

O TRABALHO PRÁTICO COMO ROTA ALTERNATIVA PARA A APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS PRESSÃO E DENSIDADE: O CASO DO OSCILADOR DE DENSIDADE

THE PRACTICAL WORKS AS ALTERNATIVE ROUTE TO LEARNING OF CONCEPTS PRESSURE AND DENSITY: THE CASE OF DENSITY OSCILLATOR

Wilson Alvarez Rodriguez¹ e Yedisson Melo Torres²
E. Borragini³, J. B. S. Harres⁴, M.C Cifuentes⁵

¹ Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional, e-mail: willalvarez_1@hotmail.com

² Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional, e-mail: yedisson_melo@hotmail.com

³ Centro Universitario UNIVATES, e-mail: borragini@yahoo.com.br

⁴ Centro Universitario UNIVATES, e-mail: jbharres@univates.br

⁵ Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional, e-mail: mcifuentes@pedagogica.edu.co

Resumo

Uma das prioridades do ensino de física é fornecer ao estudante ferramentas que lhe permitam ter compreensão mais ampla e integrada da natureza e desenvolver habilidades para procurar soluções heurísticas a problemas práticos. Para tanto, o professor deve fazer uso de trabalhos práticos que podem ser utilizados como caminhos por meio dos quais os estudantes têm a oportunidade de confirmar ou falsear suas teorias sobre o mundo, propiciando a modificação de seus conceitos, suposições ou hipóteses, procurando construir uma teoria que resista a novos intentos testáveis, modificando ou reconstruindo as que já existem por meio de diferentes estratégias mentais. Com vistas neste foco, nossa proposta parte do estudo de um sistema concreto, chamado oscilador de densidade, e tem como objetivo a configuração de uma estratégia didática alternativa para a experimentação em sistemas de fluidos, que gera novas ferramentas para o ensino e a aprendizagem da física.

Palavras-chave: ensino de física; oscilador de densidade; experimentação.

Abstract

One priority of physics teaching is offer to the student tools that allow him to have a holistic comprehension of nature and give him abilities to search heuristic solutions for practical problems. For this, the teacher uses practical works that are ways by which the students can confirm or reject their life-world theories, to modify their concepts, assumptions or hypothesis and to build a theory that resists new rejection testing, modifying or building again theories that exist, through different mind strategies. Focusing on this priority, our purpose starts from the study of a specific system called density oscillator and its objective is the configuration of an alternative way for the experimentation in fluid systems, which generates new tools for physics teaching and learning.

Key words: physics teaching; density oscillator; experimental methods.

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS TRABALHOS PRÁTICOS

Devido à ênfase outorgada à avaliação nos contextos escolares, os estudantes e professores sentem-se tentados a dar maior importância às aulas de cunho teórico (Pereira, 1999), nos quais são trabalhados temas correspondentes aos diversos campos da física, a partir do estudo de variáveis, fenômenos, leis e princípios físicos e abordando aspectos fundamentais de diferentes teorias. A partir deste tipo de trabalho, espera-se que o estudante adquira habilidades conceituais, analíticas e operacionais para resolver situações-problema (traduzido de Marulanda e Gomez, 2006). Esta abordagem enfatiza mais o desenvolvimento de habilidades como organização de raciocínio e disciplina, entre outros, privilegiando a aprendizagem de leis, teorias e modelos¹. Nesta concepção de ensino de ciências o papel da experimentação é confrontar empiricamente as teorias e os modelos científicos, dando a entender que estes são produtos da razão, acabados, prontos e definitivos. Assim esta abordagem acaba por distanciar-se dos processos de construção do conhecimento científico, das relações e do impacto da ciência e da tecnologia na vida do homem, na natureza e na sociedade; ignorando a epistemologia das ciências e o *mundo da vida*², para o qual e no qual a construção de conhecimento científico tem razão de ser.

No contexto escolar também há espaços, geralmente desconectados das discussões realizadas nas aulas de cunho teórico, nos quais se desenvolvem os denominados Laboratórios Escolares³ (LE). O tipo de LE predominante é orientado por uma postura positivista, caracterizado por um suposto paralelismo entre a forma pela qual os estudantes aprendem ciências e a que os cientistas utilizam para elaborar leis e teorias científicas. Assim, nesta perspectiva, o conhecimento científico e sua aprendizagem são descobertos no decorrer natural dos fatos que levam às leis e teorias, e é o experimento que revela ao cientista e ao estudante os dados que conduzem a essas formulações. Sobre essa visão Hodson destaca que a concepção da aprendizagem por descoberta não só é filosoficamente defeituosa, por dar uma idéia errônea do método científico e dos algoritmos seguidos nas investigações científicas, mas também é pedagogicamente inviável (Hodson, 1999).

Outra postura para a estruturação dos LE está atrelada aos interesses das aulas teóricas, segundo a qual os LE são utilizados para que os estudantes aprofundem, consolidem e comprovem os fundamentos teóricos, o que projeta uma imagem de ciência estática, constituída por um conjunto de premissas inalteráveis e de validade permanente, que não estão abertas a serem descartadas, à medida que aparecem novos dados à luz dos LE (Brezinka, 1996). Em muitas ocasiões, em função do tempo e do cumprimento dos programas de estudo, os professores consideram que os LE podem ser dispensados, em virtude de as leis, teorias e modelos já terem sido testados, comprovados e aceitos pela comunidade científica.

