

TERMODINÂMICA APLICADA NO ENSINO MÉDIO NO INSTITUTO FEDERAL DE PARANAGUÁ

THERMODYNAMICS APPLIED IN HIGH SCHOOL AT THE FEDERAL INSTITUTE OF PARANAGUÁ

Ewerton da Silva Bittencourt*

Eliane do Rocio Alberti**

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar como o uso de atividades práticas na área de Física facilitam o ensino e a compreensão de conteúdos relacionados a termodinâmica, no Ensino Médio, do Instituto Federal de Paranaguá, no estado do Paraná. A metodologia de pesquisa pautou-se em observações em sala de aula e na elaboração e aplicação de atividades experimentais, por meio da realização de cinco oficinas, sobre conteúdos de termodinâmica, desenvolvidas com alunos do Ensino Médio. De acordo com os resultados obtidos, constatou-se que o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem, por meio da aplicação de experimentos, favorecem a assimilação e apropriação do conhecimento científico, tendo em vista a mediação entre professor e alunos.

Palavras-chave: Ensino Médio. Termodinâmica. Aprendizagem.

ABSTRACT

This study aimed to analyze how the use of practical activities in the field of physics facilitates the teaching and understanding of contents related to thermodynamics in high school at the Federal Institute of Paranaguá, in the state of Paraná. The research methodology was based on observations in the classroom and on the development and application of experimental activities through the realization of five workshops developed with high school students, on contents involving thermodynamics. According to the results obtained, it was found that the development of the teaching and learning process through the application of experiments favors the assimilation and appropriation of scientific knowledge, with a view to mediating between teacher and students.

Keywords: High school. Thermodynamics. Learning.

Introdução

Atualmente a disciplina de Física como elemento curricular presente no Ensino Médio, é considerada uma área de extrema importância para a formação humana. Porém, com o passar do tempo, a Física ganha mais descréditos, como por exemplo, ser a mais complicada e não estar de acordo com que o aluno carrega em sua bagagem ou com o seu cotidiano (CARVALHO, PÉREZ, 1993; POZO, CRESPO, 2009).

* Graduação em Licenciatura em Física, na Universidade Federal do Paraná. ewertonbittencourt94@gmail.com

** Professora no Curso de Licenciatura em Ciências Exatas, na Universidade Federal do Paraná. eliane.alberti@ufpr.br

A área de Física no Ensino Médio faz com que o aluno comece a se aprofundar cada vez mais, tanto nos conteúdos, quanto nas mediações ligadas a estes, ou seja, no aprofundamento relacionado a utilização da linguagem matemática para exteriorizar definições. Entretanto, tal como nos documentos de Pozo (2009), no decorrer dos anos do Ensino Médio, os alunos se defrontam cada vez mais com uma grande exposição dos conteúdos físicos relacionados às fórmulas matemáticas, tendo como resultado um campo de aprendizagem preliminar direcionada para a memorização das fórmulas com o objetivo de usá-las em tarefas e resoluções de problemas de maneira acrítica. Assim, a disciplina de Física, por diversas vezes, é compreendida como uma “ramificação” da matemática. Com o objetivo de “desfazer esse entendimento”, a definição enquanto mera matemática usada de forma carente de significados – os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – em direção ao futuro (BRASIL, 2000), propõem vigorosamente refletir a maneira como a Física está sendo ensinada e aprendida, na Educação Básica, e como esta precisa conviver com o aluno. Nesse mesmo sentido, a Base Nacional Comum Curricular – BNCC afirma:

[...] da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe um aprofundamento nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2018, p. 550).

Diante desse contexto é preciso rediscutir “qual Física ensinar”, para possibilitar uma melhor compreensão de mundo e propiciar formação para a cidadania “[...] isso significa repensar e promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem [...] e para isso, é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. [...] Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado” (BRASIL, 2000, p. 23).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo geral, utilizar atividades experimentais sobre termodinâmica, como estratégia de ensino na área da Física, na

intenção de favorecer a assimilação do conhecimento científico e a oferta de um ensino mais contextualizado e significativo para os alunos do Ensino Médio.

1 O ensino de Física no Brasil

Segundo o professor Menezes (2005), a expressão Física, que vem do grego “*physiké*”, originou do termo “*physis*”, palavra grega para a natureza, no intuito de “realidade natural sensível”. A palavra dita está ligada à natureza material, corpórea, que se pode sentir, e que seria o contrário da metafísica, isto é, o que não pode ser sentido. Portanto, podemos definir a Física como a ciência responsável por estudar os fenômenos naturais e suas relações.

Nos dias atuais, o campo da Física cresceu e, embora tenha objeto próprio de estudo, ela não se encontra isolada das demais ciências. Para Moreira (2021, p. 2), a Física:

[...] está na base das tecnologias, da engenharia, das técnicas de diagnóstico e tratamentos usados na ciência médica. A Física tem modelos e teorias que explicam grande parte do mundo físico em que vivemos. A Biologia, a Química, a Neurociência e outras áreas científicas usam conceitos, modelos e teorias derivadas da Física, mas têm identidade própria. A Química e a Biologia estão em todo o corpo humano e em toda natureza, assim como outras ciências. Portanto, a Física permeia a vida dos seres humanos e aprendê-la é um direito dele, libertando-o de interpretações ingênuas, do conformismo acrítico.

No Brasil, no período colonial, a Física começou a ser ensinada, com a colaboração dos jesuítas no ensino secundário e superior. Já no período do império, a Física passa a ser apreendida no quinto ano do ensino secundário, onde apenas 20% era voltada a matemática e a ciências. Na fase da república, o direito à educação surge pela primeira vez na Constituição de 1934. Nessa fase aconteceu o crescimento na carga horária para 27,3% na área de ciências e matemática e depois da revolução de 1930, surgiu novo crescimento para 33,3% da carga horária. Nota-se que aos poucos foi acontecendo uma valorização relacionada a relevância desse campo no currículo escolar no ensino secundário (BEZERRA *et al.*, 2009 *apud* PILETTI, 1989).

