

A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA E O REPENSAR DA PRÁTICA DOCENTE

The process of implementing a sequence of investigative education and the rethinking of the teaching practice

Giovane Pereira Rodes [giovanerodes@gmail.com.br]
Mirian do Amaral Jonis Silva [labec.ufes@gmail.com]
Junia Freguglia Machado Garcia [labec.ufes@gmail.com]
Universidade Federal do Espírito Santo
Av. Fernando Ferrari, 514 – CEP: 29075-910 - Vitória - ES

Recebido em: 17/05/2018

Aceito em: 15/03/2019

Resumo

Este trabalho apresenta uma análise do processo de implementação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), desenvolvida junto a uma turma da primeira série do Ensino Médio em uma escola pública, localizada em Serra, Espírito Santo (ES). O estudo, de natureza qualitativa, decorre de uma pesquisa de mestrado profissional. Os dados foram produzidos por meio de filmagens das aulas, gravações em áudio, produções textuais dos alunos e diário de campo do professor. Os resultados demonstram que o processo de implementação da SEI contribuiu significativamente para potencializar a reflexão e a ressignificação da prática docente e a abordagem de conceitos físicos relativos à Hidrostática.

Palavras-chave: Ensino de física, Ensino de ciências por investigação, Prática docente.

Abstract

This paper analyses the process of implementing an investigative teaching cycle in a first year group of a public High School at the city of Serra, in the state Espírito Santo, Brazil. This qualitative study arises from a professional master's degree research. Data was built upon recorded lessons and audios, texts written by the students and field notes delivered by the teacher. Results show the process of implementing an investigative teaching cycle has remarkably contributed to enhancing teaching practice reflection and resignification as well as the Hydrostatic physical concepts approach.

Keywords: Physics teaching, Scientific inquiry teaching, Teacher practice.

CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

Caracterizado tradicionalmente por uma abordagem empirista, o ensino de física apresenta dificuldades resultantes de um ensino expositivo, superficial, baseado na memorização de conteúdos e formulações matemáticas (Diogo & Gobara, 2007; Gobara & Garcia, 2007; Costa & Barros, 2015). Somam-se às questões de natureza epistemológica, outras que envolvem a formação e a prática profissional docente e que têm levado professores e formadores de professores a discutir outros modos de promover a aprendizagem em Física.

Desenvolver atividades de ensino e aprendizagem interessantes, motivadoras e eficazes tem sido o desafio de professores de Física, compartilhado nos diversos encontros de pesquisa em ensino de Ciências dos quais participamos ao longo dos últimos anos, especialmente naqueles ocorridos no ano de 2017¹, quando tivemos a oportunidade de discutir o trabalho de pesquisa que resultou neste texto².

A constatação desses desafios motivou a realização de uma pesquisa de Mestrado Profissional, já finalizada, da qual destacamos dentre os objetivos a proposta de apresentar alternativas para o ensino de Hidrostática, especificamente o Teorema de Stevin, sob a luz dos pressupostos teóricos e metodológicos do Ensino de Ciências por Investigação, explicitando o processo formativo do professor, também pesquisador e autor deste trabalho, durante a elaboração e desenvolvimento de Sequências de Ensino Investigativas (SEI).

O estudo caracterizou-se como uma pesquisa de intervenção, a partir da implementação de uma SEI, desenvolvida durante o segundo semestre do ano de 2016, em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio, com um total de 38 alunos, em uma escola pública, localizada na região metropolitana da Grande Vitória, no município de Serra, ES. A pesquisa se pautava pela seguinte questão norteadora: *“que posturas didático-pedagógicas são necessárias para a implementação do Ensino de Ciências por Investigação em sala de aula e que contribuições essa vertente pode proporcionar para a aprendizagem de conceitos físicos?”*

Neste artigo propusemos um recorte, dentro desta perspectiva mais ampla, no qual focalizamos o processo de implementação da SEI, destacando aspectos formativos da sua elaboração, enquanto processo indutor da reflexão e ressignificação da prática docente.