É claro que a dicotomia tradicional entre teorias e fatos, idéias e experimentos se reflete no contexto escolar entre as aulas teóricas e as aulas experimentais e, como consequência, em muitas ocasiões o aporte dos LE como metodologia para a aprendizagem das ciências acaba sendo posto em dúvida (N'Tombela, 1999). O que foi dito anteriormente é um convite à reflexão sobre uma melhor maneira de utilizar e situar os LE dentro de perspectivas atuais para o ensino de ciências, levando-se em consideração a epistemologia das ciências e, para tanto, faz-se necessário desvincularmo-nos dos esquemas positivistas e essencialmente falibilísticos.

¹ Referimo-nos à conceitualização das teorias científicas como *modelo* de algum aspecto da realidade.

² Qualquer afirmação sobre o contexto de uma teoria científica refere-se ao *Mundo da Vida*, que tem seu centro na pessoa humana.

³ Nesta parte do artigo o termo *Laboratório escolar* será usado com o mesmo significado do termo *Trabalho de laboratório*, expressão amplamente utilizada nos Estados Unidos.

A relação epistemológica entre experimento e conhecimento científico, a partir da qual se propõe a reconceitualização dos LE, é a corrente convencionalista, pela qual se reconhece que as teorias e experimentos, idéias e fatos são interdependentes. Segundo essa postura as leis da natureza não são verdadeiras e também não são falsas, são convenções relativas ao uso da palavra, de acordo com Harré, (1986) o papel do experimento é ilustrativo. Permite ao cientista evidenciar a validade de sua teoria, não como conjunto de verdades, mas como um sistema de idéias. O êxito de um experimento é um indicativo de que uma certa forma de descrição da realidade forneceu evidências de sua utilidade, e o seu fracasso indica que os conceitos dos quais se dispunha eram inadequados ou confusos.

Considerando essa relação epistêmica entre o experimento e a construção do conhecimento científico, é possível reconceitualizar os LE, que passam a ser compreendidos como parte do processo de construção de conhecimento dos estudantes, e não mais como uma possível metodologia ou tipo de aula. A partir dessa nova perspectiva os LE passam a ser utilizados com a intenção de que os estudantes testem as idealizações por eles construídas sobre o mundo da vida como sistemas de idéias, por meio de procedimentos que são concebidos dentro da racionalidade destas mesmas idealizações e que têm a missão de prover elementos de juízo para tomar uma decisão acerca de sua objetividade. Em outras palavras, os LE indicam um caminho pelo qual os estudantes podem confirmar ou falsear suas teorias sobre o mundo da vida, tendo a possibilidade de escolher entre manter seus conceitos, supostos ou hipóteses, ou modificá-los, a fim de construir uma nova teoria que resista a novos testes. Além disso, também devem possibilitar a observação de fenômenos não previstos, que gerem a necessidade de desenvolver novas estratégias mentais, levando-os a modificar as teorias de que estavam se utilizando ou a construir uma nova teoria (Ministerio de Educación Nacional de Colômbia, 1998). Assim, pois, a maneira que os professores organizam os processos educativos para propiciar a construção de conhecimento científico escolar, dentre esses os LE, deve favorecer a capacidade inata dos estudantes de se surpreender, de fazer perguntas sobre o mundo da vida e, obviamente, de se aventurar e imaginar possíveis respostas.

É neste ponto que se faz necessária a diferenciação entre as práticas da ciência e os processos de ensino-aprendizagem de conteúdos científicos e reafirmar a suposição de que os LE englobam necessariamente a utilização e a manipulação de instrumentos de laboratório. Por essa razão, passaremos a utilizar o termo Trabalhos Práticos (TP), com o mesmo sentido proposto por Hodson (1994), para fazer referência a qualquer atividade que possibilite a construção de conhecimento científico escolar, que não necessariamente envolva o trabalho relativo a uma disciplina de laboratório, mas que permita ao estudante construir e reconstruir seu conhecimento por meio da experimentação.

2. OS TRABALHOS PRÁTICOS NO PROCESSO FORMATIVO DOS PROFESSORES EM CIÊNCIAS

A ciência gera conhecimento científico fazendo estudos sistemáticos de fenômenos naturais, e usa a modelagem para estabelecer princípios gerais, que são instaurados com a organização dos resultados (Campos, 2002). Esses princípios geralmente utilizam recursos de campos explanatórios diversos dentro da física e, em alguns casos, usam recursos que pertencem a outras ciências. Então o conhecimento científico, em especial em física, não é um conhecimento fragmentado, mas sim um conhecimento complexo, que entrelaça saberes relativos ao domínio explicativo da física, mas também da química ou da biologia, entre outros. Por esse motivo a formação de professores tem se voltado cada vez mais para o desenvolvimento de habilidades que permitam a compreensão do processo de modelagem dos fenômenos naturais.

