

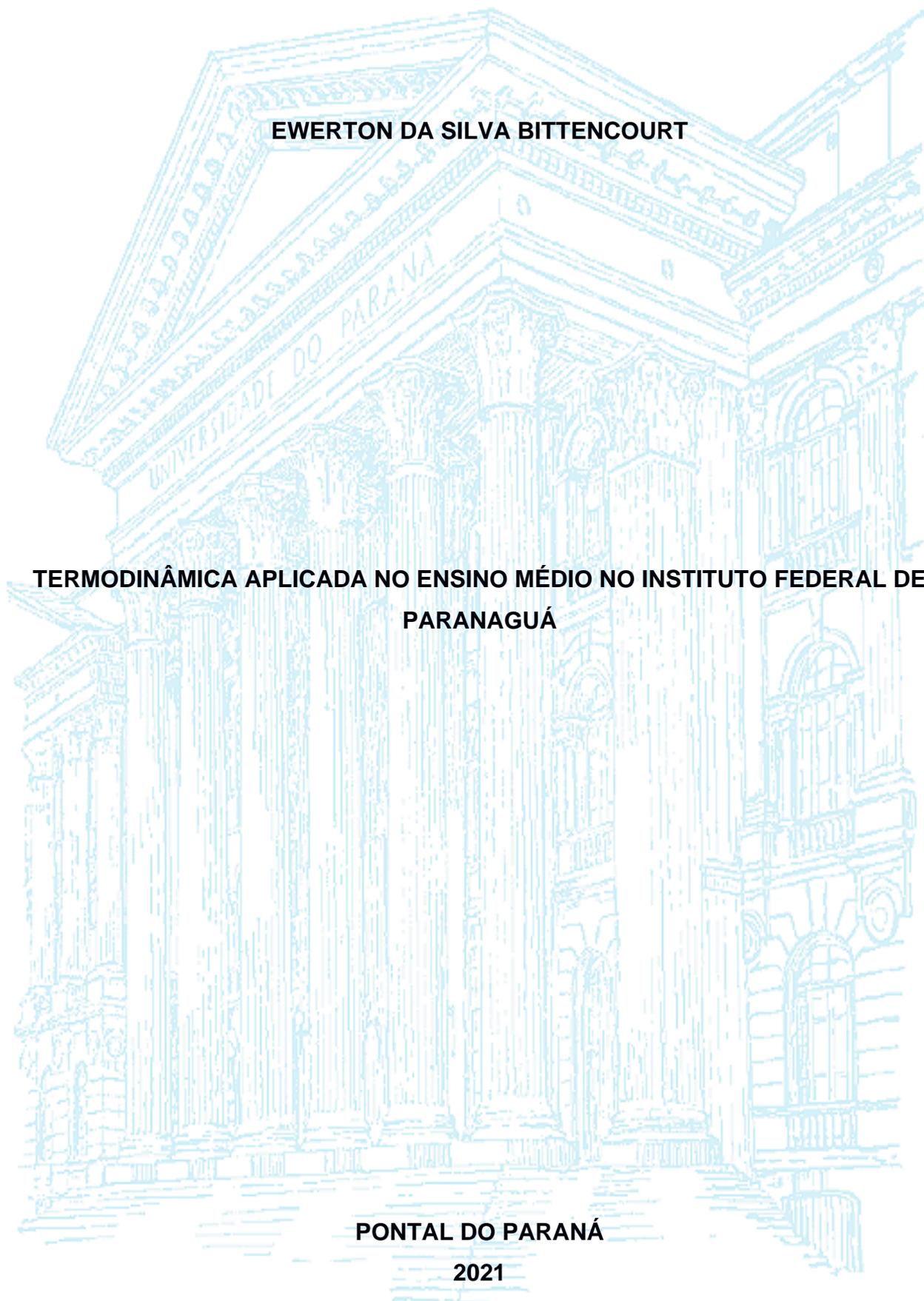
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EWERTON DA SILVA BITTENCOURT

**TERMODINÂMICA APLICADA NO ENSINO MÉDIO NO INSTITUTO FEDERAL DE
PARANAGUÁ**

PONTAL DO PARANÁ

2021



EWERTON DA SILVA BITTENCOURT

**TERMODINÂMICA APLICADA NO ENSINO MÉDIO NO INSTITUTO FEDERAL DE
PARANAGUÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Ciências Exatas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliane do Rocio Alberti

PONTAL DO PARANÁ

2021

TERMO DE APROVAÇÃO

EWERTON DA SILVA BITTENCOURT

*Termodinâmica aplicada no Ensino Médio no Instituto Federal de
Paranaguá.*

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciado em Ciências Exatas - Física, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



Dr^a. Eliane do Rocio Alberti
Orientadora e Presidente



Dr. Carlos Adalberto Schnaider Batista
Membro Examinador



Dr. Guilherme Sippel Machado
Membro Examinador

Pontal do Paraná, 23/12/2021.