Na década de 80, devido a alguns docentes não possuírem formação acadêmica ideal para trabalhar com a disciplina, o ensino das ciências era sobretudo teórico, aprisionando o aprendizado dos alunos ao pensamento clássico de ensino. Todavia, com o decorrer dos anos e o nascimento de novas concepções de ensino, os professores de

Física perceberam que poderiam obter um melhor aproveitamento por parte dos alunos, ao ensiná-los de forma dialógica (BEZERRA *et al.*, 2009).

Nos dias atuais, a disciplina de Física é lecionada a partir do Ensino Médio, possuindo somente uma base conceitual minúscula no final do Ensino Fundamental II, na disciplina de Ciências. Os currículos mais tradicionais, apesar de certas exceções, ainda imperam no país. Levando em conta que o objetivo dos cursos fundamentados nesse tipo de currículo é principalmente repassar conhecimento e compete ao docente expor a matéria de maneira mais atualizada e sistematizada, com o intuito de que o estudante assimile e ou memorize o conteúdo que lhe foi apresentado. Moreira (2018, p. 1) critica essa metodologia de ensino em seu artigo, dizendo que:

[...] ensino está em crise. A carga horária semanal que chegou a 6 horas-aula por semana, hoje é de 2 ou menos. Aulas de laboratório praticamente não existem. Faltam professores de Física nas escolas e os que existem são obrigados a treinar os alunos para as provas, para as respostas corretas, ao invés de ensinar Física. A interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade são confundidas com não disciplinaridade e tiram a identidade da Física. Os conteúdos curriculares não vão além da Mecânica Clássica e são abordados da maneira mais tradicional possível, totalmente centrada no professor, baseada no modelo de narrativa criticado por Finkel (1999), na educação bancária de Freire (2007), no comportamentalismo de Skinner (1972). O resultado desse ensino é que os alunos, em vez de desenvolverem uma predisposição para aprender Física, como seria esperado para uma aprendizagem significativa, geram uma indisposição tão forte que chegam a dizer, metaforicamente, que “odeiam” a Física.

Nas palavras de Pedrisa (2001, p. 45), diversos problemas diagnosticados no ensino da Física no Brasil não são inerentes a uma época. Mas que, com toda certeza, se tornaram características peculiares do processo de ensino das ciências Físicas e naturais, como por exemplo: “o método expositivo, a dependência excessiva do livro didático, a ausência da prática experimental, o currículo desatualizado e descontextualizado, o reduzido número de aulas e a profissionalização insuficiente do professor”, o que contribui significativamente para as lacunas deixadas na formação dos alunos.

1.2 O uso de experiências em sala de aula

Não é de hoje que utilizar experiências demonstrativas em sala de aula como complemento do ensino é empregado. É provável que o Museu de Alexandria tenha sido a primeira instituição a utilizar experimentos para demonstrar fenômenos físicos, por volta do ano 300 a.C. (RONAN, 1987). Mas, essas demonstrações só começaram a ser

amplamente utilizadas em escolas entre os séculos XIX e XX, sendo ainda um fator limitante devido ao seu alto custo (GASPAR; MONTEIRO, 2005).

Contudo, a utilização de atividades experimentais em sala de aula pode ser bastante benéfica no processo de ensino. Conforme apontado por Malacarne e Strieder (2009, p. 3), a experimentação tem o potencial de motivar os alunos, incentivando a reflexão sobre os temas propostos, estimulando a sua participação ativa no desenvolvimento da aula e contribuindo para a possibilidade efetiva de aprendizagem.

Nesse mesmo sentido, Lima e Teixeira (2011, p. 10) apontam as atividades experimentais, como sendo papel fundamental no ensino de ciências. Em suas palavras: Assim, a atividade experimental investigativa realmente contribui aos pressupostos da alfabetização científica por ampliar o sentido dos fenômenos e o significado das descrições científicas presentes nas discussões e atuação do ensino das ciências. Bem como, auxiliam o educador e o aprendiz a desmistificar verdades universalmente imposta para estabelecer formas coerentes de interpretar, e melhor explorar, o conhecimento científico que o homem constrói sobre si e sobre a natureza, respeitando a particularidade e a experiência de cada sujeito que experimenta novas situações de aprendizagem. Portanto, a prática de atividades experimentais vai além de uma mera demonstração, contribuindo para a formação e crescimento intelectual do aluno, estimulando-o a investigar e discutir os fenômenos que o mesmo observa.

1.3 Termodinâmica: definição

A termodinâmica é o estudo das leis que gerenciam as ligações entre o calor, o trabalho e a temperatura, tal como as mudanças acarretadas pela energia. A termodinâmica compreende o intercâmbio de energia entre processos macroscópios, criados por uma quantidade de partículas, como os gases, os fluídos e os sólidos, recorrendo ao estudo de relevantes grandezas Físicas, como por exemplo a pressão, o volume e a temperatura (TIPLER, 1976).

A termodinâmica não é tão simples de se determinar quanto a mecânica ou quanto a óptica ou até o eletromagnetismo. De acordo com Tipler (1976, p. 399), a termodinâmica “é o estudo dos processos de transferência de energia entre corpos macroscópicos e que envolvem a temperatura”. É também a parte da Física que estuda o calor e a temperatura, construindo um elo com a mecânica por meio da equivalência entre o calor e o trabalho, do qual o elemento de conversão foi definido por Joule, na metade

do século XIX. A aquisição necessita desse elemento de conversão, sendo um marco essencial na formação de conceitos de termodinâmica, fortalecendo-a enquanto ferramenta de interpretação da relação entre trabalho e energia.