Nesse sentido, nos últimos anos a formação de professores tem priorizado, dentre outras necessidades, favorecer ao futuro educador o desenvolvimento de habilidades que lhe permitam compreender a modelagem dos fenômenos naturais, a maneira como esta modelagem pode levar

ao desenvolvimento de princípios científicos e como estes são instaurados, à luz de diferentes campos explicativos e caminhos didáticos que se emolduram dentro do campo dos TP.

Dentre os TP que geralmente são propostos, podem-se distinguir dois tipos. O primeiro tem ênfase na obtenção de resultados. Nele a atividade se reduz a verificações simples de teorias previamente estudadas, ou à obtenção de medidas ou coeficientes que aproximadamente se encaixam nessas teorias. O segundo, que se pode dizer que é o mais valoroso, consiste em atividades que exigem do estudante participação mais ativa, argumentativa e consciente. De acordo com González e Mazario (2000), esses trabalhos favorecem a contextualização propícia para dar significado aos conteúdos (tradicionais e novos) da física, e hoje ocupam um lugar especial na formação em ciências e, em particular, em física, não somente pelo indubitável poder motivador que se lhes é atribuído a priori, como também pela grande capacidade em propiciar a familiarização com a metodologia científica.

É evidente que esse tópico se refere às intenções a partir das quais se propõe orientar os TP para a formação dos professores em ciências, que estão sujeitas aos interesses particulares do processo de formação. Por essa razão, faz-se necessário explicitar como entendemos a formação de professores em ciências com o intuito de traçar idéias gerais para a caracterização dos TP neste contexto particular.

Existem diversas tendências para a formação de professores em ciências, porém, como primeira aproximação podem-se identificar dois extremos. O primeiro enfatiza o processo de formação nos conteúdos da ciência⁴ e o segundo, os conhecimentos pedagógicos e didáticos. Cada uma delas tem na base um suposto pedagógico; no primeiro caso estabelece-se uma relação biunívoca entre o “bom” professor de ciências e o volume de conteúdos científicos que ele conhece. Aqui a formação pedagógica e didática é complementar e, algumas vezes, acaba sendo um simples requisito para o exercício da profissão. No segundo caso parte-se do suposto de que um bom pedagogo é um bom professor, assim o problema fundamental na formação de professores é o domínio das teorias pedagógicas, relegando-se a segundo plano a formação disciplinar.

Essas tendências concordam com a mesma visão reducionista de ciências, mais preocupadas com resultados e produtos da investigação científica do que com problemas e “métodos”. Porém, pode-se optar por outra perspectiva que reconheça o conhecimento científico como uma atividade cultural necessária para a geração dos ditos “produtos”. Isso implica reconhecer que o conhecimento, incluindo o científico, é mutável, e não necessariamente cumulativo; toda teoria surge como conseqüência de problemas e perguntas, e estas não são fotografias da realidade, mas sim representações construídas pelas pessoas e pelas comunidades científicas (Kuhn, 1971).

De acordo com Ayala, Bautista y Orozco (2005), assumir o conhecimento como uma atividade permite a superação da dicotomia mencionada. Não se trata de falar sobre conteúdos e suas respectivas quantidades, mas de estabelecer condições que tornem possível o exercício da atividade de conhecer. Dessa maneira se pode fundamentar o processo formativo de professores de ciências no âmbito da atividade de conhecer, em que os eixos articuladores são os elementos derivados da análise de teorias científicas, o entendimento de sua natureza, os “métodos” e a prática de fazer ciência.

Sob essa perspectiva, os TP, no contexto da formação de professores de ciências, não só têm a intenção de favorecer a construção e reconstrução de conhecimento, à luz da experimentação, mas também a de permitir compreensão mais ampla sobre esses chamados eixos articuladores. Podemos destacar três funções principais dos TP na formação de professores em ciências (Hodson, 1994), que conferem significativa importância a propostas nas quais estes TP estejam vinculados, que são a *aprendizagem da ciência*, a *aprendizagem sobre a natureza da*

⁴ Esta concepção é evidente em programas de formação de professores em ciências com núcleos iniciais de formação comuns com os programas de ciências (física, biologia e química), seguidos de uma série de disciplinas de filosofia, pedagogia e didática das ciências. Ou quando é considerado que o caminho para a formação de professores é por meio de programas de formação em ciências com ciclos de pós-graduação em seu ensino.

ciência e a prática da ciência, pois, além das vantagens discutidas anteriormente, estas indicam promissoras metas para a pesquisa em didática das ciências e, em especial, da física.

2.1 INTENÇÃO PEDAGÓGICA

A busca pela inclusão de trabalhos experimentais visa a que o estudante sinta a necessidade de desenvolver uma compreensão mais ampla e integrada de fenômenos naturais e procure cada vez mais soluções heurísticas para problemas práticos, porém alguns trabalhos experimentais, utilizados em diversas áreas da física, não envolvem completamente o estudante, e se reduzem a procurar um valor numérico de algum coeficiente que corresponde a um determinado conteúdo estudado previamente. Dessa forma os dispositivos convencionais usados nessas verificações, embora sejam eficazes dentro de sua proposta, não satisfazem às prioridades e necessidades acima descritas.

