

O ensino de hidrostática por meio de atividades investigativas

Arthur Schelb Filippini^{1, #} e Regina Simplício Carvalho²

¹Colégio Santa Maria, Unidade Coração Eucarístico, Belo Horizonte, MG, Brasil.

²Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo sobre uma sequência didática investigativa no ensino de hidrostática aplicada no Ensino Médio. O objetivo da pesquisa foi elaborar uma sequência didática com abordagem investigativa, testar e analisar seus impactos na aprendizagem dos alunos. As aulas, com caráter experimental, foram planejadas e elaboradas com a utilização de materiais de baixo custo e de fácil aquisição, podendo assim ser ministradas em uma sala de aula comum. Os temas abordados nas aulas foram pressão e empuxo. As atividades investigativas foram aplicadas para uma turma constituída por alunos voluntários da primeira série do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Belo Horizonte, MG. Os resultados obtidos foram analisados em busca de indicadores de alfabetização científica e aprendizagem significativa das habilidades e competências de física trabalhadas.

Palavras-chave: ensino de hidrostática; atividades investigativas

1. Introdução

O ensino experimental desempenha um papel fundamental na educação em ciências e, por meio dele, deve-se oferecer aos jovens experiências de aprendizagem que lhes mostrem razões para a importância de se conhecer as ciências [1]. Para tanto, torna-se necessário desenvolver estratégias de ensino que articulem o conhecimento dos conceitos e o processual, ou seja, a maneira de se fazer ciência e estabelecer relações com o cotidiano do aluno. Nesse contexto, as atividades investigativas baseadas na resolução de problemas têm sido apontadas como uma alternativa promissora [1, 2]. Nesse tipo de atividade, o aluno exerce um papel ativo e o professor é um orientador das atividades. O aluno é estimulado a analisar e interpretar os dados obtidos, formular hipóteses sobre o problema apresentado, discutir e argumentar sobre as hipóteses formuladas, escrever sobre os conceitos aprendidos e desenvolver um raciocínio crítico. Busca-se assim uma metodologia de ensino que gere aprendizagem significativa e que não só utilize o conhecimento prévio do aluno como subsunçor, mas que auxilie no processo do aluno de remodelar seu conhecimento prévio, tornando-o científico. E mais, que o conteúdo aprendido possa ser utilizado pelo aluno em sua vida cotidiana, salientando-se a importância da ciência para a sociedade. O êxito na realização das atividades práticas depende de um planejamento adequado que estimule uma atitude investigativa, colaborativa e crítica dos alunos.

O estabelecimento de interações discursivas relacionadas às ciências faz os

estudantes participarem de investigações objetivando a compreensão de conceitos científicos e, com isso, aprenderem como proposições científicas são construídas, avaliadas e legitimadas [3]. O engajamento dos alunos na investigação leva-os a retomar o conhecimento prévio para elaborar hipóteses explicativas e buscar relações entre os dados para avaliar a validade de suas hipóteses,

Como abordado por Briccia [8], a metodologia usada para o ensino não é neutra, essa metodologia também é conteúdo

aprendendo assim também sobre a natureza do conhecimento científico e sua produção, aproximando a ciência escolar da ciência re-

al [4, 5]. O ensino das relações sociais nas ciências e o modo como ocorre a construção do conhecimento podem diminuir a distância entre a visão dos alunos e a dos cientistas. Ao apresentar um problema real aos alunos, motivando-os assim à resolução do mesmo e a buscar as ligações da física com outros conteúdos para solucioná-lo, a figura do cientista aproxima-se da figura do estudante, quando este tenta solucionar problemas reais, como um problema de equilíbrio de pontes ou de sustentação de navios. Assim, os estudantes precisam criar hipóteses sobre quais fatores são relevantes para a sustentação de um corpo na água e, nesse processo, são levados a descobrir ou a redescobrir os conceitos, na posição de cientistas, e assim moldar seu conhecimento prévio em conhecimento científico [6]. Ao criar hipóteses e participar do processo de construção do conhecimento, o aluno convive com as imprecisões do método a ser conduzido, o experimento e as incertezas e aproxima-se do verdadeiro espírito investigativo [7].

Como abordado por Briccia [8], a metodologia usada para o ensino não é neutra, essa metodologia também é conteúdo. Se usarmos uma metodologia

#Autor de correspondência. E-mail: arthurschelbfilippini@gmail.com.