Na farta literatura que reafirma as contribuições da abordagem investigativa para a educação em Ciências e destaca as condições para a implementação de uma SEI em sala de aula (Borges, 2002; Azevedo, 2004; Sá, Lima & Aguiar Jr, 2011; Zômpero & Laburú 2011; Carvalho 2011; Capecchi, 2013; Carvalho 2013), nem sempre se explicita a perspectiva do professor que viveu os percalços, as incertezas e as surpresas vivenciadas nesse processo. Quase sempre a ênfase está posta nas experiências bem-sucedidas. Por esta razão, procuramos ao longo deste estudo, dar visibilidade aos dilemas e experiências de aprendizado do professor, entendendo a implementação da SEI também como uma prática formativa.

Essa concepção de ensino e aprendizagem por investigação não é nova. Apesar da polissemia em torno das diversas concepções do Ensino por Investigação na literatura, as propostas de pesquisa com essa abordagem de ensino vêm conquistando nos últimos anos uma crescente aceitação, sendo, portanto, oportuno explicitar alguns dos aportes teóricos que embasaram este trabalho.

¹ XXII SNEF, XI ENPEC, I EnECI, I SIMPEC_IFES.

² O Presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, no âmbito de um Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFES.

PERSPECTIVAS TEÓRICAS

É recorrente na literatura que a teoria de Vygotsky acerca da aprendizagem contribuiu substancialmente para se estabelecer as bases do Ensino por Investigação (Azevedo, 2004; Sá, Lima & Aguiar Jr, 2011; Carvalho 2013). Para os pesquisadores, esta perspectiva, centrada na interação social entre professor-aluno, aluno-aluno e destes com o ambiente em que ocorre a interação, pressupõe que quando o professor propõe um problema ou desafio a seus alunos, estes interagem com o problema, considerando os assuntos, a informação e os valores culturais dos conteúdos envolvidos na solução deste desafio (Azevedo, 2004; Sá, Lima & Aguiar Jr, 2011; Carvalho 2013).

Na perspectiva vigotskiana, a interação entre os sujeitos participantes de uma atividade de ensino e aprendizagem é mediada por instrumentos e signos, sendo a linguagem o principal sistema de signos utilizado no desenvolvimento das funções psicológicas superiores (Vygotsky, 2000). Desse modo, a interação discursiva que ocorre em sala de aula atrai a atenção de pesquisadores interessados em investigar o papel mediador do professor na apropriação do conhecimento científico.

Concordamos com Zômpero & Laburú (2011), quando afirmam que a mediação no ensino por investigação deve ocorrer de maneira tal que possibilite aos estudantes o desenvolvimento de habilidades cognitivas, de modo que eles sejam capazes de argumentar, elaborar hipóteses e realizar procedimentos, além de se apropriarem dos conceitos científicos.

Dessa forma, assim como Carvalho (2011), entendemos que o professor deve apresentar atividades que proporcionem aos educandos a aproximação com a sua realidade, ao mesmo tempo em que propõe ideias, na intenção de resolver um problema, a partir do qual se espera desencadear um processo de construção do conhecimento científico. Segundo a autora,

ao ensinarmos ciências por investigação estamos proporcionando aos alunos oportunidades para olharem os problemas do mundo elaborando estratégias e planos de ação. Desta forma o ensino de Ciências se propõe a preparar o aluno desenvolvendo, na sala de aula, habilidades que lhes permitam atuar consciente e racionalmente fora do contexto escolar. (Carvalho, 2011, p. 253).

Para Carvalho (2013), o conteúdo a ser ensinado deve estar integrado à necessidade do estudante. A autora argumenta que uma SEI orienta e facilita o desenvolvimento prático dos conceitos, desde que pensada como uma proposta flexível que pode ser adaptada à realidade dos alunos. Essa organização requer certo grau de estruturação no processo de ensino e aprendizagem, descartando a possibilidade de improvisação por parte do professor, já que se torna importante o planejamento efetivo de atividades.

A estruturação de uma SEI não pressupõe e nem determina uma abordagem hierarquizada de conceitos. Também não impede que o docente analise a situação de ensino, estabelecendo pontos de partida e de chegada para que os alunos trabalhem aspectos da realidade que dão sentido ao conteúdo conceitual. Pelo contrário, essa rede que entrelaça os conceitos e a realidade vivida é importante para que o professor crie questionamentos que dão sentido ao ato de aprender.

Nessa perspectiva, a construção e implementação de uma SEI, em geral, considera os seguintes passos: Proposição do problema pelo professor, resolução do problema pelos alunos, sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos e sistematização individual do conhecimento (Carvalho, 2013).