Para contornar essa dificuldade, uma das possibilidades é a utilização de atividades em que as idéias dos estudantes são confrontadas com a realidade fenomenológica, já que despertam o interesse pela experimentação, propiciando, não apenas um mecanismo que serve como “desculpa” para levar ao laboratório os conhecimentos da sala de aula, mas também como um espaço para a familiarização com métodos de investigação e da tarefa científica, que é um papel de grande importância no ensino da física, e nem sempre significativamente explorado ou abordado.

Com essas idéias em mente, propõe-se o estudo de um dispositivo concreto para modelar uma situação natural, configurado como uma atividade em que as idéias dos estudantes são previamente levantadas, discutidas e confrontadas com a situação observada, culminando com uma reelaboração explicativa do fenômeno que ocorre durante o experimento e que permite apreciar diversas dimensões de âmbito experimental e teórico relacionadas ao estudo da física. Por um lado, o caráter antiintuitivo das causas da evolução temporal do fenômeno propicia a motivação do estudante para encontrar uma explicação satisfatória ao evento observado e, por outro, a inclusão de ferramentas de registro para a aquisição de dados possibilita o contato com novas tecnologias, estimulando o estudante a conectar, medir e provar um mundo automatizado que, em alguns casos, são totalmente desconhecidas para ele.

Com base nas considerações gerais acima pontuadas, foi idealizado um TP, inicialmente na Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá – Colômbia, por dois alunos do curso de graduação em Física, orientados pela professora Maria Cristina Cifuentes Arcila. Este trabalho inicial gerou um artigo apresentado no *IV Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria*, que ocorreu de 26 de janeiro a 03 de fevereiro de 2007, na Universidad de la Habana, Cidade de Habana, Cuba.

No primeiro semestre do corrente ano esses alunos estiveram realizando intercâmbio estudantil no Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, RS e propuseram uma análise e adaptação da proposta de atividade para ser aplicada em uma disciplina de Física, no Curso de Licenciatura em Ciências Exatas⁵. A proposta foi bem vinda, e passou-se a reelaborá-la, sob a coordenação de dois professores de física da UNIVATES, para aplicação na disciplina de Física III. A seguir apresentamos este exemplo de TP, o qual se acredita estar de acordo com a proposta defendida ao longo deste artigo.

3. UM EXEMPLO DE TRABALHO PRÁTICO: O OSCILADOR DE DENSIDADE

⁵ O Curso de Licenciatura em Ciências Exatas da UNIVATES habilita professores para atuar no ensino fundamental, na área de matemática, e no ensino médio, com as disciplinas de Física, Química e Matemática.

O planejamento do TP desenvolvido na disciplina de Física III do Centro Universitário UNIVATES foi orientado por reflexões conjuntas que podem ser resumidas na busca por responder aos seguintes questionamentos: *Como o trabalho prático deverá ser orientado para propiciar a aprendizagem em Física?*; *Que tipo de leis, conceitos, teorias e modelos da física podem ser abordados a partir desta prática?*; *Por que escolhemos um trabalho prático tão desconhecido nos contextos do ensino da física?*; *Até que ponto o TP em questão proporcionará uma visão estimulante e atual da ciência?*

Para fornecer respostas a esses questionamentos, faz-se necessária uma breve apresentação do sistema objeto de nossa discussão, com o objetivo de situar o leitor e destacar os elementos que orientaram a reflexão pedagógica. A seguir apresenta-se, de maneira geral, o dispositivo que foi utilizado. Aos interessados numa descrição mais aprofundada sugerimos consultar O. Steinbock, A. Lange, y I. Rehberg. *Density Oscillator: Análise of Flow Dynamics and Stability* (Steinbock, Lange, e Rehberg, 1998).

3.1 O OSCILADOR DE DENSIDADE

Um oscilador de densidade é um sistema não-linear simples que consiste em dois recipientes que separam líquidos de densidades diferentes. Na parte inferior do recipiente interno está acoplado um capilar vertical, de dimensões conhecidas, que direciona o líquido denso ao recipiente externo e vice-versa. O líquido contido no recipiente interno é uma solução salina (densidade ρ_s), e o recipiente externo contém água (densidade ρ_w). Quando os níveis dos líquidos estão à mesma altura, é observado um fluxo unidirecional da solução salina no sentido descendente através do capilar. Logo em seguida observa-se uma mudança no sentido do fluxo, o que quer dizer que a água pura é que entra pelo capilar, para o recipiente interno; o processo é invertido outra vez após algum tempo em um ciclo alternante, estabelecendo-se uma dinâmica de oscilação entre os líquidos (figura 1).