baseada na investigação com a intenção de produzir descrições científicas, estaremos ensinando o conteúdo e simultaneamente mostrando a realidade da ciência e a forma como os cientistas trabalham. Quando os alunos constroem seu conhecimento por meio de observações de um fenômeno e pela criação de explicações para os mesmos, aproximam-se do aprendizado e da criação do conhecimento, tal como feito por Kepler em seus estudos de órbitas, por Ptolomeu na astronomia e por Darwin na seleção natural. Unindo o conhecimento prévio ao obtido em sala de aula, os alunos aprendem também sobre a construção científica. Podemos utilizar atividades práticas, como experiências que colocam o aluno em contato com fenômenos naturais e/ou como investigações em que o aluno tem a oportunidade de lidar com questões abertas e necessita se portar como um cientista que resolve um certo problema [9]. Essas atividades podem ser utilizadas para se obter resultados positivos com vários objetivos educacionais diferentes, seja para demonstrar um fenômeno, ilustrar um princípio teórico, coletar dados, testar hipóteses e incentivar o interesse e a curiosidade dos alunos. Podemos utilizar essas atividades para desenvolver habilidades de observação e capacidade de realizar medidas, aprendendo assim a fazer uso de aparatos experimentais [9]. Essa realidade de construção do conhecimento também favorece o relacionamento entre os alunos, porque durante uma aula investigativa todos devem supor hipóteses e modos de testar essas hipóteses. Hipóteses incorretas e tentativas impróprias de se verificarem hipóteses fazem parte da história da ciência e do processo de construção do conhecimento. Assim, os alunos perdem o medo de expor suas concepções sobre a física, sejam elas corretas ou incorretas, criando-se um ambiente mais propício para a aprendizagem [10]. Para Freire [11], a aceitação do erro no aprimoramento dos saberes é importante por revelar o inacabamento do conhecimento humano, humanizando a aprendizagem e o ensino. As ciências apresentam uma linguagem específica, com características distintas da linguagem comum [12], normalmente com-

Estas questões e problemas para favorecer o ensino por descoberta devem ser suficientemente desafiadoras para que gerem interesse e motivação, porém não podem ser difíceis a ponto de gerar desânimo e desistência por estarem longe das capacidades dos alunos” [18]

posta de termos técnicos da área, modelos de discurso e argumentações particulares. Essas características foram estabelecidas ao longo de seu desenvolvimento, visando registrar e ampliar esse conhecimento. Reconhecer essas distinções leva-nos a admitir a inseparabilidade da aprendizagem de ciência da aprendizagem da linguagem científica [12]. Abordamos anteriormente sobre saber, falar e fazer ciência, porém pouco foi comentado sobre escrever ciência, que também deve ser ensinado. Segundo Freire [11], a alfabetização é vista em um aspecto diferente do que é visto nos dicionários; ser alfabetizado não é saber somente ler e escrever, deve-se saber o que está escrevendo, tal como o porquê escrever e sobre o que escrever. No contexto da ciência, o alfabetizado cientificamente é o indivíduo que sabe como organizar os pensamentos para compor uma hipótese e sabe trabalhar com contraexemplos e outras estruturas argumentativas e de discurso [13]. Essa linguagem própria da ciência aparece na vida dos estudantes quando buscam informações sobre novas tecnologias, unindo a linguagem científica e tecnológica, buscando assim uma enculturação tecnológica e científica [13]. Sobre o processo de investigação e construção do conhecimento, de acordo com Bachelard [14, p. 14], “Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído”. A partir desse pensamento, para a construção de uma aula investigativa devemos começar com uma questão a ser respondida e, durante a construção do conhecimento científico para a resposta da questão, ocorrerá o aprendizado. Surgem mais questões e essas questões a serem respondidas devem proporcionar testes de hipóteses, a passagem de manipulação para análise intelectual, formação de uma estrutura do pensamento e argumentação sobre as questões. É importante que os problemas que originam as questões utilizadas sejam inseridos na cultura dos estudan-

Reconhecer essas distinções leva-nos a admitir a inseparabilidade da aprendizagem de ciência da aprendizagem da linguagem científica [12]

tes e sejam interessantes o suficiente para incentivar a curiosidade e a busca pela resolução e compreensão da questão, seja um problema experimental ou não, tal como problemas baseados em vídeos, imagens ou reportagens [15]. Precisamos, na construção da pergunta inicial, considerar qual será o ponto inicial da aula, quais conceitos e conhecimentos se espera que os alunos construam, já que não é esperado que os alunos realizem experimentos para obter e redescobrir todos os conceitos teóricos [16]. Para Bruner *apud* Oliveira [17], o ensino por descoberta acontece quando o aprendiz, guiado pela curiosidade, busca uma explicação sobre fenômenos ou as relações entre conteúdos, trilhando seu próprio caminho na busca por conhecimento através da resolução de problemas. Segundo esse autor, “o ambiente ou conteúdo de ensino têm que ser percebidos pelo aprendiz em termos de problemas, relações e lacunas que ele deve preencher, a fim de que a aprendizagem seja considerada significativa e relevante. Portanto, o ambiente para aprendizagem por descoberta deve proporcionar alternativas resultando no aparecimento e percepção, pelo aprendiz, de relações e similaridades, entre as ideias apresentadas, que não foram previamente reconhecidas. Estas questões e problemas para favorecer o ensino por descoberta devem ser suficientemente desafiadoras para que gerem interesse e motivação, porém não podem ser difíceis a ponto de gerar desânimo e desistência por estarem longe das capacidades dos alunos” [18]. A demanda por problemas desafiadores está de acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+, “O aspecto desafiador das atividades deve estar presente todo o tempo, permitindo o engajamento e a continuidade desses alunos no processo de aprender” [19, p. 129], e a Base Nacional Comum Curricular - BNCC [20, p. 550] reforça que:

a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar

informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área. [20, p. 550].