DEDICAÇÃO

Dedico este trabalho primeiramente à Deus. Sem o mesmo nada seria possível.

Este trabalho é dedicado também aos meus pais, pilares da minha formação como ser humano.

A professora Eliane do Rocio Alberti que me ajudou na germinação das ideias e durante todo o processo de desenvolvimento desse trabalho.

Dedico também aos meus amigos. Poder contar com a boa vontade e o conhecimento destes foi essencial para o meu êxito.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e as oportunidades proporcionadas, causa e substância de tudo. A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e divulgação deste trabalho.

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 desenvolvidas com alunos do Ensino Médio, sobre conteúdos envolvendo termodinâmica. 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.

Lista de Figuras

Figura 1 - Representação de uma corrente de convecção.....	21
Figura 2 - Representação do abajur.....	23
Figura 3 - Foto de um termoscópio confeccionado na oficina	25
Figura 4 - Representação do calorímetro caseiro confeccionado na oficina.	27
Figura 5 - Representação do barco "pop-pop"	29
Figura 6 - Diagrama de forças do barco "pop-pop"	31

Sumário

1.	Introdução.....	10
2.	Fundamentação Teórica.....	12
2.1.	Conceituando Física.....	12
2.2.	O ensino de Física no Brasil	13
2.3.	Disciplina de Física nas escolas	14
2.4.	O uso de experiências em sala de aula	15
2.5.	Termodinâmica: definição	16
3.	Metodologia.....	18
4.	Caracterização da instituição pesquisada	20
5.	Resultados e discussões	21
6.	Considerações finais	32
7.	Referências	33
8.	Anexos	37
8.1.	Anexo I – Plano de Aula 01	38
8.2.	Anexo II – Plano de Aula 02.....	40
8.3.	Anexo III – Plano de Aula 03.....	41
8.4.	Anexo IV – Plano de Aula 04	44

1. Introdução

A disciplina de Física é um elemento curricular bem presente no Ensino Médio, sendo, portanto, uma fração considerável da Educação no Brasil. Porém, com o passar do tempo, longe de ficar cada vez mais próximo dos alunos, 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).

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 ao tema, 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 que:

[...] Dessa forma, a BNCC 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)

Nesse sentido 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. 6).

A prática do contextualizar, seja por meio de uma realidade presente abrangendo fenômenos corriqueiros, ou de uma realidade distante (atividades experimentais projetadas para algum objetivo) por si mesma, não precisa ser compreendida como saída no ensino da Física. Pelo contrário, quando não são introduzidas dentro de um cenário educativo precocemente planejado, atividades experimentais podem causar o efeito contrário do que se é esperado.

Mencionado de outra maneira, ao escolher o dogmatismo (HESSEN, 2000) como uma conduta epistemológica diante da probabilidade do conhecimento, isto é, ao adotar como auto evidente a assimilação da atividade experimental pelo aluno a partir do simples “contato” entre ambos, sem intermediação por parte do docente entre as partes, pode-se provocar um aprendizado cheio de “incorrções conceituais” quando não, fortalecendo visões espontâneas (GASPAR E MONTEIRO, 2005).

Em posições práticas, o dogmatismo como perspectiva do conhecimento manifesta-se no trabalho do professor quando o mesmo leva para a escola situações experimentais com esclarecimentos já prontos, com o objetivo de validar a teoria já visualizada. Os alunos neste tipo de prática do professor, não desenvolvem um senso investigativo no seu processo de aprendizagem, sobrando-lhe apenas a observar de forma passiva e aceitar sem criticar aquilo que o professor explica. Conseqüentemente, as convicções de mundo, comumente não-científicas (concepção alternativa), que o aluno tem e que poderiam ajudar para um aprendizado mais significativo para os estudantes é plenamente deixado de lado pelo docente (MENDES JÚNIOR, et al, apud MOREIRA, 2011).

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.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Conceituando Física

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.