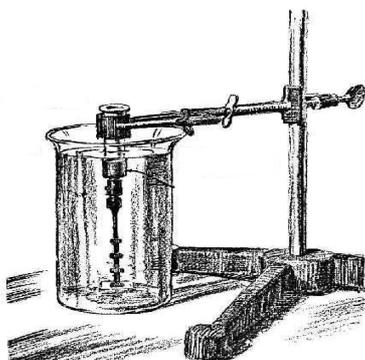


Figura 1: dispositivo original do oscilador de densidade feito por Martin em 1970. Extraído de Scientific American (Amateur Scientist Column)

3.2 DINÂMICA DA OSCILAÇÃO NO DESENHO EXPERIMENTAL

A dinâmica que acontece no oscilador pode ser compreendida considerando os fatores pressão e densidade no decorrer do tempo. No primeiro momento a pressão exercida na superfície das duas colunas de líquido é a mesma. Devido à diferença entre as densidades, a pressão exercida pela solução salina na saída do capilar é maior que a pressão exercida no mesmo local pela água pura, portanto a solução salina começa a descer, produzindo uma redução na altura da coluna do recipiente interno em relação à altura da coluna de líquido no recipiente externo, a tal ponto que a pressão de fora do capilar para dentro supera a pressão de dentro do capilar para fora. Como consequência, o empuxo sobre o líquido na saída do capilar amorteceria o fluxo descendente, até que ele cessa completamente e, estando ainda a pressão externa maior que

a interna, provoca o fluxo ascendente. Essa ascensão da água faz com que a coluna interna retorne até um nível próximo ao inicial, quando então a pressão interna novamente supera a externa, reduzindo o fluxo gradativamente até que ele volta a ser descendente, estabelecendo-se aqui o que chamamos de dinâmica de oscilação. Essa dinâmica depende diretamente do gradiente de pressão inerente ao sistema, tendo o amortecimento como consequência da diferença entre as densidades dos líquidos contidos nos recipientes interno e externo, porém, devido à difusão, essa diferença torna-se cada vez menor.

3.3 OBTENÇÃO DE VOLTAGEM NO OSCILADOR DE DENSIDADE

Quando dois eletrodos, conectados também aos terminais de um instrumento para a medida de tensões, são incorporados aos recipientes interno e externo do oscilador (figura 2), é observado um registro de voltagem do tipo oscilatório (Figura 3).

Inicialmente no recipiente interno temos uma solução salina Na^+Cl^- . Quando o instrumento de medida é conectado, os eletrodos ficam polarizados, atraindo os íons de carga oposta à dele. O potencial medido corresponderá à capacidade de atração do eletrodo. Durante o fluxo descendente ocorre redução na quantidade de íons na solução, o que facilita a interação entre o eletrodo e os íons de carga oposta à dele, aumentando o valor do potencial registrado. Depois de certo tempo, há saturação de íons em torno do eletrodo, provocando estabilização do potencial medido. Quando o fluxo torna-se ascendente, temos água penetrando no recipiente interno e reduzindo a concentração de íons, o que dificulta a atração para o eletrodo, provocando redução no valor do potencial medido. Como a dinâmica do sistema é do tipo oscilatório, o comportamento dos gráficos de potenciais elétricos será também do tipo oscilatório, como é observado na Figura 3.

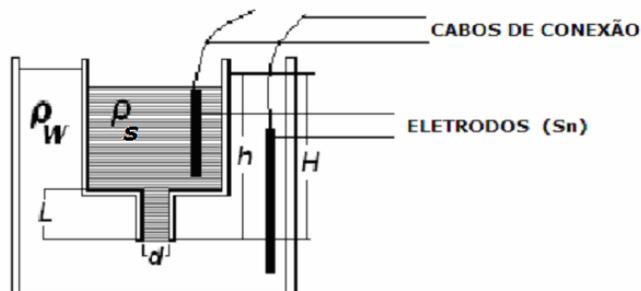


Figura 2: Incorporação de instrumentos de medida no oscilador de densidade (Rincon e Fajardo, 2006)

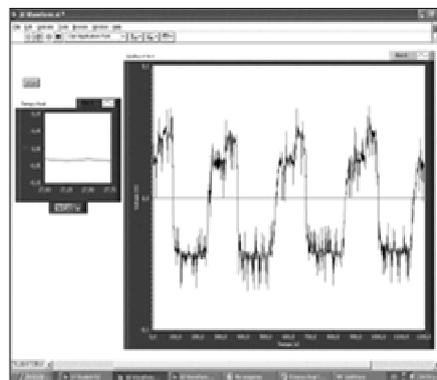


Figura 3. Gráficos de potencial x tempo para o oscilador de densidade

4. CONFIGURAÇÃO DO TRABALHO PRÁTICO SOBRE O OSCILADOR DE DENSIDADE

Depois dessa breve descrição do sistema do oscilador de densidade, retomamos as reflexões que guiaram a elaboração da atividade em si. O primeiro foco a ser abordado diz respeito às leis, aos conceitos, às teorias e aos modelos científicos que poderiam ser abordados com a utilização deste TP. O segundo refere-se a um melhor caminho metodológico a ser seguido para que o desenvolvimento do TP não esteja apenas centrado na aprendizagem de conceitos, teorias e modelos da ciência, mas permita aos estudantes desenvolver uma visão crítica sobre a natureza e os métodos utilizados na elaboração de teorias científicas, incitando reflexões sobre a possibilidade de gerar conhecimento a partir da construção e reconstrução de idéias e modelos à luz da experimentação.