É por meio da termodinâmica que se chega, a uma explicação macroscópica da matéria, por exemplo, relacionado ao motivo pelo qual os fenômenos físicos se mostram caminhando em um único sentido, marcando assim a diferenciação entre o passado e o futuro (NUSSENZVEIG, 1990). O uso da termodinâmica é útil quando existem interesse na definição de processos construídos por um amplo número de partículas, com a ajuda de variáveis, como: a pressão e a temperatura, que simbolizam o estado mediano dessas partículas, reproduzindo uma concepção estatística dos fenômenos da natureza.

2 Metodologia

Para a realização dessa pesquisa foi necessário inicialmente fazer um levantamento bibliográfico sobre a concepção e a história da Física e o conceito de termodinâmica. Em seguida, foi realizado observações em sala de aula, no Instituto Federal de Paranaguá, para verificar como seria o uso de atividades práticas no ensino de Física pelos professores e, por fim, elaboração e aplicação de experimentos por meio da realização de cinco oficinas ministradas pelo pesquisador, com conteúdos relacionados a termodinâmica.

De acordo com a revisão bibliográfica, a disciplina de Física não tem sido uma das matérias mais apreciadas pelos estudantes do ensino médio. Contudo, a partir das observações realizadas na sala de aula, do Instituto Federal, em que o pesquisador atuava como estagiário, percebeu-se que o processo pedagógico mudava quando o professor do instituto, oportunizava para os alunos experiências para demonstrar os fenômenos da Física, possibilitando assim maior interação entre os alunos e também facilidades para assimilarem o conteúdo trabalhado. Com base nessas observações, surgiu a ideia de elaborar atividades experimentais por meio da oferta de oficinas, como estratégia de ensino, afim de favorecer a compreensão dos conceitos e de conteúdos que envolvessem a Física e seus desdobramentos, a partir da mediação estabelecida professor, aluno e o conteúdo a ser apreendido. Vale salientar que a intenção da oficina não foi a de conduzir atividades meramente demonstrativas, e sim propiciar a participação dos alunos desde a confecção dos dispositivos, até a percepção das teorias que explicam os fenômenos observados.

No intuito de não entrar em conflito com a grade curricular do Instituto, as oficinas foram desenvolvidas no contra turno e contaram como atividade extracurricular para complementação da carga horária exigida pela instituição. As oficinas foram direcionadas para os alunos do segundo ano do Ensino Médio, dos cursos de técnico em informática e de mecânica. No total foram quatorze alunos que se inscreveram para a realização das oficinas, mas somente sete participaram efetivamente.

Dividida em quatro atividades realizadas em encontros quinzenais, as mesmas compreendiam conceitos como Processos de Transferência de Calor, Temperatura, Condutividade Térmica, Máquinas Térmicas, entre outros assuntos trabalhados dentro do conteúdo de Termodinâmica. No entanto, não se limitaram a explorar apenas esses, mas também em contemplar conceitos presentes em outros conteúdos, como a Hidrostática e a Cinemática, e mesmo outras áreas do conhecimento.

3 Caracterização da instituição pesquisada

A instituição escolhida para a aplicação da pesquisa foi o Instituto Federal do Paraná, localizada no bairro Porto Seguro, na cidade de Paranaguá/PR, já que o pesquisador atuava como estagiário nesse período. Criado desde 2008, o Instituto tem como objetivo oferecer para a comunidade escolar, educação/formação voltada para o mercado de trabalho, por meio de cursos técnicos e integrados ao Ensino Médio.

Conta com uma estrutura ampla, com laboratórios e salas de aula, fazendo com que o ambiente para a aplicação do projeto fosse acessível. Possui também biblioteca ampla e organizada, auxiliando na busca por fontes confiáveis. Apresenta uma equipe de docentes qualificados, que sempre estão dispostos a auxiliar quaisquer que forem as dúvidas. Isso proporcionou um ambiente favorável para a discussão e auxiliou no refinamento dos conceitos abordados nas atividades.

4 Resultados e discussões

A seguir, serão apresentadas as considerações sobre o trabalho, bem como os achados da pesquisa, com base na coleta e análise dos dados. Inicialmente no desenvolvimento da oficina realizada com os alunos do Ensino Médio, foi escolhida a atividade chamada de “Correntes de Convecção”, tendo como objetivo apresentar, por meio de recursos visuais, as correntes de convecção via uma série de experimentos. No

entanto, durante os testes realizados, diversos deles não apresentaram o comportamento ou os resultados esperados. Isso ocorria por fatores externos e também devido à complexidade do conteúdo. Visando começar com um experimento que “funcionasse”, optou-se por um, que, durante os testes, apresentasse os melhores resultados, ou seja, boa visibilidade do fenômeno observado. O experimento consistia em um copo com água e uma fina camada de leite depositado em seu fundo, sendo exposto à uma vela como fonte de calor, conforme pode ser observado na figura abaixo:

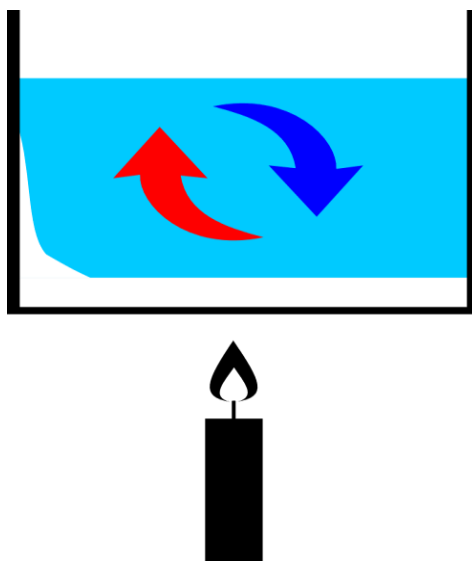


Figura 1 - Representação de uma corrente de convecção

Após alguns segundos, percebeu-se que o leite começou a subir pelo meio do copo e, ao chegar na parte de cima, desceu pelas laterais, até deixar a água completamente turva. Nesse ponto, foi aberto aos alunos espaço para discussão, para que assim explicassem à sua maneira, o que perceberam. As primeiras respostas apontavam diretamente à teoria das correntes de convecção, mostrando que haviam compreendido, de forma superficial, o que as mesmas são.