Porém, a Física não surgiu assim. Segundo Torres et al. (2016, p. 15), “por longo tempo, as ciências formaram uma grande unidade conhecida como Filosofia Natural”. Isso porque até os primeiros anos do século XIX, os cientistas eram físicos, matemáticos, filósofos, químicos, engenheiros e biólogos ao mesmo tempo. E ele ainda complementa

[...] Há apenas dois séculos, a distinção entre a Física, a Química e as Ciências Biológicas tornou-se mais evidente. Já a divisão que agora vemos entre as artes e as ciências teve lugar alguns séculos antes. Não é de surpreender, então, o fato de o desenvolvimento da Física influenciar outras áreas do conhecimento e ser por elas influenciado. Os manuscritos de Leonardo da Vinci, por exemplo, trazem as primeiras referências às forças internas atuantes em uma estrutura, assunto que, hoje em dia, consideramos parte da Física.

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. (MOREIRA, 2021).

2.2. O ensino de Física no Brasil

A educação é um processo universal de mudanças onde todos fazem parte, em amplo ou menor grau de acordo com o contexto social vigente.

No campo do ensino de Física, esta ciência expressa a curiosidade de compreender os fenômenos físicos, ou ainda, por incentivos externos, nascidos do meio contexto social ou de organizações, principalmente as escolares. Nesse sentido, a escola vira um condutor beneficiado de propagar os conhecimentos físicos e seu ensino precisa incentivar, motivar e favorecer um aprendizado significativo para a vida dos alunos, precisando eliminar as maneiras tradicionais de ensinar, principalmente Física, visando a superar uma representação desta área do conhecimento como complexa (BEZERRA, et al, 2009).

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 começou a ser aprendida no quinto ano do ensino secundário, onde apenas 20% eram voltadas 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 relacionado 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. Porém, com o decorrer com 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,

competete 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.

Schroeder (2007, p. 94) afirma que o ensino das ciências precisa estar presente no currículo escolar desde a Educação Infantil, para que os alunos já tenham acesso a essa linguagem e aos conteúdos básicos ligados a essa área do conhecimento.

2.3. Disciplina de Física nas escolas

Primeiramente, é interessante salientar que o ensino de Física ganhou um grande impulso na década de 60, incentivado pelo desenvolvimento científico e tecnológico gerado pela “corrida espacial” (GASPAR, 1995; MOREIRA, 2000) que, ao criar novas profissões propiciando oportunidades profissionais, construiu a sensação da importância de se estudar a Física para uma melhor posição na vida, ou na busca de uma compreensão da realidade.

Na área educacional as informações reunidas pela pesquisa educacional em ciências nos últimos quarenta anos (MEGID NETO; FRACALANZA; FERNANDES, 2005) favorecem uma análise de como cresceram as possibilidades de ensino, a prática do ensino da Física e as carências do ensino da Física básica no Brasil, como por exemplo: falhas conceituais, a falta de conteúdos e a ausência de qualificação para o ensino laboral por parte dos docentes de Física, são apurações periódicas no

ensino secundário, que recomendam limitações na habilitação inicial desses professores nos cursos de licenciatura em Física (COSTA e BARROS, 2015).

Em relação a formação de professores na área de Física, COSTA e BARROS (2015) afirmam que é reduzido o número de formados pelos bacharelados e pelas licenciaturas em Física, devido ao não preenchimento total das vagas ofertadas pelos cursos, assim como pela evasão durante o processo educativo. Segundo Moreira (2018, p. 73) existem diversos motivos, destacando a “desvalorização da carreira docente na Educação Básica no Brasil” e complementa:

No discurso, a educação é sempre prioritária; na prática, as condições do trabalho, em muitos casos, são vergonhosas. Baixos salários, muitos alunos, elevada carga horária semanal, falta de apoio na formação continuada, currículos que não passam de uma lista de conteúdos a serem cumpridos, preparação dos alunos para a testagem.

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.

2.4. O uso de experiências em sala de aula

Não é de hoje que utilizar de 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 de dispositivos experimentais para demonstrar fenômenos físicos, por volta do ano 300 a. C. (RONAN, 1987). Porém, essas demonstrações só começaram a ser mais amplamente utilizadas em escolas entre os séculos XIX e XX, sendo ainda um fator limitante o 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) declara 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. 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. Nesse mesmo sentido, Delizoicov et al. complementa ao dizer que:

(...) a sala de aula passa a ser um espaço de trocas reais entre os alunos e eles e o professor, diálogo que é construído ente conhecimentos sobre o mundo onde se vive e que, ao ser um projeto coletivo, estabelece a mediação entre as demandas afetivas e cognitivas de cada um dos participantes. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNANBUCO, 2007, p. 153).