Para se obter esse nível de dificuldade ideal necessita-se de um estudo sobre os conhecimentos prévios dos alunos e seu domínio do conteúdo a ser ministrado. O ideal é que os novos conhecimentos situem-se na zona de desenvolvimento proximal (ZDP), conforme recomendado por Vygotsky [21].

É importante ressaltar que o papel do professor não é simplesmente incentivar a interação entre os alunos e a manipulação de objetos, mas também incitar que pensem sobre os fenômenos, apresentar e ajudá-los a solucionar um problema novo para eles [6]. Devemos nos atentar à importância da interação e da argumentação entre os alunos. O momento de trocas de informações e comunicação entre eles pode ajudá-los a compreender não só o conteúdo ministrado mas também a natureza do conhecimento científico, construído por meio dessa metodologia de ensino [22]. O professor, ao longo da investigação, pode criar situações para que a argumentação surja, permitindo e promovendo que ocorram interações discursivas. O professor deve organizar e analisar os dados e conhecimentos existentes, questionando os alunos e propondo perguntas sobre o que está sendo observado, incentivando assim a análise do fenômeno observado e motivando os alunos a levantar hipóteses e contestar explicações [23]. A autora também recomenda que o professor realize retomada de ideias, teste das ideias, correlação de variáveis e avaliação de ideias para organizar as informações obtidas durante a aula, mantenha o foco dos alunos na atividade de investigação e facilite a construção da explicação para o fenômeno. Há algum tempo, tornou-se consenso no Brasil que o ensino de ciências deve

A mudança das normas é perceptível pelos alunos quando resolvem os problemas nas aulas investigativas, porque agora eles devem ser ativos, realizando perguntas, cooperando e sendo responsáveis pelo seu próprio aprendizado [16]

anexar ao ensino elementos que auxiliem no desenvolvimento do pensamento crítico-reflexivo dos estudantes, ajudando assim na criação de uma visão real do mundo e aumentando a capacidade desses alunos de detectar os problemas existentes e propor formas de solucioná-los [5]. Esse pensamento corrobora as ideias de Paulo Freire [24], quando este explicita o desejo de que o ensino remodele o conhecimento do aluno, mantendo a curiosidade ingênua criada pelas suas experiências pessoais. É importante para o pensador que essa curiosidade ingênua associada ao saber comum torne-se criticizada, moldando-se em “curiosidade epistemológica” [24, p. 13]. Para se realizar atividades investigativas em ciência nas salas de aula são necessárias normas sociais específicas, assim como em uma pesquisa científica. A utilização dessas normas facilita a construção de uma cultura investigativa, uma vez que na cultura investigativa os alunos possuem a oportunidade de experimentar características essenciais do

processo de pesquisa científica, tais como criar hipóteses, teorias e modelos; testar suas ideias usando experimentos; interpretar dados, e se envolver no processo social de questionamento, discussão e colaboração. Dessa forma, espera-se realizar o processo de enculturação científica juntamente com o processo de aprendizagem de conceitos [13, 16]. Para se mudar a cultura em sala de aula, necessitamos mudar não só as normas, mas também as expectativas e comportamentos. O professor pode facilitar essa mudança explicando as novas normas e alterando os comportamentos para se adequarem melhor às normas, incentivando os alunos a adotarem esse novo comportamento e recompensando os que o fazem. Facilitar discussões em sala é uma das maneiras de estabelecer a cultura investigativa. Essas discussões também ajudam os alunos a obter um consenso sobre problemas conceituais e proveem o professor de um “feedback” sobre o nível de conhecimento dos alunos sobre o assunto [16]. Para realizar as atividades investigativas, devemos aproxi-

É importante ressaltar que mesmo os alunos que não propõem hipóteses ou sugerem como testá-las aprendem quando estão compenetrados na investigação do fenômeno [26]

mar as normas escolares tradicionais das normas científicas, favorecendo a cultura científica. A mudança das normas é perceptível pelos alunos quando resolvem os problemas nas aulas investigativas, porque agora eles devem ser ativos, realizando perguntas, cooperando e sendo responsáveis pelo seu próprio aprendizado [16]. As novas normas visam incentivar os alunos a experimentar o pensamento ativo e expor ideias, e ensiná-los a usar argumentos de modo respeitoso e ouvir os outros, assim como se permitir e permitir aos outros cometer erros, fazer perguntas e cooperar [16]. O professor deve apresentar essas novas normas e no início das aulas investigativas deve mostrar que a participação ativa e a conquista do conhecimento são mais importantes do que se preocupar em não cometer erros ou em obter a resposta advinda do professor para as perguntas que surgirem durante a aula [16]. Mudaremos a tradição de roteiros “receipe-type” para estruturas guiadas e mais abertas de investigação. Para Kock [16], é importante perceber que quando temos um roteiro muito orientado, os alunos focam somente em seguir os procedimentos descritos, ao passo que na ausência de um roteiro ou em um roteiro totalmente aberto, os alunos perdem o foco e não obtêm um bom resultado. A contribuição central das aulas investigativas é retirar a apresentação de uma ciência consolidada e concentrar-se no consenso da dinâmica presente na construção do conhecimento e da comunidade científica, onde essa dinâmica ocorre por meio da natureza argumentativa do discurso científico [25]. Nesta pesquisa, foi elaborada e aplicada uma sequência de ensino com atividades investigativas com a temática hidrostática.