A corrente de convecção é o movimento de massas fluidas que trocam suas posições devido a diferença de temperatura (ar frio e ar quente). Dessa forma, ela ocorre somente em fluidos, como vapor, gases e líquidos, não ocorrendo em sólidos e nem no vácuo, neste último porque não há matéria para o transporte (EVANGELISTA, 2010, p. 1).

De forma a desvincular o conceito de uma simples resposta pronta, memorizada e reproduzida, instigou-se os alunos a explorarem um pouco mais o fenômeno, perguntando se haveria mudanças no resultado com líquidos diferentes. Em pouco tempo, um estudante perguntou se a densidade do líquido influenciaria no resultado e, o mesmo foi questionado sobre o que é densidade. Isso levou os alunos a refletirem sobre os

conceitos que apenas aceitavam como verdade, desconstruindo, reconstruindo e dando sentido a termos já utilizados. Ao término das discussões, estabeleceu-se que a vela forneceu calor por irradiação, o qual excitou os átomos, aumentando sua vibração e diminuindo sua densidade. Sendo a densidade uma relação entre massa e volume, ao aumentar a vibração dos átomos, o volume ocupado pela mesma quantia de massa aumentou também. Conseqüentemente, o leite que estava mais ao fundo se aqueceu mais rápido, diminuindo sua densidade e convergindo ao topo do copo, perdendo calor na seqüência e retornando ao fundo. Esse ciclo se repetiu enquanto o copo permaneceu sobre a vela, mesmo que o fenômeno não fosse mais visível devido a turbidez ocasionada pela homogeneização do fluido. Em seguida, foi realizada uma segunda atividade na oficina cujo objetivo resultou na produção de um pequeno abajur, conforme representado na figura 2:

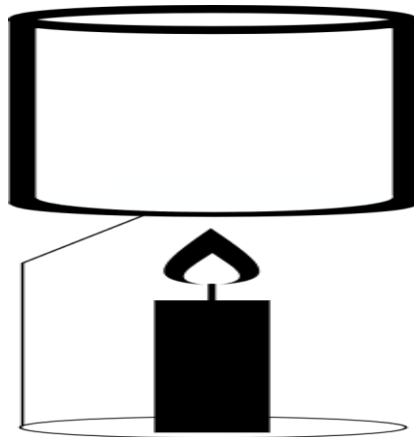


Figura 2 - Representação do abajur

Esta atividade foi realizada com o devido acompanhamento e todos os materiais de proteção necessários para evitar qualquer acidente. Devido ao baixo orçamento disponível e a dificuldade em encontrar uma lâmpada incandescente pequena e com bocal compatível, optou-se pela utilização de uma vela em seu lugar, salientando que os participantes realizassem a substituição do componente, caso fossem utilizá-lo como objeto decorativo, conforme instruções também fornecidas mediante roteiro disponibilizado ao final da atividade.

A confecção do abajur consistiu de uma lata com a parte da boca removida, suspenso por um arame e com uma vela em sua base. Do outro lado da lata, foi aberto pequenos orifícios em forma de aletas. Ao acender a vela, o ar ao seu entorno subiu, fazendo a lata girar. Porém, como ela é feita de alumínio e a sua condutividade térmica

(ou seja, a capacidade de conduzir energia térmica) é relativamente alta, sua temperatura subiu rapidamente, tornando perigoso pegar no objeto, mesmo com pouco tempo aceso.

Para Kreith e Bohn (2003), a condutividade térmica é uma propriedade Física inerente a cada material sólido, líquido ou gasoso que prescreve a quantidade de calor que decorrerá por ele, por unidade de tempo por meio de uma unidade de área, quando o nível de temperatura for unitário. Para resolver o problema do aquecimento da lata de alumínio, havia possibilidade de utilizar outro material como corpo do abajur e substituir a vela por uma pequena lâmpada incandescente de baixa potência. Essa substituição encareceria a execução da atividade, visto que a intenção era a participação de todos os alunos, e não tornar a atividade uma demonstração. Aberto novamente para a discussão, um dos alunos comparou o movimento do abajur ao do exaustor presente nos telhados de alguns restaurantes e cozinhas industriais. Como observado no abajur, quando o ar aquece e sobe, resulta por movimentar o corpo do mesmo. De igual forma ocorre nesses exaustores: o ar quente proveniente do fogão na cozinha sobe, se choca com as aletas do exaustor e o rotaciona, renovando o ar do ambiente e tornando-o um pouco mais fresco.