Não se trata de etapas rígidas a serem seguidas, mas de uma concepção de ensino que privilegia uma postura problematizadora diante dos fenômenos a serem estudados, o protagonismo dos estudantes na elaboração das possíveis soluções para o problema, o papel mediador do professor

na sistematização dos conhecimentos produzidos e a interação como o meio propício ao desenvolvimento conceitual.

O problema proposto seja ele de caráter experimental, teórico ou contextualizado, deve oferecer condições para que os alunos, de acordo com Carvalho (2013) “pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático” (p.09).

Para Capecchi (2013), problematizar conteúdos não significa apresentar um enunciado instigante para os alunos. Problematizar é muito mais que isto.

[...] A problematização compreende um processo de aproximações sucessivas a determinado fenômeno. [...] É preciso que a partir de uma questão inicial, os estudantes sejam conduzidos à tomada de consciência de suas ações e que o professor os ajude nesse processo. (Capecchi, 2013, p. 37-38).

Para Sá, Lima & Aguiar Jr. (2011), quando o professor provoca situações que levam os estudantes a envolverem-se com novas questões, ele está problematizando uma situação ou conceito. A etapa de sistematização do conhecimento é o momento seguinte, em que o professor desempenha um papel fundamental, pois é aí que os alunos irão expor suas hipóteses e mostrar o que fizeram para resolver (ou tentar resolver) o problema. Por isso, a forma como o professor irá conduzir esta etapa é fundamental para a construção do conhecimento. Neste momento os alunos serão estimulados a dizer “como” resolveram o problema e “por que” alcançaram tal resultado.

Espera-se que as respostas dos alunos nesse momento apontem para os métodos utilizados e para os conceitos subjacentes às suas explicações. Tais conceitos passarão a ser então discutidos e sistematizados com a mediação do professor. (Carvalho 2013).

Carvalho & Gil-Pérez (2011), afirmam que a construção de uma sequência de ensino investigativa e a sua avaliação são elementos que se influenciam e se afetam mutuamente. O ponto de partida é a seleção e problematização de conteúdos e a determinação do objetivo da aprendizagem desses conteúdos, de acordo com a visão pedagógica de cada professor.

A partir disso, se avança em relação aos resultados que se espera obter dos alunos e que atividades podem ser propostas para criar um ambiente propício à aprendizagem.

PERCURSO METODOLÓGICO

O estudo, de natureza qualitativa, consistiu numa pesquisa de intervenção, em que desenvolvemos e implementamos uma Sequência de Ensino Investigativa, focalizando a contribuição do Ensino de Ciências por Investigação para a construção de conceitos físicos relacionados à Hidrostática e algumas de suas possíveis aplicações tecnológicas.

A pesquisa foi desenvolvida numa instituição de ensino pertencente à Rede Estadual de Ensino do Estado do Espírito Santo, localizada ao município de Serra – ES.

Respeitando o Currículo Básico Comum da Secretaria de Estado de Educação/ES, todas as cinco turmas da primeira série do Ensino Médio participaram das atividades investigativas sistematizadas e disponibilizadas na sequência didática elaborada para este fim. Destas cinco turmas, duas frequentavam o turno matutino e as outras três, o vespertino.

Para efeito de produção e análise de dados foi selecionada a turma da primeira série do ensino médio integrado com o curso técnico em informática, que era composta por 38 alunos, com idades entre 13 e 16 anos, todos advindos dos mais variados bairros do município de Serra/ES.

Os sujeitos da pesquisa aderiram voluntariamente ao projeto por meio de um termo de consentimento livre e esclarecido, no qual consentem o uso dos dados produzidos exclusivamente para o fim de pesquisa acadêmica, estando assegurado o anonimato dos participantes.

Para produzir os dados, foram realizadas filmagens das aulas, gravações em áudio, produções textuais pelos alunos e diário de campo pelo professor. Os dados produzidos foram transcritos pelo professor-pesquisador.

Os eventos para produção de dados foram planejados e desenvolvidos com base nos princípios teóricos e metodológicos do Ensino de Ciências por Investigação, mediante o desenvolvimento de uma SEI composta por um total de sete aulas e organizada em duas fases. A primeira foi a fase de problematização, organizada em três etapas: a) mobilização e proposição de um problema, b) levantamento e teste de hipóteses, c) socialização das possíveis soluções encontradas pelos alunos.