2.5. 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 Paul 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. Sendo esse o motivo de seu grande uso nas pesquisas dos fluídos e, mais atualmente, na mecânica dos sólidos (ROCHA, 2010). Segundo Brophy et al. (1972, p. 1),

As leis da termodinâmica são generalizações da experiência comum. Podemos tomar medidas simples de pressão, volume, temperatura, composição química e outras quantidades apropriadas; tais dados determinam o estado do objeto ou região de interesse (sistema) e todas suas propriedades. Se um sistema não estiver sujeito a perturbações, então atingirá, depois de certo tempo, o equilíbrio, e todas as suas propriedades não mais variarão em função do tempo.

Dessa forma, podemos dizer que os estudos baseados na termodinâmica, além de favorecer a consideração do calor como um modelo de energia contida nas relações entre os corpos, também ajuda na compreensão mais rígido da utilização das definições de trabalho e energia, essenciais para o entendimento das mudanças ocorridas, em especial, pelas matérias deformáveis (ROCHA, 2010).

3. Metodologia

Para a realização dessa pesquisa foi necessário inicialmente fazer um levantamento bibliográfico sobre a concepção de Física e conceito de termodinâmica. De acordo com Gil (1996, p. 48), a pesquisa bibliográfica é “desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”.

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 experimentos por meio da realização de cinco oficinas ministradas pelo pesquisador, com conteúdos relacionados a termodinâmica.

Segundo a revisão bibliográfica, a disciplina de Física não tem sido uma das matérias mais apreciadas pelos estudantes do ensino médio. Porém, a partir das observações realizadas dentro da sala de aula, no 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 aprendido. Vale salientar que a intenção da oficina não foi a de conduzir atividades meramente demonstrativas, e sim haver participação dos alunos desde a confecção dos dispositivos, até a elaboração das teorias que explicaram 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 mecânica. No total foram quatorze alunos que se inscreveram para a realização das oficinas, mas somente sete participaram efetivamente.

Dividida em 4 atividades realizadas em encontros quinzenais, as atividades compreendiam conceitos como Processos de Transferência de Calor, Temperatura, Condutividade Térmica, Máquinas Térmicas, entre outros assuntos trabalhados dentro do conteúdo de Termodinâmica. Porém não se limitam a explorar apenas esses, podendo extrapolar para conceitos presentes em outros conteúdos, como Hidrostática e Cinemática, e até outras disciplinas.

Ao final do presente documento, constam em anexo os planos de aulas e respectivos roteiros trabalhados em cada uma das oficinas realizadas.

4. 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.

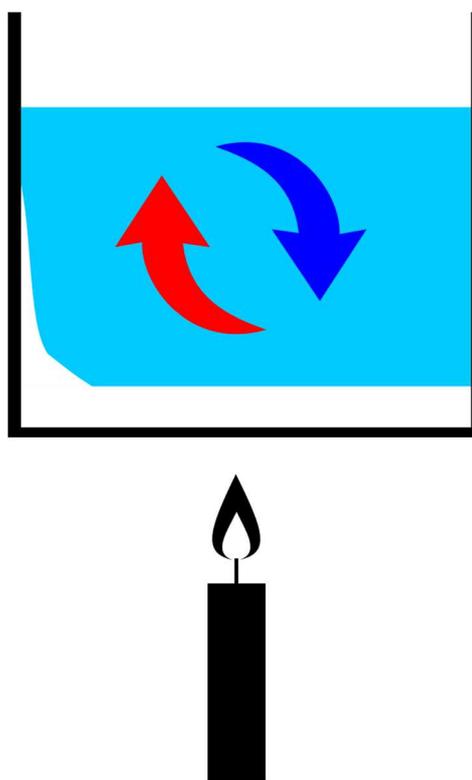
5. Resultados e discussões

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 de alguns deles. Visando começar com um que “funcionasse”, optou-se por um experimento simples e que, durante os testes, apresentou os melhores resultados: o comportamento esperado somado de uma boa visibilidade do fenômeno observado.

O experimento consistia em um copo com água, com uma fina camada de leite depositado em seu fundo, sendo exposto à uma vela como fonte de calor, conforme pode ser observado representado na figura 1 e cujo procedimento encontra-se descrito no Anexo I – Plano de Aula 01.

Figura 1 - Representação de uma corrente de convecção



Fonte: Autor, 2021.

Após alguns segundos, percebeu-se que o leite começou a subir pelo meio do copo e, ao chegar na parte de cima, desce 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 viram. As primeiras respostas apontavam diretamente à teoria das correntes de convecção, mostrando que haviam compreendido, de forma superficial ou não, o que as mesmas são.