A segunda oficina realizada, consistiu na confecção de um termoscópio, também conhecido como “Termoscópio de Galileu”. Criado em 1592, o aparelho serve para avaliar qualitativamente as mudanças de temperatura, não servindo, porém, como instrumento de medida, pois o aparelho é facilmente influenciado por fatores externos, como pressão atmosférica, tornando impreciso mesmo com a utilização de alguma escala de medida. No entanto, devido ao seu modo de funcionamento, foi possível utilizá-lo como meio para explicar alguns fenômenos, como pressão, dilatação térmica e suas relações. Vale ressaltar ainda que as escalas Fahrenheit (1724), Celsius (1742) e Kelvin (1848) foram inventadas anos depois. Portanto, na época em que foi criado, o aparelho servia apenas para comparar temperaturas qualitativamente, já que não haviam grandezas definidas para expressá-las quantitativamente. O termoscópio feito por Galileu consistia de uma esfera oca de vidro preenchido com água, com um tubo de diâmetro pequeno conectado a ela. Todavia, o confeccionado na oficina utilizou de materiais recicláveis e, portanto, sua aparência ficou um pouco diferente do original, conforme figura:



Figura 3 - Foto do Termoscópio confeccionado na oficina

O processo de confecção consistiu de uma garrafa de vidro transparente preenchida com água e um tubo de caneta também transparente, preso à boca com adesivo de massa epóxi. Intencionando uma maior facilidade para manipulação, foi optado por utilizar esse adesivo por possuir maior maleabilidade ao toque em comparação aos outros adesivos de preenchimento. O tempo de secagem foi mais extenso, por esse motivo, os alunos fizeram a observação dos fenômenos nas suas casas.

Como proposta de finalização do experimento, foi solicitado aos alunos que colocassem o aparelho em um local e o deixassem ali por alguns dias, registrando uma vez por dia (com preferência, sempre no mesmo horário) o nível de água presente no tubo de caneta. Também foi sugerido “estressarem” o termoscópio, colocando-o na geladeira por trinta minutos e depois expô-lo ao Sol, registrando o nível de água em cada passo.

No encontro seguinte, foi discutido sobre as observações realizadas pelos alunos. Os mesmos trouxeram e apresentaram seus registros e, embora houvessem variações entre diferentes termoscópios, comparando-se resultados de um mesmo aparelho, percebeu-se a flutuação de temperatura de cada dia. Reafirma-se, que, embora o nível de água se elevasse nos dias mais quentes, não foi possível determinar a temperatura dos dias. Já que cada aparelho, conquanto coincidisse no aumento e na redução de sua coluna de água dentro do tubo, registrou uma altura diferente para o mesmo dia, nas mesmas condições.

Com base nos resultados apresentados, começamos a debater sobre o ocorrido. Um dos participantes perguntou o porquê de a coluna de água variar com o aumento da temperatura, pois só haviam visto dilatação térmica nos sólidos até então? Coincidiu, deste experimento ser realizado justamente quando estavam começando a estudar o fenômeno em sala de aula e, portanto, não haviam considerado ainda a dilatação térmica

em materiais que não fossem sólidos. Na sequência, foi feita uma discussão coletiva mediada com os alunos para entender o conceito de dilatação térmica, partindo do objeto macroscópico para o nível atômico. Para Halliday (2009, p. 45) na termodinâmica a dilatação térmica é:

[...] é o nome que se dá ao aumento do volume de um corpo ocasionado pelo aumento de sua temperatura, o que causa o aumento no grau de agitação de suas moléculas e, conseqüentemente, aumento na distância média entre as mesmas. A dilatação ocorre de forma mais significativa nos gases, de forma intermediária nos líquidos e de forma menos explícita nos sólidos, podendo-se afirmar que: Dilatação nos gases <Dilatação nos líquidos> Dilatação nos sólidos.

Outro questionamento que surgiu durante as discussões com os alunos, foi sobre o ato de não ser possível reparar na dilatação da água ao “fazer um miojo”, como mencionado por um dos alunos. Este foi um dos questionamentos mais importantes, pois explica, de forma simplificada, como o termoscópio funciona. Com isso, foi possível explicar para os alunos, que devido ao tamanho da circunferência de uma panela, o deslocamento vertical, ou seja, o quanto o líquido se deslocou verticalmente em relação ao seu estado anterior, o que é praticamente imperceptível. Além disto, devido ao aquecimento da água, parte dela é evaporada, reduzindo sua quantidade de massa dentro da panela. E, ao fechar e forçar o deslocamento da água por meio de um tubo de diâmetro muito menor, aumenta-se o deslocamento vertical do líquido, tornando mais fácil a sua observação.

Também foi indagado pelos alunos “o porquê de não usar o termoscópio como um termômetro caseiro”. Um aluno questionou se a altitude poderia influenciar, dado que a água evapora mais facilmente em regiões mais altas, o que não está do todo errado. A altitude influencia sim, na quantidade de água dentro no tubo, mas isso é devido a pressão atmosférica existente na região, uma vez que o aparelho não foi exposto diretamente à uma fonte de calor.

Bonjorno (1999, p. 250) define pressão atmosférica como sendo “a pressão que a atmosfera exerce sobre a superfície da Terra. A pressão atmosférica depende do peso do ar. Por isso, quanto menor for a espessura da atmosfera, menor será sua pressão e vice-versa.” Essa pressão exerce uma força sobre o líquido, de modo que se ela diminui, aumenta o deslocamento causado pela dilatação térmica. Nesse sentido, um termoscópio que registra uma temperatura ao nível do mar, apresentaria um valor diferente para o mesmo corpo na mesma temperatura em uma altitude diferente.