2. Metodologia

Uma sequência composta de seis aulas com diversas atividades investigativas foi aplicada a um grupo de alunos voluntários do primeiro ano do Ensino Médio em uma escola pública na cidade de Belo Horizonte, MG.

Pressão e empuxo foram os conteúdos de hidrostática abordados nessa sequência didática. Os temas foram: conceitos de pressão, pressão atmosférica e empuxo. As aulas foram divididas em três etapas, explici-

tadas a seguir: 1) A primeira etapa iniciou-se com uma breve exposição do tema e apresentação dos materiais, bem como do aparato experimental a ser utilizado. Quando a montagem do aparato era simples e pequena o suficiente para termos vários na sala, os alunos eram divididos em grupos para eles mesmos realizarem o experimento. No caso de um aparato muito grande ou de difícil manipulação, o professor manipulava o aparato e a aula era demonstrativa. Durante todo o tempo da aula, era dada aos alunos total liberdade para fazer perguntas e, na demonstração do experimento, os alunos poderiam sugerir variações em sua exposição ou realização. Em alguns casos, o experimento era virtual, como trechos de um vídeo, cenas de um filme, demonstrações de imagens ou simuladores educacionais. Nesses casos, todos assistiam juntos e analisavam o material antes de iniciar a discussão. 2) A segunda etapa iniciava com a manipulação do experimento pelos alunos ou pelo professor e a proposição do problema. Nessa etapa, os alunos analisavam e interpretavam os dados obtidos, propunham hipóteses e discutiam e testavam suas hipóteses, construindo o conhecimento. Conforme Oliveira (2013), a aprendizagem dá-se de forma mais efetiva quando há oportunidade para a reflexão e os alunos devem sentir-se respaldados na investigação, tanto pelos seus colegas quanto pelo professor. É importante ressaltar que mesmo os alunos que não propõem hipóteses ou sugerem como testá-las aprendem quando estão compenetrados na investigação do fenômeno [26]. 3) A terceira etapa começava com a entrega de um teste com algumas questões para resolução. Nesse processo, os alunos sistematizavam e organizavam o conhecimento à medida que discutiam entre os pares, buscando como responder às questões propostas e desenvolvendo as habilidades de comunicação oral e escrita [26]. O professor guiava a discussão e auxiliava os alunos a acordar uma explicação para o fenômeno observado. Nesse processo, o professor deve incentivar a utilização da linguagem científica, fazendo assim com que as explicações se tornem progressivamente mais científicas, tanto em forma quanto em conteúdo. Esse processo de mudança progressiva de linguagem, passando da linguagem coloquial para a linguagem científica, favorece o aprendizado. Muitos alunos têm dificuldade de descrever o fenômeno observado, mesmo coloquialmente,

depois cientificamente, e muitas vezes ainda mais dificuldade de passar para a matematização da descrição [27]. É importante atentar, durante a elaboração das sequências didáticas envolvendo atividades investigativas, para que a estrutura gere espaço para todas as instâncias sociais, envolvendo assim diferentes práticas epistêmicas, tais como a construção de argumentos resultantes do processo de articulação dos dados experimentais e conclusões devidamente fundamentadas pelos conceitos científicos adequados [5].

3. Descrição das aulas

3.1. Aula 1: Conceitos básicos

Essa aula foi elaborada com o objetivo de construir e rever conceitos básicos a partir dos conhecimentos que os alunos já possuíam. De acordo com Kelly [4], um dos maiores desafios de se ensinar ciências através da investigação é que os alunos precisam ter conceitos básicos para adquirir mais conceitos. Conceitos como área, massa, volume, densidade e forças foram revisados.

As ideias de grandezas escalares e vetoriais também foram construídas. Os materiais utilizados (balança, dinamômetros, bloco de madeira preso a uma linha, régua, becker, água, peça de metal, cilindro de cerâmica) estão apresentados na Fig. 1.

Nessa aula, foi medido o peso do bloco de madeira usando o dinamômetro com escala interna e posteriormente sua massa, utilizando-se de uma balança. A medição da massa dos outros materiais descritos acima foi utilizada para auxiliar na compreensão da densidade, uma vez que os alunos apresentaram dificuldade em diferenciar peso e mas-

sa. Por meio da medição com réguas e trenas, os alunos puderam calcular um valor aproximado dos volumes dos objetos e posteriormente medimos o volume de líquido deslocado ao submergir os corpos C, D e F, para obter outra medida da mesma variável e discutir as diferenças encontradas.

Na questão do teste aplicado: “Quais grandezas são vetoriais e quais são escalares? Justifique”, todos os alunos responderam que peso e força eram vetoriais e que massa, densidade, volume e área eram escalares.