A segunda foi a fase de aprofundamento e contextualização do conteúdo, caracterizada pela ênfase na sistematização do conhecimento pelo professor, importante para um melhor entendimento dos conteúdos por parte dos alunos. Cada fase da SEI foi finalizada por uma atividade avaliativa.

No momento em que este trabalho foi desenvolvido, a escola buscava alternativas para construir um sistema de captação e reaproveitamento da água proveniente da chuva, em virtude de uma grave crise de abastecimento de água provocada por um período prolongado de estiagem no estado do Espírito Santo. Em face desse desafio, o professor implementou a Sequência de Ensino Investigativa, cujas etapas estão sintetizadas no Quadro 1, a partir da seguinte situação-problema: *Dada a importância da reutilização da água, devido à crise hídrica que estamos vivendo, como você viabilizaria maneiras de reaproveitar a água da chuva aqui na escola?*

Quadro 1: Síntese das etapas que compõe a SEI. Fonte: Dados da Pesquisa

I. Etapa de Problematização		
Primeiro momento	Mobilização de conhecimentos e proposição do problema.	Proposição de dois vídeos curtos com breve discussão, e proposição do problema:
Problema Proposto: <i>Dada a importância da reutilização da água, devido à crise hídrica que estamos vivendo, como você viabilizaria maneiras de reaproveitar a água da chuva aqui na escola?</i>		
Segundo Momento	Levantamento e teste de hipóteses	Dividir os alunos em pequenos grupos de cinco integrantes e explicar, que eles terão que elaborar hipóteses para possíveis soluções para o problema apresentado:

Terceiro momento	Socialização das possíveis soluções encontradas pelos alunos	Explicar aos alunos que eles irão para o laboratório de informática, realizar uma pesquisa, para validar suas ideias, ou melhorá-las, ou ainda modificá-las. Dispor os alunos em pequenos grupos e ouvir o que cada grupo pesquisou e formulou como solução para o problema proposto. Explicar para os alunos que eles irão construir uma maquete.
II. Etapa de Aprofundamento de Conteúdo		
Quarto momento	Questão aberta: Pensem e anotem como irão fazer para que o filete de água alcance a maior distância? Justifique sua resposta.	Com os alunos ainda em pequenos grupos, entregar para cada grupo uma garrafa de plástico, um prego e um pedaço de fita isolante. Explicar para os grupos que eles deverão decidir em que local da garrafa plástica fazer um furo de maneira que a água quando sair, atinja a maior distância possível.
Quinto momento	Sistematização do conhecimento: Parte 1.	Organizar a sala em círculo e no centro realizar a demonstração experimental. Ouvir dos alunos suas explicações para os efeitos do experimento, e realizar uma exposição do conteúdo Teorema de Stevin a partir da experiência. Usar apresentação em slides se possível.
Sexto momento	Sistematização do conhecimento: Parte 2.	Dividir os alunos em dupla e solicitar que eles respondam as seguintes questões abertas: Em qual orifício a água jorra com mais velocidade e por que isso ocorre? Discuta como a pressão varia dependendo da profundidade do orifício considerado?

O desenvolvimento das etapas descritas no Quadro 1 culminou na apresentação de propostas elaboradas pelos alunos em forma de maquetes que buscavam apontar possibilidades para a suposta construção do sistema de captação de água, com base em conceitos de Hidrostática.

REFLEXÕES SOBRE OS RESULTADOS DA PESQUISA

Como previsto na literatura especializada (Azevedo, 2004; Sá, Lima & Aguiar Jr., 2011; Zômpero & Laburú, 2011; Carvalho, 2013), toda a SEI foi implementada a partir de uma problematização inicial, culminando na sistematização do conteúdo por parte do professor .

No decorrer do processo de formação de conceitos de Hidrostática, mais especificamente relativos à pressão nos fluidos estáticos, expressa pelo Teorema de Stevin, Nussenzweig (1998), ocorria, simultaneamente, um segundo processo de desenvolvimento subjacente às etapas da SEI. Esse segundo processo diz respeito ao professor e se refere aos saberes profissionais que foram sendo construídos no percurso, na medida em que as reflexões suscitadas pelas leituras e pelas análises eram aprofundadas.