No intuito de enriquecer a atividade, foi confeccionado um segundo termoscópio, substituindo a água por álcool etílico líquido 70%. Mostrado aos alunos, foi inquirido, se ele apresentaria uma dilatação mais fácil de ser observada ou não? O álcool possui um coeficiente de dilatação maior em relação à água ($11,2 \times 10^{-4}$ do álcool contra $1,3 \times 10^{-4}$ da água), de forma que apenas ao segurá-lo, forneceu calor suficiente para dilatar e deslocar o líquido pelo tubo, expresso na figura a seguir:

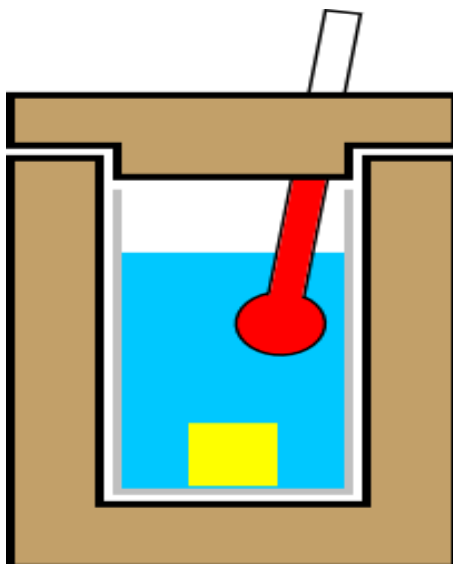


Figura 4 - Representação do calorímetro caseiro confeccionado na oficina

Na terceira oficina, o experimento consistiu na confecção de um calorímetro (representação apresentada na figura acima), aparelho este que é isolado termicamente do meio e tem por objetivo auxiliar no estudo dos processos de transferências de calor. Martini define um calorímetro sendo como:

Equipamentos que, com o objetivo semelhante ao das caixas e garrafas térmicas, evitam as trocas de calor entre o meio ambiente e os corpos colocados em seu interior recebem o nome de calorímetros. Um calorímetro ideal não permite trocas de calor entre seu conteúdo e o meio externo. Dizemos que seu interior pode ser considerado um recipiente termicamente isolado. Os calorímetros, em geral, são usados nas indústrias e em laboratórios para análise de diversas trocas de calor (MARTINI *et al.* 2016, p. 79).

Para construí-lo, foi utilizado um porta lata de isopor com uma tampa também em isopor, perfurada por um termômetro com capacidade para mais de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e uma lata de alumínio como revestimento interno. Nesse primeiro momento, após a confecção com os alunos do calorímetro, verificamos se o aparelho não possuía furos e estava construído de forma correta, assegurando assim que não aconteceriam vazamentos e possíveis

queimaduras por consequência. Ainda na terceira oficina, prosseguiu-se com a parte experimental da atividade.

A pedido dos alunos, foi abordada como uma rotina de laboratório, visto que nunca haviam tido aulas nesse formato e se mostraram bastante curiosos sobre o assunto. Sendo assim, atividade se deu da seguinte forma: primeiro foi calculado a capacidade térmica de cada calorímetro e depois prosseguimos para calcular o calor específico do material e estimar a composição do material utilizado. Considerando que diferentes composições de diferentes materiais tendem a alterar o calor específico do material, assim optamos por trazer materiais dito como “puros”, facilitando a identificação de sua composição por comparação com uma tabela de calores específicos. Para tal, foram aproveitados materiais cedidos pelo Laboratório de Física da Universidade Federal do Paraná - Campus Mirassol e outros materiais que podem ser encontrados no dia a dia, como parafusos, chaves e outros pequenos objetos que não teriam problema ao entrar em contato com água.

Diante desse contexto, foi apresentado um conjunto de três massas distintas e solicitado aos alunos que eles descobrissem a composição do material. É importante salientar que, no começo desta atividade, os alunos não possuíam ainda acesso ao roteiro. Essa situação foi proposital, pois forçou uma reflexão sobre o que haviam estudado até aquele momento, fazendo-os buscar significado nas equações que anteriormente apenas aplicavam sem entender “o que” ou “por quê”.

Uma vez definido como iriam abordar o problema, foram cedidos os roteiros com os passos a serem seguidos, como em um experimento normal de uma aula em laboratório.

A última atividade da oficina consistiu na confecção de um “barco pop, pop”, um barco que utiliza um motor a vapor para se deslocar, representado na figura subsequente.

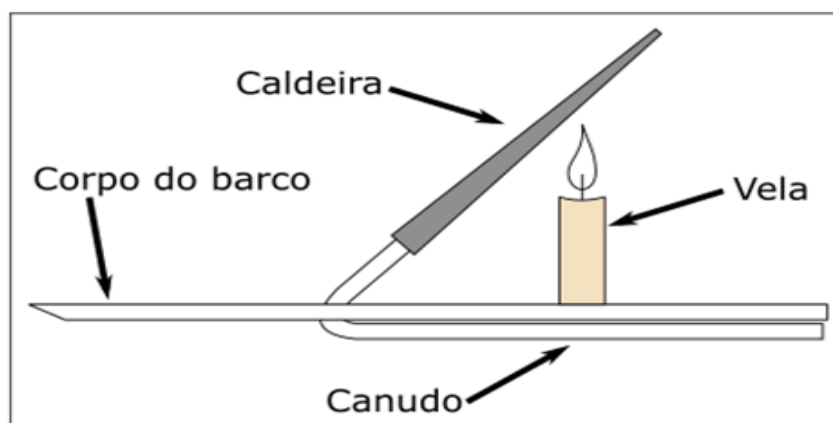


Figura 5 - Representação do barco "pop-pop"

Dado a complexidade de sua montagem, foram necessários dois encontros, sendo o primeiro para confeccionar a cápsula que serviu como “caldeira” e o segundo para a montagem do barco. Isso porque a caldeira necessitou de vários testes para concluir que estava realmente selada, com exceção de seus tubos/canudos.