3.2. Aula 2: Introdução ao estudo da pressão

Nessa aula, foi estudado o experimento do regelo. Um fio de nylon fino, com pesos em suas extremidades, exercia pressão sobre um bloco de gelo (Fig. 2). O copo que continha o gelo foi cortado, de modo que o fio tocava somente o gelo. Esse experimento foi acompanhado pelos alunos durante um certo tempo, para que fossem observando as mudanças no sistema. O tempo não foi suficiente para que o fio atravessasse o bloco de gelo, mas o suficiente para observar o regelo.

Na borda do copo plástico foram feitos dois pequenos cortes verticais para passar o fio de nylon e este depositar toda a sua pressão no bloco de gelo; essa pressão exercida pelo fio com peso sobre o gelo comprime o arranjo tridimensional do sólido, alterando a organização das moléculas de água e as interações intermoleculares. Esse aumento momentâneo da pressão permite a fusão de uma fina camada de gelo, formando uma fina camada de água. A água formada permite a movimentação

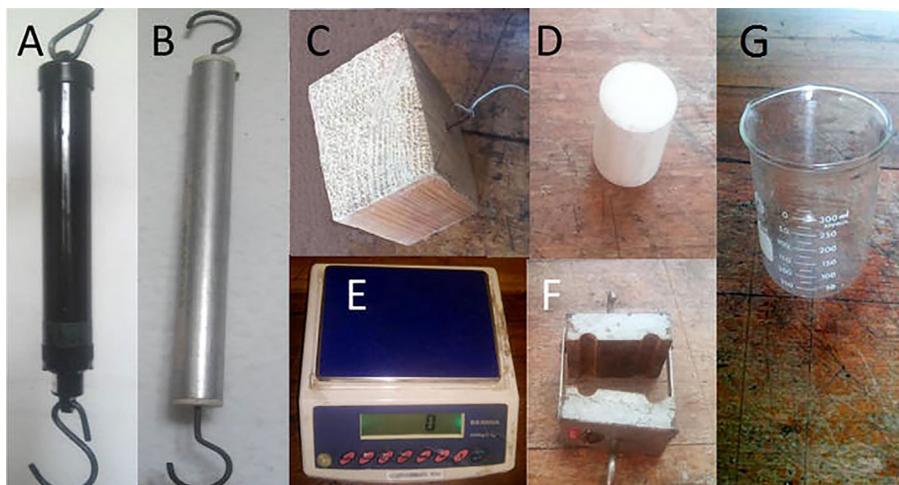


Figura 1 - Dinamômetros (A, B), bloco de madeira preso a fio (C), cilindro de cerâmica (D), balança (E), peça de metal (F) e becker (G).



Figura 2 - Montagem experimental do estudo sobre regelo.

do fio, uma vez que o corte no copo faz com que o fio toque somente o gelo e a água. Assim, o fio passa a exercer pressão sobre outra porção do gelo. A fina camada de água, sendo grande parte da sua vizinhança imediata o próprio gelo, solidifica novamente.

Nessa mesma aula, foi exibido um trecho do filme *Rei Arthur* no intervalo de tempo 1:13:00 até 1:15:00. As cenas apresentavam pessoas andando sobre um terreno congelado e o gelo começa a trincar devido à intensa pressão causada por um aglomerado de pessoas em uma determinada região. Por meio desse trecho, foi apresentada a ideia de pressão, uma vez que o gelo suportava o peso do conjunto de pessoas dispersas, mas não o suportou quando elas se aglomeraram.

Um recipiente com líquido composto de amido de milho e água foi apresentado aos alunos para estimular a discussão sobre os efeitos da pressão em outro sistema além da água. Esse sistema é considerado um líquido não newtoniano, cuja viscosidade depende da taxa de corte. Ele foi utilizado devido ao interesse demonstrado pelos alunos pelo experimento e a capacidade de estudar mudanças de fase de um modo rápido, devido à pressão.

Em um líquido, as moléculas deslocam-se umas em relação às outras e, se o líquido for comprimido em um espaço fechado, apresentará resistência à compressão [28]. Para descrever a deformação e o escoamento de um fluido, é necessário explicitar a tensão de cisalhamento (forças tangenciais) e a taxa de deformação. Para se saber mais a respeito dos líquidos não newtonianos, é preciso estudar a reologia, que é a ciência que estuda a deformação e o escoamento dos fluidos. Duas questões foram pensadas para essa aula:

Por que o aumento da pressão interna em uma panela de pressão gera maior eficiência no cozimento, diferentemente das panelas comuns?

Quando pressionamos a ponta de um prego sentimos dor. Por que quando sentamos em uma cadeira de pregos não sentimos o mesmo?

3.3. Aula 3: pressão atmosférica

Nessa aula, foram estudados outros sistemas envolvendo pressão. Os materiais utilizados estão especificados na Fig. 3.

