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BRASIL. (1999). *PCN Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação – MEC. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/index.php?option=com_content&task=view&id=265&Itemid=255>. Acesso em: 28 nov. 2007.

_____. (2002). *PCN+ Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação – MEC, Secretaria da Educação Média e Tecnológica – SEMTEC. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2010.

_____. (2006). *Orientações curriculares para o Ensino Médio, v. 2. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação – MEC, Secretaria da Educação Básica – SEB. Acesso em: 19 ago. 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>.

CHAGAS, S. M. A.; MARTINS, I. (2009). *O laboratório didático nos discursos de professores de física: Heterogeneidade e intertextualidade*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 26, n. 3, p. 625-649. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/11890/11140>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

DEMO, P. (2000). *Educar pela Pesquisa*. Campinas: Autores Associados, 4ª ed.

FARIAS, A. J. O. (1992). *A construção do laboratório na formação do professor de física*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 9, n. 3, p. 245-251. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/7396/6789>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

GALIAZZI, M. C.; MORAES, R. (2002). *Educação pela pesquisa como modo, tempo e espaço de qualificação da formação de professores de ciências*. Ciência & Educação, v. 8, n. 2. Acesso em: 05 jul. 2010. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/viewissue.php?id=25#Artigos>>.

KANBACH, B. G.; LABURU, C. E.; MOURA DA SILVA, O. H. (2005). Razões para a não utilização de atividades práticas por professores de Física no ensino médio. In: *Sociedade Brasileira de Física, XVI Seminário Nacional de Ensino de Física – Rio de Janeiro: 2005*. Anais. Acesso em: 28 jun. 2010. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0373-1.pdf>.

LABURU, C. E. (2003). *Problemas Abertos e seus problemas no laboratório de Física: Uma alternativa dialética que passa pelo discurso multivocal e univocal*. Investigação em ensino de Ciências, v. 8, n. 3, p. 1-26. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol8/n3/v8_n3_a3.htm>. Acesso em: 29 out. 2007.

_____. (2006). *Fundamentos para um experimento cativante*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 3, p. 382-404.

LEDERMAN, L. (2001). *Revolution in Science Education: Put Physics First!* College Park: American Institute of Physics. Physics Today, sept. 2001, p.11. Disponível em: <<http://scitation.aip.org/getpdf/servlet/GetPDFServlet?filetype=pdf&id=PHTOAD00005400009000011000001&idtype=cvips&prog=normal>>. Acesso em: 16 jun. 2010.

MORAES, R.; MANCUSO, R. (2004). *Educação em Ciências – Produção de currículos e formação de professores*. Ijuí: UNIJUI.

MORIN, E. (2003). *Ciência com consciência*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

NASCIMENTO, T. G.; ALVETTI, M. A. S. (2006). Temas científicos contemporâneos no ensino de biologia e física. *Revista Ciência & Ensino*, v. 1, n. 1. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/36/95>>. Acesso em: 05 de jul. 2010.

PERRENOUD, P. (2000). *Dez novas competências para ensinar*. Porto Alegre: ARTMED.

PINA, F. (2005). Acordo MEC-USAID: ações e reações (1966-1968). In: ANPUH-USP/SP, XIX Encontro Regional de História: Poder, Violência e Exclusão – São Paulo: 2008. Disponível em: <<http://www.anpuhsp.org.br/downloads/CD%20XIX/PDF/Autores%20e%20Artigos/Fabiana%20Pina.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2010.

ROCHA FILHO; J. B.; BASSO, N. R. S.; BORGES, R. M. R. (2007). *Transdisciplinaridade – a natureza íntima da educação científica*. Porto Alegre: EDIPUCRS.

STELLA, S. F.; CHOIT, S. Y. (2006). O não uso do laboratório de física nas escolas de ensino médio da cidade de dourados. *Revista Eletrônica de Ciências da Educação*, vol. 5, n. 1. Disponível em: <<http://revistas.facecla.com.br/index.php/reped/article/viewFile/297/203>>. Acesso em: 28 jun. 2010.