Dentre os desafios enfrentados pelo professor, associados ao desenvolvimento do Ensino por Investigação, podemos destacar as dificuldades no desenvolvimento de uma escuta atenta e sensível às ideias expressas nas respostas dos alunos, as dificuldades na condução das atividades investigativas por desconhecer as ideias trazidas pelos estudantes e a conseqüente angústia por não poder antever o que os alunos iriam apresentar como hipóteses de soluções para os possíveis problemas apresentados e, ainda, as dificuldades na condução das etapas de sistematização dos métodos utilizados pelos alunos durante a resolução do problema (“Como?”) e das explicações dos resultados alcançado (“Por que?”).

Cada uma dessas dificuldades suscitou reflexões sobre a prática docente, resultando em duas posturas didático-pedagógicas que sintetizam as lições da experiência do professor-pesquisador durante o desenvolvimento da sequência.

a) A escuta sensível às ideias dos estudantes

Iniciando a SEI, na primeira etapa da fase de problematização, procuramos sensibilizar e mobilizar os alunos por intermédio de uma linguagem audiovisual³ e, a partir dela, contextualizamos a importância da temática do trabalho. Esperávamos que os alunos, ao exporem suas hipóteses para resolução do problema proposto, indicassem formas de se captar a água proveniente da chuva e também formas de se reaproveitar esta água uma vez recolhida, enfatizando a relação dessas medidas com a crise hídrica e com os conhecimentos relativos à Hidrostática que seriam requeridos para a solução do problema.

No entanto, a maioria das ideias iniciais trazidas por eles mencionava apenas maneiras de evitar o desperdício de água da escola, sendo o uso da água da chuva apenas uma alternativa para algumas situações: lavar o corredor e os banheiros, regar as plantas do jardim da escola, dentre outras, como se pode observar nos trechos transcritos a seguir:

Grupo 01: professor, o nosso grupo pode começar. O nosso grupo colocou em tópicos as seguintes ações: lavando a escola, as salas, o corredor, os banheiros, regando as plantinhas e tal, e assim nós não estaríamos desperdiçando a água da caixa.

Grupo 02: a gente pensou em encher os baldes para lavar os banheiros e corredores, e filtrar a água da chuva para aproveitar na caixa para lavar a cozinha, as louças e outras coisas.

No contexto de um ensino pautado pela investigação, o momento de socializar as hipóteses não pode prescindir do papel mediador do professor no esclarecimento de algumas ideias que possam fugir, em princípio, da intencionalidade pedagógica do problema proposto, não oferecendo oportunidades para que os alunos, ao testar as hipóteses, possam ir construindo um novo conhecimento. Carvalho (2013) se apoia nas teorias vigotskianas para enfatizar a importância da interação professor-aluno nessa etapa do processo:

Vigotski dá muito valor ao papel do professor na construção do novo conhecimento, dentro de uma proposta sociointeracionista, mostrando este como um elaborador de questões que

3

Os vídeos utilizados para mobilizar o problema, podem ser encontrados nos seguintes endereços eletrônicos. <https://www.youtube.com/watch?v=Nm8tPLcLn84> e <https://www.youtube.com/watch?v=hLFAbbcYePw>.

orientarão seus alunos potencializando a construção de novos conhecimentos. (Carvalho, 2013, p.05)

No trecho a seguir, apresentamos um momento de discussão entre o professor e os alunos em que se evidencia uma tentativa de fazer com que os alunos reflitam sobre as variáveis importantes na solução do problema, que implicava em apontar maneiras de captar a água proveniente das chuvas.

Grupo 04: a gente colocou a mesma coisa.

Professor: não tem problema, pode falar.

Grupo 04: pra lavar o corredor, regar as plantinhas.

Professor: mas como iriam fazer isso?

Grupo 04: reaproveitando a água da chuva. Colocar uma caixa d'água aberta resolve.

Professor: será que não teria outra maneira de fazer essa água entrar na caixa?

Grupo 01: coletar com a calha da escola.

Grupo 05: Professor! Nós poderíamos colher a água do ar condicionado também.

Professor: Boa ideia. Mas, como vocês iriam colher essa água do ar condicionado?

Grupo 05: Pegando a ideia do (...) esses canos, colocaria eles diretamente em um tonel, em cada ar condicionado virava um tonel.

Professor: Será que aqui na escola já não tem essas calhas que possam captar essa água?