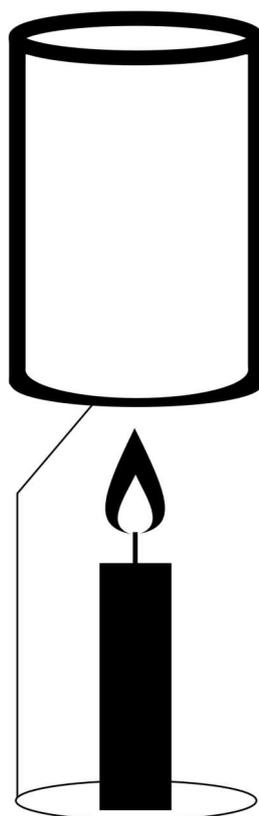
A corrente de convecção é o movimento de massas fluidas que trocam suas posições devido a diferença de temperatura (ar frio e ar quente). Dessa forma, ela ocorre somente em fluidos, como vapor, gases e líquidos, não ocorrendo em sólidos e nem no vácuo, neste último porque não há matéria para o transporte (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. Consequentemente o leite, que estava mais ao fundo se aqueceu mais rápido, diminuindo sua densidade e convergindo ao topo do copo, perdendo calor na sequência 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 pode ser observado representado na figura 2, cujo procedimento de confecção encontra-se descrito na segunda parte do Anexo I – Plano de Aula 01.

Figura 2 - Representação do abajur.



Fonte: Autor, 2021.

Esta atividade foi realizada com o devido acompanhamento e todos os materiais de proteção necessários para evitar todo e qualquer acidente. Devido ao baixo orçamento disponível e a dificuldade em encontrar uma lâmpada incandescente pequena 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.

O 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 começa a 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 decorrera 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. Porém 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-se 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. Porém, o confeccionado na oficina utilizou de materiais recicláveis e, portanto, sua aparência ficou um pouco diferente da original, conforme pode ser observado na figura 3. Seu processo de confecção encontra-se presente no Anexo II – Plano de Aula 02. Ele consistiu de uma garrafa de vidro transparente preenchida com água, com um tubo de caneta também transparente preso à boca com adesivo de massa epóxi. Visando uma maior facilidade para manipulação, foi optado por utilizar esse adesivo por possuir maior maleabilidade ao toque em comparação aos outros adesivos de preenchimento. Porém seu tempo de secagem é bem mais extenso, motivo que fez a atividade, bem

como a observação dos fenômenos, serem finalizadas individualmente em suas casas.

Figura 3 - Foto de um termoscópio confeccionado na oficina



Fonte: Autor, 2019.

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, porém, que, embora o nível de água se elevasse nos dias mais quentes, não foi possível determinar a temperatura dos dias. Vez que cada aparelho, embora 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 os 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, vez que 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. Portanto, 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.

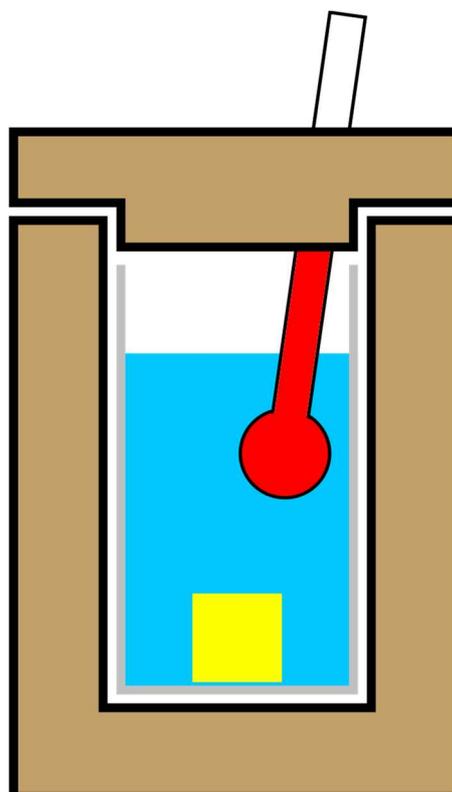
Outro questionamento que surgiu durante as discussões com os alunos, foi sobre o ato de não ser possível reparar na dilatação da água ao “fazer um miojo”, como mencionado por um dos alunos. Este foi um dos questionamentos mais importantes, pois explica, de forma simplificada, como o termoscópio funciona. Com isso, foi possível explicar para os alunos que devido ao tamanho da circunferência de uma panela, o deslocamento vertical, ou seja, 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. Porém 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.