Ao colocar o barco dentro de uma bacia com água e a vela acesa, ele começou a deslocar para frente, fazendo um barulho semelhante ao qual deu origem ao seu nome, “pop-pop”. Imediatamente, os alunos associaram o que estavam observando ao conceito de máquinas térmicas, vendo o calor ser transformado em trabalho. Hewitt (2015, p.110) define trabalho como sendo “o esforço exercido sobre algo que fará sua energia variar” e, ainda complementa dizendo:

Dois ingredientes entram em cena sempre que é realizado trabalho: (1) a aplicação de uma força e (2) o movimento de alguma coisa pela força aplicada. No caso mais simples, em que a força é constante e o movimento é retilíneo e na mesma direção e sentido da força, definimos o trabalho que a força aplicada realiza sobre um objeto como o produto da força pela distância ao longo da qual o objeto foi movimentado.

O barco foi formado de duas partes: a “caldeira” e o “corpo”, mas para entender o seu funcionamento foi necessário relacionar a outros conceitos que os alunos já haviam estudado em sala de aula e a outros que ainda iriam estudar. O conceito de máquina térmica era algo recente, assim entender o que estava se passando na caldeira não foi uma tarefa difícil para os alunos. Rapidamente elaboraram uma teoria na qual o calor fornecido pela vela aquecia a água dentro da caldeira, transformando-a em vapor, aumentando a pressão e expulsando-o. Nesse processo ainda faltavam algumas explicações, que foram sendo elaboradas sob a mediação do pesquisador. Segue relato de um dos alunos a esse respeito:

[...] que a água ocupa mais espaço em seu estado gasoso, portanto a pressão aumenta dentro da caldeira. Quando ela chegava a uma certa quantia de vapor, a água no canudo era expelida como um jato, fazendo o barco se deslocar para a frente. Na sequência, a pressão dentro da caldeira diminui e o vapor entra em contato com a água mais fria, presente no recipiente, fazendo com que ela retorne ao estado líquido e para o interior da caldeira, reiniciando o ciclo” (Estudante A do 2º ano do ensino médio, 2021).

Essa explicação contemplava parte do funcionamento, se bem que não deixava claro, o porquê que o barco não voltava para trás quando o vapor era resfriado. Para isso, foi necessário desenhar no quadro negro um esquema de forças, também conhecido como diagrama de corpo livre para que os alunos pudessem entender melhor o conteúdo, argumentando que, no momento que o vapor é expelido, tem-se uma força oposta em

sentido, deslocando o barco para a frente. E, quando a água retorna para dentro dos tubos, há uma força puxando o barco para traz, sendo imediatamente cancelada ao chocar com a curva do canudo para a caldeira, cancelando assim o movimento de retorno, conforme demonstrado pela figura 6.

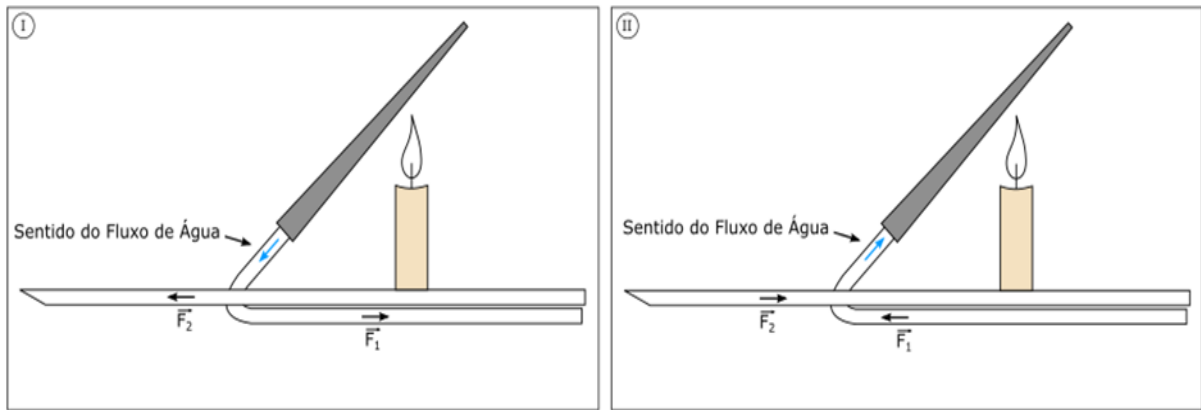


Figura 6 - Diagrama de forças do barco "pop-pop"

Isso está em conformidade com a Terceira Lei de Newton, também conhecida como a lei da ação e da reação, que ressalta que “para cada ação, existe uma reação de mesmo módulo, mas de sentido contrário” (KNIGHT, 2000, p. 139). Como observamos na figura acima, há um fluxo de água sendo expelido para fora do canudo, gerando uma força que desloca o barco para frente, formando assim o par de forças ação/reação.

No decorrer da oficina, houve cada vez uma maior participação dos alunos, apresentando ainda uma curiosidade crescente para com a exploração dos fenômenos observados. Notou-se também durante as conversas dirigidas, um maior aprofundamento teórico nas explicações dos alunos sobre os conteúdos abordados, por meio das atividades realizadas. Por consequência, houve uma assimilação maior dos conteúdos apresentados e correlacionados, impactando diretamente na apropriação do conhecimento científico por parte dos alunos, durante o processo de ensino e aprendizagem. Resultados qualitativos esses, que foram relatados pelo professor regente da disciplina regular de Física, após as avaliações realizadas pelos alunos em sala de aula.

Considerações finais

As oficinas aqui apresentadas, foram desenvolvidas com alunos do ensino médio, por meio de experimentos relacionados aos conceitos estudados com base na temática

termodinâmica, conteúdo presente na grade curricular da disciplina de Física, do Instituto Federal de Paranaguá. Para tal, utilizou-se de experimentos práticos e fenômenos instigadores como meio provocativo para formulação do pensamento crítico. As atividades não abordaram apenas conceitos atrelados a termodinâmica, embora o tema principal de todas as atividades fosse este, mas também inevitavelmente a outros conceitos, como por exemplo, a cinemática, ao discutir os aspectos dos fenômenos observados.