4.1 O OSCILADOR DE DENSIDADE: UM CAMINHO PARA A APRENDIZAGEM EM CIÊNCIAS

Em um primeiro olhar sobre o oscilador de densidade, sob o ponto de vista do campo explicativo da física, logo se percebe que, para explicar as oscilações de fluxo que ocorrem no sistema e a forma como se dá o amortecimento destas oscilações, necessita-se de teorias de base, neste caso relacionadas à mecânica dos fluidos. Essas teorias englobam os conceitos de pressão e densidade, juntamente com o princípio de Pascal e o modelo de fluidos estáticos e dinâmicos. Porém, analisando a situação com mais cuidado, vê-se que para atribuir um significado aos potenciais eletroquímicos associados às oscilações de fluxo, a abordagem anterior não é suficiente. Os conceitos de densidade e pressão ainda têm papel importante, não somente do ponto de vista dos modelos macroscópicos de fluidos, mas também da visão atomística da matéria, que permite explicar os fenômenos eletrolíticos responsáveis pelos potenciais elétricos registrados, trazendo à tona o caráter iônico da condutividade elétrica nas soluções.

Embora em alguns contextos relacionados à formação de professores possa parecer complexa a implementação de um sistema que relacione os fenômenos eletrolíticos com as diferentes teorias da constituição de um fluido, utilizar um TP sobre o oscilador de densidade e suas respectivas oscilações de fluxo e potenciais, numa situação de ensino e aprendizagem para os conceitos de densidade e pressão, pode vir a ser bastante proveitoso, já que o amortecimento auto-induzido permite a construção ou reformulação destes conceitos a partir dos modelos da matéria, fornecendo um indicativo de que o conhecimento científico não é um conjunto de verdades, mas, com boa aproximação, um sistema de idéias válidas em determinados contextos. Portanto, pode-se dizer que, mesmo que uma atividade analisada sob um ponto de vista tradicional apresente dificuldades de utilização no cenário de formação de professores em ciências, pode vir a ser uma poderosa “ferramenta” ao instaurar uma ponte entre a epistemologia e a prática das ciências.

É claro que não é o oscilador de densidade em si que tem o poder de fornecer todas as soluções e inovações para uma melhor maneira de formar professores, mas a visão dos professores ao planejar um TP é que vai dar ou não a orientação das atividades na direção desejada. É possível diversificar os fenômenos para gerar situações de ensino e aprendizagem que envolvam quaisquer conceitos. Neste caso particular sugere-se o oscilador de densidade para focalizar, entre outros, os conceitos de pressão e densidade. A riqueza das idéias dependerá da concepção de quem planeja o trabalho e da forma como irá conduzi-lo em sala de aula.

5. METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO TP

Ao desenvolver os TP, é essencial delinear com clareza os aspectos mais relevantes que se deseja abordar e desenvolver a partir da atividade, ter clareza no foco que se pretende dar e nos possíveis caminhos que se pode seguir, não só em relação aos conceitos, mas também às

atitudes e procedimentos que também têm importante papel na formação de professores, relegando a um segundo plano aqueles que não interessam nem interferem diretamente nos objetivos definidos, pois, como é um trabalho bastante amplo, pode-se correr o risco de torná-lo por demais denso e cansativo para os alunos, o que poderia fazê-los perder o interesse pela atividade. A partir dessas considerações foram definidos alguns aspectos norteadores para a atividade que seria desenvolvida, de acordo com as características dos TP delineados anteriormente: (i) elaboração de explicações conjuntas para o comportamento observado na atividade, (ii) identificação de habilidades experimentais e (iii) incorporação de tecnologias de informação e comunicação na prática experimental por meio da aquisição de dados por computador.

Visando à elaboração de explicações conjuntas e à identificação das habilidades experimentais e levando em conta os objetivos centrais da atividade, configuramos um TP no qual as idéias dos estudantes são previamente levantadas, discutidas e confrontadas com a situação concreta apresentada. A reelaboração explicativa desejada ocorre ao longo de toda a realização da atividade e dá-se de acordo com os interesses e percepções dos estudantes a cada etapa do trabalho.

A atividade foi realizada na disciplina de Física III, que faz parte do terceiro semestre do curso de Licenciatura em Ciências Exatas. Em 2007-A a turma era composta por vinte e um estudantes, sendo dezenove da própria instituição e dois estudantes de intercâmbio da Universidad Pedagógica Nacional, com idade média de 20 anos. Ao longo do semestre haviam sido trabalhados tópicos relacionados às leis de Newton e suas aplicações e a conceitos básicos de densidade e pressão estática em fluidos. A realização do TP se deu ao final do semestre.