Uma bomba de vácuo ligada à tampa furada de uma garrafa pet foi utilizada para mostrar que a garrafa se deformava quando o ar que estava em seu interior era retirado. Por meio dessa demonstração foi discutida a origem dessa força de deformação, levando os alunos a iniciar a construção do conceito de pressão atmosférica. Posteriormente, foram realizadas diversas demonstrações utilizando garrafas pet com diferentes furos (horizontais e verticais) e feita a análise de como ocorre a

saída de água das garrafas em virtude da quantidade de orifícios e suas localizações, tal como o fato de a garrafa estar ou não tampada. Nas garrafas destampadas, observa-se a vazão contínua da água pelos furos, porque a pressão sobre a superfície do líquido é a pressão atmosférica. Nos pontos internos do líquido dentro da garrafa, a pressão é maior que a pressão atmosférica, pois se tem o acréscimo da pressão gerada pelo peso da massa de água acima do ponto. Na garrafa com os furos em posição horizontal, ao se fechar a tampa a vazão era interrompida em todos os furos. Isso ocorre porque quando se fecha a tampa da garrafa, a pressão interna é causada pela altura da coluna de água somada à pressão da massa de ar que ficou retida no recipiente. A pressão dessa coluna de água somada à coluna de ar é aproximadamente igual à pressão atmosférica, equilibrando o sistema. Dessa forma, a água não flui pelos furos, uma vez que os furos estão na posição horizontal e a pressão é a mesma, por estarem em um plano isobárico.

Na garrafa com furos na vertical, ao se fechar a tampa, observa-se vazão apenas no furo inferior. A pressão externa aos furos continua sendo a pressão atmosférica e a pressão interna é causada pela coluna do líquido somada à pressão do ar aprisionado na garrafa. Como a pressão da coluna de líquido no furo inferior é maior do que a pressão gerada no furo superior, o ar entra no furo superior simultaneamente à saída de água no furo inferior. Caso a entrada de ar no furo superior ocorra através da formação de bolhas, no furo inferior a vazão da água apresentará uma pulsação na frequência da formação das



Figura 3 - Bomba de vácuo (A), hemisférios de Magdeburgo (B), garrafa pet furada horizontalmente (C), garrafa pet furada verticalmente (D) e canudos (E).

bolhas [29].

Um trecho do filme *Gravidade*¹ foi apresentado, a partir da cena da personagem abrindo escotilha pelo lado de fora da estação planetária até o final da pressurização da cabine, cenas entre 37:15 e 38:30 minutos. Esse trecho foi escolhido para demonstrar os efeitos de diferença de pressão em ambientes e ajudar a construção da ideia do vácuo no espaço. Posteriormente, foi entregue aos alunos um copo com água e canudos de plástico. Os alunos deveriam tentar beber água utilizando canudos, tal como indicado na Fig. 4.

Nessa aula, a primeira questão do teste foi proposta acerca do experimento de tentar beber água simultaneamente através de 2 canudos, um dentro da água e um fora; foi solicitado que os alunos se unissem em duplas para realizar o experimento e respondessem à seguinte questão: “Coloque as duas extremidades em sua boca e tente beber água. Explique o que aconteceu e por que”.

A resposta esperada para essa questão experimental proposta era: Quando os dois canudos estão imersos no líquido, a sucção com a boca faz com que a pressão no interior destes seja menor que a da atmosfera, e o líquido sobe. Se a extremidade de um dos canudos está fora do líquido, a pressão nesta região é a da atmosfera; a tentativa de diminuir a pressão no interior do canudo imerso no líquido tem como único resultado fazer com que o ar entre pelo outro canudo, mantendo a pressão inalterada. Se não há diferença de pressão entre a parte externa do lí-



Figura 4 - Montagem experimental para o experimento da sucção de água.

quido e o interior da boca, então este não sobe [30, p. 45].

Diante da segunda pergunta: “Se uma garrafa pet com água, parcialmente cheia, com seu interior à pressão atmosférica, é lacrada e colocada no vácuo, o que pode acontecer? Haveria diferença se a garrafa estivesse vazia ou totalmente cheia? Explique.” Essa questão exigia que o aluno extrapolasse os conceitos trabalhados no laboratório, precisando ser capaz de imaginar uma situação no espaço ou em outro local no vácuo e assim entender as consequências da mudança de pressão. Mesmo trabalhando-se o trecho do filme *Gravidade*, ainda assim imaginar a garrafa com pressão atmosférica no vácuo mostrou-se desafiador.

3.4. Aula 4: pressão e vasos comunicantes

Para ampliar o conceito de pressão, outros sistemas, tais como vasos comunicantes, foram estudados. Os materiais utilizados para as montagens experimentais estão especificados na Fig. 5.

Foi utilizado inicialmente o experimento da mangueira com água, indagando aos alunos para que esse instrumento poderia servir. Um aluno citou o “nível” usado por pedreiros na construção civil.

O segundo experimento utilizado foi a montagem com o tubo de vidro conectado a uma garrafa pet por meio de uma mangueira. Esse experimento exemplifica o paradigma hidrostático, em que estruturas conectadas em repouso submetidas à pressão atmosférica têm fluidos a uma mesma altura, independentemente do formato ou área da seção reta.