Com o decorrer dos encontros, notou-se cada vez mais, maior desenvoltura nos alunos para compreender as conexões lógicas nas atividades propostas. Embora as oficinas tenham sido aplicadas em ambiente de instituição tecnológica, onde houve melhor aproveitamento dos conceitos trabalhados para as disciplinas técnicas, é inegável a necessidade de serem praticadas em outras instituições de ensino, que não apresentem este perfil. Isto porque, a Física é uma das disciplinas da área das ciências exatas, que desafia o estudante na resolução de situações problemas concretos, relacionadas a questões do cotidiano, propiciando embasamento para a compreensão dos fenômenos, em uma perspectiva de totalidade, assim como estimulando o gosto pela ciência por meio da curiosidade e do pensamento crítico.

Vale ressaltar também a importância da formação qualificada e continuada do docente, uma vez que essas atividades exigem tempo, dedicação e pesquisa para aprofundamento teórico-metodológico. Pois, diferentemente da concepção tradicional de ensino, que privilegia o estudo de conceitos de forma isolada com base na memorização, o uso de atividades experimentais exige maior compreensão da relação e interação entre os conteúdos propostos e a realidade social, tendo como eixo articulador do processo de ensino e aprendizagem o professor - com o papel de mediador entre o conhecimento científico e o estudante.

De um modo geral, constatou-se que o desenvolvimento do processo educativo por meio das oficinas, se concretizou a partir da aplicação de experimentos que favoreceram a assimilação e apropriação do conhecimento científico na área de física, considerando também a mediação feita entre professor, pesquisador e alunos.

Referências

BEZERRA, D. P. *et al.* A evolução do ensino da Física – perspectiva docente. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 5, n. 9, p. 1-8, 2009. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/672/342>. Acesso em: 10 dez. 2021.

BONJORNO, J. R. *et al.* **Física Fundamental**. São Paulo: FTD, 1999.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)**.

Brasília-DF: MEC/Semtec, 2000. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2021

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília-DF, 2018. Disponível em:

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 10 dez. 2021.

BROPHY, J. H. *et al.* **Ciência dos materiais: estrutura, propriedades termodinâmicas**. Rio de Janeiro: LTCE, 1972.

CARVALHO, A. M. P; PÉREZ, D. G. **Formação de professores de Ciências:**

tendências e inovações. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

COSTA, L. G.; BARROS, M. A. **O ensino da física no brasil: problemas e desafios**.

In: EDUCERE. CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, XII., **Anais[...]**,

Curitiba, 2015. Disponível em:

https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21042_8347.pdf. Acesso em: 12 jan. 2021.

EVANGELISTA, C. R. Corrente de convecção. **INFOESCOLA**, 2010. Disponível em:

<https://www.infoescola.com/termodinamica/corrente-de-conveccao/>. Acesso em: 22 nov. 2021.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. 36. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

HALLIDAY, J. W. **Cargas elétricas**. 8. ed. São Paulo: Editora LTC, 2009. V. 3.

HAMBURGER, E. W. **O que é Física**. 6. ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1992.

HELERBROCK, R. "Terceira lei de Newton". **Brasil Escola**. 2020. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/terceira-lei-newton.htm>. Acesso em: 23 nov. 2021.

HEWITT, P. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

KNIGHT, R. D. **Física: uma abordagem estratégica - mecânica newtoniana, gravitação, oscilações e ondas**. Porto Alegre: Bookman. 2000. V. 1.

KREITH, F.; BOHN, M. S. **Princípios de Transferência de Calor**. São Paulo: Editora Thomson, 2003.

LIMA, K. E. C.; TEIXEIRA, F. M. A epistemologia e a história do conceito experimento/experimentação e seu uso em artigos científicos sobre ensino das ciências.

In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS,

Anais[...], Campinas, 2011. Disponível em:

http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiiienpec/resumos/R0355-1.pdf. Acesso em: 9 jan. 2022.

MALACARNE, V.; STRIEDER, D. M. O desvelar da ciência nos anos iniciais do ensino fundamental: um olhar pelo viés da experimentação. **Vivências**, v. 5, n. 7, p. 75-85, maio 2009.

MARTINI, G.; SPINELLI, W.; REIS, H.; SANT'ANNA, B. **Conexões com a Física 2**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

MENEZES, L. C. de. **A Matéria – uma aventura do espírito**: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.
MOREIRA. M. A. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA. M. A. A relevância do conhecimento científico para a cidadania e a incoerência da educação em ciências. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 16, n. 1, p. 1-9, abr. 2021.

MOREIRA. M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectivas e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica**: fluidos; oscilações e ondas; calor. São Paulo: Edgard Blücher, 1996. V. 2.

PEDRISA, C. M. Características históricas do ensino de ciências. **Ciência & Ensino**, Campinas, n. 11, p. 9-12, 2001.

ROCHA, J. A. L. **Termodinâmica da fratura**: uma nova abordagem do problema da fratura nos sólidos. Salvador: EDUFBA, 2010. p. 37-46. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/c49zf/pdf/rocha-9788523212353.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.

RONAN, C. A. **História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge**: das origens à Grécia. São Paulo: Zahar, 1987. V. 1.

SILVA, D. C. M. da. "Calorímetro". **Brasil Escola**. 2018. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/calorimetro.htm>. Acesso em: 29 jul. 2021.

TIPLER, P. A. **Física 1**. Rio de Janeiro: LTC, 1976.