O primeiro momento da atividade consistiu em explicar como o sistema seria montado e lançar questionamentos sobre as expectativas dos estudantes a respeito do comportamento dos fluidos. Quando o grupo entrou em consenso sobre essas expectativas, a montagem foi finalizada e todos observaram atentamente o que estava ocorrendo. Em seguida reiniciou-se a discussão buscando-se chegar a uma explicação consensualizada para o que foi efetivamente observado e, a cada consenso, lançava-se novo questionamento, visando a explicações progressivamente mais abrangentes para o fenômeno, até que eles tivessem condições de explicar o comportamento alternante do fluxo de massa ao longo do tempo, utilizando o conceito de força (peso-empuxo), e das diferenças de pressão devidas aos desníveis das colunas dos líquidos.

Num segundo momento apresentou-se aos estudantes o multímetro digital, explanando-se brevemente a forma de seu funcionamento e sua utilização, mostrando-se como é medida a tensão de uma pilha de 1,5V, por exemplo. Logo em seguida os estudantes foram questionados sobre o que aconteceria quando o multímetro fosse conectado aos eletrodos do oscilador. Quando a conexão foi efetuada, pôde-se observar o surgimento de uma tensão entre os eletrodos, o que gerou novos questionamentos. Para manter as características da aprendizagem por descoberta, retornamos à dinâmica inicial, novamente buscando explicações consensuais para o que estava sendo observado experimentalmente.

Num terceiro momento os estudantes foram questionados sobre a melhor forma para registrar os potenciais observados e *plotar* esses resultados em um gráfico, considerando o tempo prolongado que o sistema consome para cessar as oscilações (≈ 2 dias) e a grande taxa de variação dos potenciais durante as inversões de fluxo. Em vista das dificuldades em realizar estes registros manualmente, foi sugerido o ambiente LabView⁶, como uma alternativa simples e rápida para a coleta e registro dos dados, por meio da placa de som de um computador. Foi feita breve explanação sobre o uso e o funcionamento desse programa e em seguida os eletrodos foram conectados para a realização da coleta dos dados, aguardando-se alguns minutos para a verificação das medidas. Depois desse procedimento, verificando que a forma do gráfico obtido não era conclusiva devido à amplitude do sinal ser muito pequena, apresentou-se aos estudantes

⁶ Este programa possui versão de testes (demo) e manual de funcionamento que podem ser encontrados no site <http://www.ni.com/labview/>.

um amplificador operacional, fazendo a analogia deste com um amplificador de áudio. A seguir o amplificador foi conectado ao LabView e o processo de medidas foi retomado.

O trabalho culminou com um espaço de discussão e avaliação, no qual os estudantes puderam expressar suas idéias a propósito do significado do trabalho realizado, da importância deste tipo de trabalho no contexto de formação de professores (tanto inicial quanto continuada), dos aspectos que contribuíram para visionar a diversificação de situações, abrindo a possibilidade de identificação de pontos fortes e pontos fracos a cada uma das etapas do TP desenvolvido.

6. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A implementação de um trabalho prático com as características do experimento do oscilador de densidade já destacadas permite analogias. Por ser aparentemente antiintuitivo, possibilita abordar diferentes campos explicativos. Ao mesmo tempo, favorece a inclusão significativa de novas tecnologias. Finalmente, pode-se dizer que envolve uma maior reflexão sobre a abordagem experimental do trabalho docente e, caso haja pré-disposição do docente, fornece uma via de inovação metodológica mais consistente e mais atrativa para o estudante.

O experimento pode ser também um interessante caminho para abordar conceitos físicos. A sua análise por meio de cenários diversificados favorece a capacidade de identificar inter-relações entre diferentes domínios explicativos, como, no nosso caso, a constituição da matéria do ponto atomista ou fluido. São exemplos disso, igualmente: (i) o comportamento de fluxos unidirecionais oscilatórios (comparando, por exemplo, com a experiência típica de Galileu do vinho vermelho (Naranjo, 1998 e Galles e Belluccia, 1992)); (ii) a compreensão de conceitos de soluto, solvente, difusão, saturação etc., em química; (iii) na linha ciências aplicadas, como a geofísica, estabelecendo analogias com o fenômeno natural de oscilações climáticas no atlântico norte, etc.

Assim, pode-se afirmar que o TP constitui-se em uma ferramenta potencialmente importante na qual a experimentação não é só uma via para meras constatações experimentais das teorias trabalhadas em sala de aula, mas uma alternativa para aperfeiçoar o processo de ensino e aprendizagem das ciências, favorecendo a construção do conhecimento científico reflexivo, considerando significativamente a forma como este, juntamente com os conhecimentos tecnológicos, interferem na vida do homem, na natureza e, por fim, no *Mundo da Vida*.

O uso do oscilador de densidade como ferramenta de análise, por todas as características já citadas e pelo interesse e curiosidade explicitados pelos alunos da turma com a qual foi trabalhado, proporcionando discussões e reflexões abstratas sobre o fenômeno concreto observado, permitiu que os futuros professores vivenciassem uma situação em que pudessem manipular conceitos trabalhados em sua formação, como a constituição da matéria sob uma perspectiva do campo explicativo da química, conjuntamente com as leis de Newton e os princípios básicos da mecânica dos fluidos, inter-relacionando diferentes olhares sobre a mesma situação e adotando uma postura crítica frente às possíveis maneiras de analisar um fenômeno, vivenciando a possibilidade de haver diferentes formas de se desenvolver ciência, produzir conhecimento ou participar do processo de construção de uma maneira ativa e criativa. De certa forma o trabalho propiciou aos futuros docentes a percepção de atitudes menos positivistas perante o fazer ciência, tornando mais abrangentes suas concepções epistemológicas⁷ sobre a Física e a Química.