No terceiro experimento realizado, foi utilizado o sistema com mangueira em U. Inicialmente foi mostrado que nessa nova situação a água estava no mesmo nível horizontal, então foi adi-

cionada lentamente uma solução de água com corante em um dos lados. Devido ao fato de a solução ser mais densa que a água, o nível da água onde o corante foi adicionado ficou inferior ao do lado oposto. Essa diferença reduziu-se com o tempo, conforme a solução com o corante se misturava com a água, até o ponto em que não havia mais uma diferença perceptível. Após a completa dissolução do corante, foi adicionado óleo mineral a um lado do tubo e analisada a diferença da altura das colunas de líquido, assim como o fato de essa diferença não mudar com o tempo, devido ao fato de o óleo não se misturar com a água.

Para responder às questões dos testes, foi solicitado aos alunos que se unissem em duplas. Na primeira questão: “O que ocorreria às duas colunas de água com a mesma altura se fosse adicionado cuidadosamente álcool (miscível em água) em apenas uma delas? Descreva”

Na segunda pergunta: “Qual a diferença de altura de uma coluna de líquido de X cm de água para uma coluna de álcool, considerando sua densidade igual a 0,8 g/cm³?”

3.5. Aula 5: empuxo

Para o estudo do empuxo, foram utilizados os materiais descritos e apresentados na Fig. 6.

A aula foi iniciada com a discussão sobre quais objetos flutuariam e quais iriam submergir.

Foi mostrado cada um dos objetos disponíveis citados acima e os alunos apresentavam as suas previsões quanto ao que iria acontecer com os objetos ao serem colocados na bacia com água. Logo após a discussão sobre o objeto, o experimento era realizado. Esse processo se repetiu com todos os objetos mostrados na figura e somente o bloco de madeira maciço preso a um fio flutuou. Es-

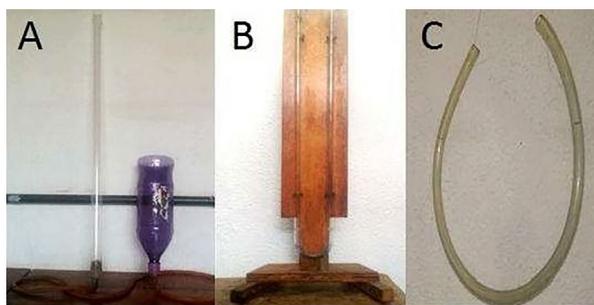


Figura 5 - (A) Tubo de vidro conectado a uma garrafa pet por mangueira; (B) sistema com mangueira em U, contendo uma mistura heterogênea de água com corante e óleo mineral; (C) mangueira com água.



Figura 6 - Bacia, bloco de madeira maciço, bloco de madeira maciço preso a um fio, bloco de madeira com um cilindro oco, cilindro de cerâmica, peça de metal.

se fato deixou alguns alunos curiosos e motivou a discussão de que nem todos os corpos de madeira flutuam; percebendo que a madeira dos blocos usados não era a mesma, muitos alunos disseram que sabiam que algumas madeiras tinham densidade maior que a da água e outras, menor. Após essa discussão, foi solicitado aos alunos que tentassem submergir os objetos na água “pura” e depois em solução de água com sal. Outros objetos foram incluídos por proposição dos alunos, tais como réguas, borrachas e garrafas plásticas de diferentes volumes.

Foi realizado um experimento utilizando um tubo de ensaio em cujo interior se podia controlar a quantidade de água e através dele os alunos construíram a ideia da densidade total ou densidade resultante, sendo esta a soma de

todas as massas, dividida pelo volume total. Após esse experimento, os alunos chegaram rapidamente à compreensão de que a flutuação deveria depender dos fatores: volume total, massa total e gravidade. Nesse ponto, os alunos foram levados a analisar a relevância do volume submerso do objeto, em vez do volume total.

A primeira questão realizada foi: “Que situações você já vivenciou envolvendo o empuxo”? Cite e comente.

4. Considerações finais

Neste trabalho, desenvolveu-se e aplicou-se uma sequência didática sobre hidrostática aos alunos do primeiro ano do Ensino Médio, visando o aprendizado de conceitos de física e a enculturação científica. Os resultados alcançados mostram que os alunos conseguiram construir conceitos científicos e teorias utilizando seus conhecimentos prévios, por meio das interações na sala de aula.

A análise do comportamento dos alunos em sala de aula indica que se oportunizou o desenvolvimento das competências e habilidades dos alunos propostas no PCN, no PCN+ e na BNCC; entre elas, podemos pensar que “organizar explicações científicas para fenômenos associados ao empuxo” possa ser uma competência desenvolvida pelos alunos.

Os resultados também podem ser

úteis aos professores que planejam ou adotam as atividades práticas investigativas. A sequência didática aplicada pode auxiliar na criação e no desenvolvimento dessas atividades em sala de aula, sujeita às alterações necessárias para se adequar à realidade dos alunos e da escola.

Ressalta-se que a realização de atividades investigativas não necessita de laboratórios equipados ou de materiais de alto custo. Essa sequência pode ser reproduzida utilizando apenas materiais de baixo custo e produzidos pelo próprio professor ou pelo professor com auxílio dos alunos.