Outro questionamento levantado pelos alunos foi em relação ao porquê de não usar o termoscópio como um termômetro caseiro. Um aluno perguntou se a altitude poderia influenciar, dado que a água evapora mais facilmente em regiões mais altas, o que não está de todo errado. A altitude influencia sim na quantidade de água dentro no tubo, porém isso é devido a pressão atmosférica existente na região, 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 forma que se ela diminui, aumenta o deslocamento causado pela dilatação térmica. Dessa forma, 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 mais a atividade, foi confeccionado um segundo termoscópio, substituindo a água por álcool etílico líquido 70%. Mostrado aos alunos, foi questionado 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.

Figura 4 - Representação do calorímetro caseiro confeccionado na oficina.



Fonte: Autor, 2021.

Na terceira oficina, o experimento consistiu na confecção de um calorímetro (representação apresentada na figura 4), aparelho este que é isolado termicamente

do meio e tem por objetivo auxiliar no estudo dos processos de transferências de calor. Martini et al. (2016) 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 fazê-lo, foi utilizado uma porta lata de isopor com uma tampa também em isopor, perfurada por um termômetro com capacidade para mais de 100 °C e uma lata de alumínio como revestimento interno. No Anexo III – Plano de Aula 03 encontra-se descrito com mais detalhes o processo de confecção do aparelho. 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. Portanto, a atividade se deu da seguinte forma: primeiro calculando 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, optei por trazer materiais dito como “puros”, facilitando a identificação de sua composição por comparação com uma tabela de calores específicos. Para tal, foram utilizados 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.

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

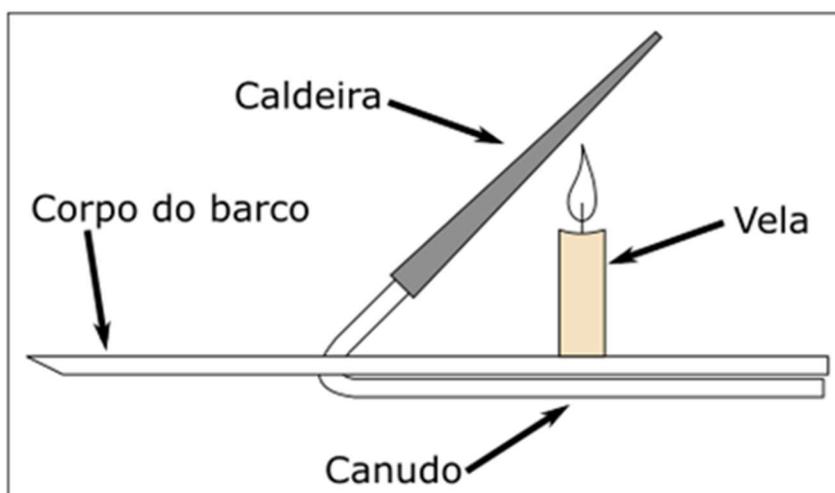
apenas aplicavam sem entender “o que” ou “por quê”. Para Dewey (1979, p. 158), a reflexão se constitui na capacidade de diferenciar:

(...) entre aquilo que tentamos fazer e o que sucede como consequência. (...) Na descoberta minuciosa das relações entre os nossos atos e o que acontece em consequência delas, surge o elemento intelectual que não se manifesta nas experiências de tentativa e erro. À medida que se manifesta esse elemento aumenta proporcionalmente o valor da experiência. Com isto, muda-se a qualidade desta, e a mudança é tão significativa que poderemos chamar reflexiva esta espécie de experiência, isto é, reflexiva por excelência. (...) Pensar é o esforço intencional para descobrir as relações específicas entre uma coisa que fazemos e a consequência que resulta, de modo a haver continuidade entre ambas.

Uma vez definido como iriam abordar o problema, foram cedidos os roteiros com os passos a serem seguidos, como em uma atividade 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, cuja descrição de sua confecção encontra-se presente no Anexo IV – Plano de Aula 04 e desenho representativo na figura 5. Dado a complexidade de sua montagem, foram utilizados dois encontros para tal, confeccionando a cápsula que serviu como “caldeira” na primeira parte e montando o barco na segunda. Isso porque a caldeira necessitou de vários testes para concluir que estava realmente selada, com exceção de seus tubos/canudos.

Figura 5 - Representação do barco "pop-pop"



Fonte: Autor, 2021.

Ao colocar o barco dentro de uma bacia com água, encher a caldeira também com água e acender a vela, 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.