É possível, portanto, inferir que o TP orientado nesta linha incentiva os futuros educadores a assumirem novas posturas frente à construção e evolução do conhecimento

⁷ Entendidas como a compreensão da natureza epistemológica de conceitos, leis, teorias e modelos.

científico, partindo de formas mais tradicionais e positivistas e evoluindo para posturas mais abertas e dialógicas, nas quais o experimento não é só uma contrastação empírica de teorias, mas uma promissora fonte de dados a serem analisados e confrontados com os modelos explicativos trazidos, visando a reformulações e adaptações.

O TP aplicado fornece ao docente uma ferramenta inovadora para a identificação de idéias dos alunos sobre fenômenos diversos, que podem ser analisados sob a ótica de diversos campos de conhecimento, como as relações existentes entre pressões, densidades e empuxo em líquidos, a obtenção de tensões elétricas a partir de soluções iônicas, a diferença entre potencial elétrico e condutividade elétrica, etc. Um trabalho prático pode ser tão útil ou mais que um questionário de levantamento de idéias (sendo claro que, neste tipo de trabalho, a tarefa de registro dos dados coletados é um pouco mais laboriosa, pois surgem muitas colocações durante as discussões), permitindo ao estudante interagir com o experimento, expressando de maneira mais livre e clara as suas idéias. O docente pode dispor desta enorme gama de informações, entre outras possibilidades, para desenvolver sua metodologia de ensino e assim propiciar ao estudante uma aprendizagem mais significativa dos conteúdos tratados em sala de aula.

Como comentário final enfatiza-se a idéia do uso de trabalhos práticos para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem das ciências, não apenas com uma perspectiva experimental, mas como uma janela que permite visionar um panorama do mundo dos fenômenos, estreitamente relacionados com o homem, como ser social, e com a ciência, como produto dele. É tarefa do professor em atividade e em formação avaliar novas propostas, apropriando-se delas e adaptando-as ao seu contexto de ação, aos seus interesses e aos interesses dos estudantes com os quais irá trabalhar. O oscilador de densidade é apenas um exemplo de trabalho prático, orientado para a discussão de conceitos de pressão e densidade em física, e para a utilização de tecnologias em experimentos simples, mas em outros contextos, como mencionado anteriormente, pode ser re-direcionado de forma a satisfazer as necessidades e intenções em diversas situações de ensino e aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- Ayala, M. Bautista, G. y Orozco, J. Documento maestría en enseñanza de la física. Departamento de Física. **Universidad Pedagógica Nacional**, Bogotá, Colombia, 2005.
- Brezinka, W. Educación y Tradición. **Revista Española de Pedagogía**, Septiembre-Diciembre, 1996.
- Campos, D. **Prolegómenos a los sistemas dinámicos**, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- Galles, C e Belluccia, H. Galileo's red wine oscillator, **Am. j. phys.** 60(393) 1992.
- González, L. e Mazario, A. El papel del laboratorio en la enseñanza de las ciencias experimentales, **Educación Universitaria**, 2000.
- Harré, R. **Grandes experimentos científicos: veinte experimentos que han cambiado nuestra visión del mundo**. Editorial Labor, S.A. España. 1986.
- Hodson, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo en el laboratorio. **Enseñanza de las ciencias**, 2 (3) 1994; 299-313.
- Hodson, D. Trabajo de laboratorio como método científico: tres décadas de confusión y distorsión. **Revista de Estudios del Currículo**, 2 (2) 1999; 52-83.
- Kuhn, T. **La estructura de las revoluciones científicas**. Editorial Fondo de la cultura económica, México. 1971.

Marulanda, J. E.; Gomez, L. Experimentos en el aula de clase para la enseñanza de la física, **Revista colombiana de Física** Vol 38, N 2, 2006.

Naranjo, J. **Los trabajos experimentales de Galileo Galilei**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1998.

N'Tombela, G.M. A marriage of inconvenience School science practical work and the nature of science, en Leach, J. y Paulsen, A.C.(eds.) ***Practical work in science education: the face of science in schools***, Roskilde: University of Roskilde Press. 1999; 118-133.

Pereira, M. **Creatividad, juego y experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales**. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Facultad de Educación, Departamento Teorías de la Educación y Pedagogía Social. España, 1999.

Rincon, N e Fajardo, F. Estudio de un oscilador de densidad mediante medidas de potencial **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n 1, p 67 - 76, (2006).

Serie Lineamientos curriculares. Ministerio de Educación Nacional. Colombia. 1998.

Steinbock, O.; Lange, A. y Rehberg, I. Density Oscillator: Analyses of Flow Dynamics and Stability, **Physical review letters** 81(4), Julio de 1998.