Grupo 06: Professor, professor, ele quer falar. Dá para usar o banheiro, regar as plantas e tal, aí, tipo, tem que pegar, o telhado ele é assim, tipo, ele é tortinho, tipo, se tiver uma calha no finalzinho dele, toda água que cair no telhado assim ó, vai direto para o caninho, aí o caninho vai direcionar assim toda a água e tal.

Neste primeiro episódio percebe-se o papel exercido pelo professor na mediação da atividade, levando os estudantes a pensar em alternativas tecnológicas para viabilizar a captação da água da chuva. Nota-se que, na medida em que a conversa vai acontecendo, os alunos vão se apropriando das falas dos colegas, até que os últimos grupos conseguem sintetizar numa dimensão mais ampla uma ideia de captação por meio de calhas e outros recipientes, evidenciando a construção coletiva da resolução do problema proposto.

Podemos destacar, deste episódio, reflexões acerca da diversidade de modos de significação do problema e da imprescindível participação do professor nesse processo. A percepção desse processo de construção coletiva, a partir de respostas que, em princípio nos pareceriam parciais ou incorretas, resultou do desenvolvimento de uma escuta mais sensível, que se constitui uma das lições dessa experiência.

Tais reflexões foram produzidas, provavelmente, pelo confronto entre o modelo pedagógico construído no percurso escolar e acadêmico do professor e a abordagem investigativa, tal como apontam Becker (2008) e Carvalho & Gil-Pérez (2011).

Dessa forma, a perspectiva de ensino e aprendizagem, de origem epistemológica empirista, caracterizada pela crença de que todo o conhecimento está no professor e que os alunos são receptores passivos do conteúdo da aula é substituída, nessa situação, pela abordagem relacional Becker (2008) que caracteriza o Ensino de Ciências por Investigação, para a qual os estudantes são sujeitos históricos e ensinar é colocar saberes e significados em diálogo.

Ao desenvolvimento de uma escuta mais sensível e atenta corresponde a capacidade de dar respostas que fomentem ainda mais o processo de construção, o que representa mais um desafio nesse processo de implementação da SEI.

b) As respostas às explicações do “Como” e do “Por que” dadas pelos estudantes.

Em outro episódio, já na etapa de levantamento e teste das hipóteses, era necessário discutir como seria possível canalizar e distribuir a água da chuva de modo a tornar possível a sua utilização. Para introduzir a discussão acerca da pressão dos fluidos, expressa pelo Teorema de Stevin, foi

realizada uma atividade experimental, do tipo demonstração investigativa, na qual os alunos deveriam antever e explicar o fenômeno observado, conforme orienta Carvalho (2013): “[...] o problema e os conhecimentos prévios-espontâneos ou já adquiridos – devem dar condições para que os alunos construam suas hipóteses e possam testá-las procurando resolver o problema” (p.07).

Ao elaborarmos uma atividade de demonstração experimental investigativa, utilizamos uma estratégia centrada na participação e na reflexão do aluno durante a realização de uma demonstração investigativa pelo professor, conforme propõe Azevedo (2004), com o intuito de, posteriormente, expor o conteúdo sobre o Teorema de Stevin, recorrendo às respostas dos próprios estudantes e problematizando as soluções que os alunos apresentavam.

No desenvolvimento da atividade, os alunos, organizados em grupos, receberam uma garrafa plástica, um prego e um pedaço de fita isolante, sendo solicitado a eles que pensassem no seguinte desafio: *Pensem e anotem: Onde devo fazer um furo na garrafa para que o filete de água que saia dele alcance a maior distância possível?*

Após um tempo destinado à resolução do problema, realizamos a demonstração experimental em sala de aula.

A figura 1 ilustra o momento da realização da demonstração experimental junto aos alunos.



Figura 1: Momento da demonstração experimental realizada pelo professor junto aos alunos. Fonte: Dados da Pesquisa.

Foi nítida a surpresa por parte dos estudantes ao observarem que o filete que saía do furo feito na parte inferior da garrafa atingia maior distância. Eles consideravam que fazendo um furo na parte superior ou ao centro da garrafa, o jato de água teria um maior alcance. Ao término da realização da demonstração, a mediação do professor seguiu a orientação de Carvalho (2013) que salienta que é preciso fazer a “[...] a passagem da ação manipulativa – nesse caso realizada pelo professor – para a ação intelectual que deve ser feita pelos alunos” (p.13).