Por fim, a experiência ao conduzir esta pesquisa mostrou que as aulas investigativas podem ser utilizadas visando vários objetivos diferentes. O engajamento dos estudantes nas investigações cria um olhar diferenciado sobre os conteúdos a serem estudados e sobre a comunidade científica, e os alunos apropriam-se e compartilham dos significados dos conceitos científicos. Contudo, a utilização de tal metodologia exige preparo para saber as perguntas que devem ser feitas em cada momento e muita atenção à discussão dos alunos para saber como e quando intervir.

Recebido em: 17 de Dezembro de 2020

Aceito em: 28 de Dezembro de 2020

Nota

¹Gravidade. Direção: Alfonso Cuarón. Fotografia: Emmanuel Lubezki. 79 min, p&b. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZA14TGm3uEg>; Acesso em: 01 Jun. 2016.

Referências

- [1] M.H. Caldeira, Prefácio. In: *Ensino Experimental das Ciências: Um Guia para Professores do Ensino Secundário*, P.S. Carvalho, A.S. Sousa, organizado por J. Paiva, A. J. Ferreira (U. Porto, Porto, 2012), p. 11.
- [2] M.C.V.M. Capecchi, A.M.P. Carvalho, *Investigações em Ensino de Ciências* **5**, 171 (2000).
- [3] L.H. Sasserón, R.A. Duschl, *Investigações em Ensino de Ciências* **21**, 52 (2016).
- [4] G.J. Kelly, In: *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (Springer Netherlands, Dordrecht, 2014), p. 1363.
- [5] A.C.T. Silva, *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* **17**, 69 (2015).
- [6] M.L.V.S. Abib, In: *Ensino de Ciências por Investigação: Condições Para Implementação em Sala de Aula*, organizado por A.M.P. Carvalho (Cengage Learning, São Paulo, 2013), p. 93.
- [7] I.A. Amaral, *Ciências & Ensino* **3**, 10 (1997).
- [8] V. Briccia, In: *Ensino de Ciências por Investigação: Condições Para Implementação em Sala de Aula*, organizado por A.M.P. Carvalho (Cengage Learning, São Paulo, 2013), p. 111.
- [9] P.V.T. De Souza, M.D. Silva, N.Q. Amauro, R.C. Mori, P. Moreira, *Química Nova na Escola* **37**, 120 (2015).
- [10] C. Gioppo, E.W.O. Scheffer, M.C.D. Neves, *Educar em Revista* **14**, 39 (1998).
- [11] P. Freire, *Pedagogia da Esperança: Um Reencontro com a Pedagogia do Oprimido* (Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1994).
- [12] E.F. Mortimer, A.N. Chagas, V.T. Alvarenga, *Investigações em Ensino de Ciências* **3**, 7 (1998).
- [13] L.H. Sasserón, A.M.P. Carvalho, *Investigações em Ensino de Ciências* **13**, 333 (2008).

- [14] G. Bachelard, *A Formação do Espírito Científico* (Contraponto, Rio de Janeiro, 1996), p. 14.
- [15] A. Belluco, A.M.P. Carvalho, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **31**, 30, (2014).
- [16] Z.J. Kock, R. Taconis, S. Bolhuis, K. Gravemeijer, *International Journal of Science and Mathematics Education* **13**, 45 (2015).
- [17] J.B.A. Oliveira, *Tecnologia Educacional: Teorias da Instrução* (Editora Vozes, Petrópolis, 1973).
- [18] M.A. Moreira, *Teorias de Aprendizagem* (Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo, 1999).
- [19] Brasil, *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (MEC/SEMTEC, Brasília, 2002), p. 129.
- [20] Brasil, *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)* (MEC/SEMTEC, Brasília, 2018), p. 550.
- [21] L.S. Vygotsky, *A Formação Social da Mente* (Martins Editora, São Paulo, 2007).
- [22] M.C.P.S. Azevedo, In: *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*, organizado por A.M.P. Carvalho (Pioneira, São Paulo, 2004), p. 19.
- [23] L.H. Sasseron, In: *Ensino de Ciências por Investigação: Condições Para Implementação em Sala de Aula*, organizado por A.M.P. Carvalho (Cengage Learning, São Paulo, 2013) p. 41.
- [24] P. Freire, *Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa* (Paz e Terra, São Paulo, 2006), 33ª ed.
- [25] G.J. Kelly, S. McDonald, P. Wickman, In: *Second International Handbook of Science Education*, organizado por B.J. Fraser, K. Tobin, C.J. McRobbie (Springer Netherlands, Dordrecht, 2012), p. 281.
- [26] C.M.A. Oliveira, In: *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula*, organizado por A.M.P. Carvalho (Cengage Learning, São Paulo, 2013), p. 63.
- [27] M.C.V. Capechi, In: *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula*, organizado por A.M.P. Carvalho (Cengage Learning, São Paulo, 2013), p. 21.
- [28] B.S.Massey, *Mecânica dos Fluidos* (Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2002).
- [29] M.D. Longuini, R. Nardi, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **26**, 7 (2009).
- [30] B.A. Biffi, F. Catelli, *Física na Escola* **8**(1), 45 (2007).