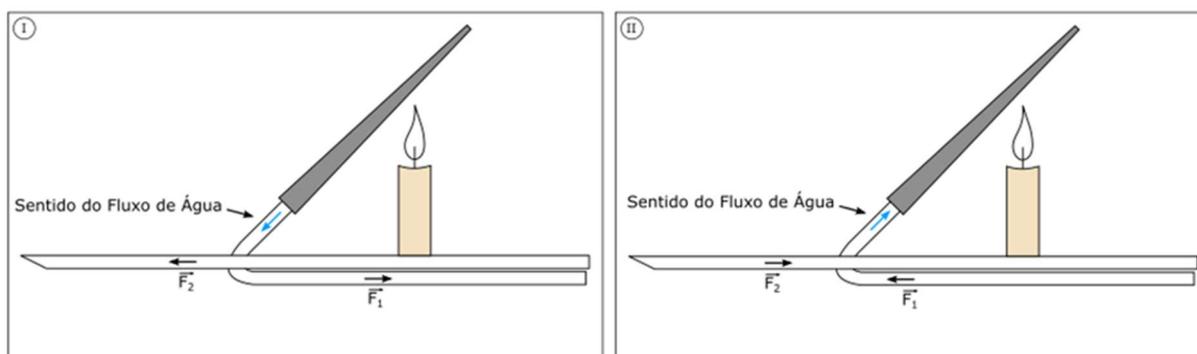
O barco feito de duas partes: a “caldeira” e o corpo, mas para entender o seu funcionamento foi necessário relacionar a outros conceitos que os alunos já haviam estudado em sala de aula e outros que ainda iriam estudar. O conceito de máquina térmica era algo recente, assim entender o que estava se passando 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. Porém faltavam algumas explicações, que foram sendo elaboradas sob a mediação do pesquisador. Segue relato de um dos alunos sobre esse processo:

(...) que a água ocupa mais espaço em seu estado gasoso, portanto a pressão aumenta dentro da caldeira. Quando ela chegava a uma certa quantidade 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, porém não explicava 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 os alunos entenderem 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. Porém, quando a água retorna para dentro

dos tubos, há uma força puxando o barco para trás que é 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"



Fonte: Autor, 2021.

Isso remete 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 um aprofundamento em suas explicações, elaborando-as cada vez mais minuciosamente por meio das discussões nas atividades realizadas. Por consequência, houve uma assimilação maior dos conteúdos apresentados e correlacionados, impactando diretamente no desempenho do 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.

6. Considerações finais

As oficinas aqui apresentadas utilizaram de atividades práticas, relacionadas aos conceitos estudados dentro do tema da termodinâmica presente na grade curricular de Física do Instituto Federal de Paranaguá. Para tal, utilizou-se de experimentos práticos e fenômenos instigadores como meio provocativo do pensamento crítico.

Porém, as atividades não abordavam apenas conceitos atrelados a termodinâmica. Embora o tema principal de todas as atividades fosse este, era inevitável atrelar outros conceitos, como cinemática, ao discutir os aspectos dos fenômenos observados. E, com o decorrer dos encontros, notou-se cada vez mais uma maior desenvoltura nos alunos para compreender as conexões lógicas entre os temas.

Embora as oficinas tenham sido aplicadas em ambiente de instituição tecnológica, onde houve um maior aproveitamento dos conceitos trabalhados para as disciplinas técnicas, é inegável a necessidade da mesma ser aplicada em escolas sem este perfil. Isto porque a Física é uma das disciplinas de exatas que coloca o estudante diante de situações concretas e reais do cotidiano, dando embasamento para a compreensão dos fenômenos que o cercam e 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. Pois, diferente da metodologia de ensino tradicional, onde se estuda conceitos de forma isolada com base na memorização, o uso de atividades experimentais exige uma maior compreensão da conexão e interação entre os conteúdos propostos, tendo como eixo articulador do processo de ensino e aprendizagem o professor - com o papel de mediador entre o conhecimento científico e o estudante.

Portanto, as atividades apresentadas não exigissem a utilização da estrutura de um laboratório, elas tirariam maior proveito se fossem realizadas em tal ambiente. Porém, esta oficina foi elaborada para utilizar o mínimo de estrutura de uma escola, visando assim a possibilidade de ser aplicada em praticamente qualquer ambiente, desde que sejam seguidas as regras de segurança próprias de cada atividade.