O quadro 2 apresenta algumas das explicações, ainda confusas, trazidas pelos alunos. Ao interpretá-las identificamos as hipóteses subjacentes que orientaram as respostas dos estudantes.

Quadro 2: Ideias identificadas nas soluções propostas pelos alunos para a demonstração experimental investigativa. Fonte: Dados da Pesquisa

Ideias observadas nas hipóteses levantadas pelos alunos.	Fragmentos das falas transcritas dos alunos
A pressão atua nos dois lados do corpo	“[...] sofrerá pressão na parte de cima do furo e na parte de baixo do furo.”
O ar exerce pressão sobre a água	“[...] com a pressão da água com o ar arremessaria a água mais longe.”
A pressão depende do volume de água sobre o corpo	“[...] Mas como a garrafa vai estar fechada aí vai ter um monte de água aqui e quando fizer um buraco vai sair com mais pressão”.
Confusão entre força e pressão	“[...]ela sairia com mais força e automaticamente irá mais longe”.

Para Carvalho (2013), posteriormente aos alunos terem resolvido o problema, é preciso que o conhecimento seja sistematizado pelo professor.

[...] Perguntas como “O que nós fizemos para resolver o problema?” levam os alunos a tomar consciência das ações praticadas pelo professor e a estruturar os dados mostrando as evidências importantes do fenômeno. E perguntas como “Por que quando eu fiz essas ações o problema foi solucionado?” dão condições para que eles iniciem o processo argumentativo. (Carvalho 2013, p. 14).

Para a autora, essa tomada de consciência não é tão simples para os estudantes e, tampouco, uma tarefa fácil de ser coordenada pelo professor. Nesta perspectiva de trabalho, entendemos que era preciso prosseguir problematizando as respostas dadas por meio de novas perguntas conforme propõem Azevedo (2004) e Carvalho (2013), buscando uma maior participação dos estudantes. Entretanto, a pouca experiência do professor com o Ensino de Ciências por Investigação, aliada à longa trajetória no ensino tradicional, fizeram com que, no momento de sistematizar o conhecimento sobre o Teorema de Stevin, a opção fosse pelo método de ensino que parecia o mais seguro: expor o conteúdo no quadro, no esforço de “corrigir” as respostas dos estudantes.

Ainda assim, trabalhar nessa perspectiva investigativa, oportunizou refletir sobre a importância da expressão das concepções alternativas dos estudantes e sobre a necessidade de buscar modos de intervenção pedagógica que permitam ao professor lidar melhor com elas. A atividade permitiu observar que a tendência mais comum é que os estudantes elaborem suas hipóteses, valendo-se de modelos explicativos intuitivos, às vezes permeados por conceitos científicos com os quais já tiveram contato em suas vivências escolares, sem, no entanto, compreendê-los claramente. Suas respostas se baseiam naquilo que eles acreditam ser o “certo”, ou seja, no resultado previsível, de acordo com a compreensão que eles têm do fenômeno em questão, quase sempre recorrendo ao uso de termos científicos empregados de maneira confusa em suas respostas.

Tais observações nos levaram a refletir sobre a condição dos estudantes que não conseguem estabelecer as relações que seriam necessárias para a elaboração das explicações cientificamente aceitas, sendo de responsabilidade do professor auxiliá-los na produção de novos significados para os fenômenos físicos observados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos constatar as potencialidades apontadas pela literatura em relação ao Ensino de Ciências por Investigação, não somente pelos resultados das nossas análises, mas sobretudo pelas nossas experiências em sala de aula.

Nessa perspectiva, a problematização dos conteúdos e as respostas relativas ao “como” e ao “porquê” dos fenômenos físicos mostraram-se cruciais no processo de implementação de uma sequência de ensino investigativa e suscitaram algumas das lições que extraímos dessa experiência.

Nesse contexto, afirmamos, assim como Borges (2002) e Azevedo (2004), que, inicialmente, o pouco contato com o ensino por investigação, pode levar o professor à elaboração de enunciados fechados, em que os estudantes são induzidos a buscarem a solução por meio da aplicação mecânica de formulações matemáticas e equações, exatamente como acontece em uma prática de ensino tradicional de ciências. As lições dessa experiência trouxeram a compreensão de que a participação dos estudantes mediada pelo professor constitui uma das principais características do Ensino de Ciências por Investigação

O estudo evidenciou a importância da adequação do grau de abertura dos problemas aos objetivos de ensino propostos, conforme argumentam autores como Borges (2002), Azevedo (2004) e Sá, Lima & Aguiar Jr (2011). Entendemos que a proposição de problemas com um maior grau de abertura, se comparados aos habitualmente trabalhados em sala de aula, se constitui um marco inicial muito importante na prática do professor que passa a adotar a perspectiva do ensino de ciências por investigação. A proposição do problema não é algo tão trivial, especialmente para um professor habituado a desenvolver listas de exercícios que, na maioria das vezes, requerem apenas a aplicação de fórmulas.

É preciso ressaltar o caráter formativo desta experiência de pesquisa, que proporcionou grande desenvolvimento profissional, criando as condições necessárias para a implementação do Ensino de Ciências por Investigação em sala de aula. Talvez o saldo mais positivo de todo esse trabalho tenha sido o impacto na formação e as mudanças significativas nas práticas do professor.

Dentre os desafios enfrentados pelo professor, associados ao ensino por investigação, constatamos dificuldades que puderam ser superadas por meio do desenvolvimento de uma postura didático pedagógica que se caracteriza por uma escuta atenta e sensível às ideias dos estudantes e por uma conduta dialógica que se expressa pela valorização das respostas e explicações dadas pelos estudantes.

Consideramos também que as mudanças de postura do professor, são também um processo de desenvolvimento gradual e contínuo, que não é finalizado imediatamente após o término do trabalho de pesquisa. Ele ocorre ao longo de toda a pesquisa e continua ao longo dos anos letivos, na medida em que novas SEI's são implementadas, novas propostas de intervenção pedagógica são discutidas e analisadas, como vem ocorrendo desde 2017, quando passamos a desenvolver várias SEI's para trabalhar conteúdos relativos às Leis de Newton, calor e temperatura, máquinas térmicas, calorimetria, eletrostática e eletrodinâmica.

Finalmente, a implementação de um ensino de Física pautado nos pressupostos teóricos e metodológicos do Ensino de Ciências por Investigação aponta para diversos desafios. Alguns deles foram enfrentados ao longo da pesquisa e se manterão presentes depois dela, incentivando outros professores e pesquisadores a se engajarem nesse processo de construção coletiva de saberes.

REFERÊNCIAS

- Azevedo, M.C.P.S. (2004). Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A.M.P. (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática* (pp. 19-33). São Paulo: Thomson.
- Becker, H. S. (2008) *Outsiders: estudos de sociologia do desvio* (1ª ed) – Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Borges, A. T. (2002). Novos Rumos Para o Laboratório Escolar de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino Física*, 19(3), 291-313.
- Capecchi, M.C.V.M. (2013). Problematização no ensino de ciências. In: Carvalho, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula* (pp. 21-39). São Paulo: Cengage Learning.
- Carvalho, A.M.P. & Gil-Pérez, Daniel. (2011). *Formação de professores de ciências: tendências e inovações*. São Paulo: Cortez.
- Carvalho, A.M.P. (2011). Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In Longhini, M. D. (Org.), *O Uno e o Diverso na Educação* (pp. 253-266). Uberlândia: EDUFU.
- Carvalho, A.M.P. (2013). O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: Carvalho, A.M.P. (Org.). *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula* (pp. 01-20). São Paulo: Cengage Learning.
- Costa, L.G & Barros, M.A. (2015) O ensino da Física no Brasil: Problemas e desafios. Anais do XII EDUCERE. PUCPRes – Editora Universitária Champagnat.
- Diogo, R.C. & Gobora, S.T. (2007) Sociedade, Educação e Ensino de Física no Brasil: do Brasil Colônia ao fim da Era Vargas. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luís.
- Gobara, S.T. & Garcia, J.R.B. (2007) As licenciaturas em física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física* [online]. 29(4), 519-525.
- Nussenzveig, H. M. (1998). *Curso de Física Básica, vol. 2 – Fluidos, Oscilações e ondas, calor*, (4ª ed). São Paulo: Edgard Blucher Ltda.
- Sa, E. F.; Lima, M. E. C. C.; Aguiar Jr, O. G. (2011). A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 79-102.
- Vygotsky, L. (2000). *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes.
- Zômpero, A. F; Laburú, C. E. (2011). Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Rev. Ensaio - Belo Horizonte*, 13(3), 67-80.