7. Referências

- AMARAL, A. L. **As eternas encruzilhadas: de como selecionar caminhos para a formação do professor de ensino superior**. In: XXII ENDIPE, 2004, Curitiba. Conhecimento local e conhecimento universal: pesquisa, didática e ação docente. Belo Horizonte: Editora Universitária Champagnat, 2004. v. 1, p. 139-150.
- BEHRENS, M. A. **A formação pedagógica e os desafios do mundo moderno**. In: MASETTO, M. T. (Org.). Docência na universidade. Campinas: Papirus, 1998. p. 57-68.
- 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.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/672/342>>. Acesso em: 10 dez. 2021.
- BONJORNO, J. R. et al. **Física Fundamental**. Volume único. São Paulo: FTD, 1999.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: MEC/Semtec, 2000. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2021
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- 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**. 10ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- COSTA, L. G; BARROS, M. A. **O ENSINO DA FÍSICA NO BRASIL: PROBLEMAS E DESAFIOS**. In. Educere. XII Congresso Nacional de Educação. PUC-PR, 2015. Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21042_8347.pdf. Acesso em: 12 jan. 2021.
- DELIZOICOV, D; ARGOTTI, J. A.; PERNANBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 2007.
- DEWEY J. **Democracia e educação**. São Paulo: Companhia Editora Nacional; 1979.
- DOMINGUES, J. M. **Criatividade social, subjetividade coletiva e a modernidade brasileira contemporânea**. Rio de Janeiro: Contra Capa, 1999.
- _____. **Vicissitudes e possibilidades da teoria crítica hoje**. SciELO, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2238-38752011v114>>. Acesso em: 23 nov. 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**. 36ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

GASPAR, A. **Cinquenta anos de ensino de Física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor**. In: XV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 1995, Natal-RN. Anais..., 1995. Disponível em: <http://plato.if.usp.br/2-2007/fep0358d/texto_5.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2011.

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.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

HALL, S. **A identidade cultural na pós-modernidade**. Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

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

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

HELERBROCK, R. "Terceira lei de Newton"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/terceira-lei-newton.htm>. Acesso em 23 de novembro de 2021.

HESSEN, J. **Teoria do conhecimento**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

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

KNIGHT, R. D. **Física: Uma Abordagem Estratégica - Mecânica Newtoniana, Gravitação, Oscilações e Ondas**. Volume 1. Porto Alegre: Bookman. 2000.

KREITH, F.; BOHN, M. S. **Princípios de Transferência de Calor**. Tradução de Maria Teresa Castilho Mansor (FEA-UNICAMP) e Revisão Técnica de Flávio Maron Vichi (IQ-USP). 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, 2011. Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viii/enpec/resumos/R0355-1.pdf>. Acesso em 09 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, mai. 2009.

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

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H.; FERNANDES, R. C. A. **O que sabemos sobre a pesquisa em educação em ciências no Brasil (1972-2004)**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5., 2005, Bauru. Anais... Bauru: Abrapec, 2005, p. 1-10.

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**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

_____. **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, abr 2021.

_____. **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.

_____. **Uma análise crítica do ensino de Física**. Estudos Avançados [online]. 2018, v. 32, n. 94 [Acessado 6 de dezembro de 2021], pp. 73-80. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>>.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica**, volume 2: Fluidos; Oscilações e ondas; Calor. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.

PAES DE PAULA, A. P. **Teoria crítica nas organizações**. São Paulo: Thomson Learning, 2008.

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

PILETTI, N. **História da educação no Brasil**. 7ª ed. São Paulo: Ática, 1989.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o Ensino de Ciências: Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ROCHA, J.A.L. **Elementos de termodinâmica**. In: Termodinâmica da fratura: uma nova abordagem do problema da fratura nos sólidos [online]. Salvador: EDUFBA, 2010, pp. 37-46. ISBN 978-85-232- 1235-3. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

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

SCHROEDER, C. **A importância da física nas quatro primeiras séries do ensino fundamental**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 29, n.1, p. 89-94, 2007.

SERVA, M.; DIAS, T.; ALPERSTEDT, G. D. **Paradigma da complexidade e teoria das organizações: uma reflexão epistemológica**. RAE, v. 50, n. 3, p. 276-287, jul./set. 2010.

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

SKINNER, B. F. **Tecnologia do ensino**. São Paulo: Herder, 1972.

TORRES, C. M. et al. **Física: ciência e tecnologia**. 4ª ed. São Paulo: Moderna, 2016.

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

8. Anexos

8.1. Anexo I – Plano de Aula 01

Sejam todos bem vindos à Oficina de Física, um ambiente no qual desenvolveremos e aplicaremos nossos conhecimentos através de atividades práticas. É importante ressaltar que as atividades que aqui serão desenvolvidas podem expor há algum risco (corte, por exemplo) e, por este motivo, se faz necessário o uso do EPI correto para cada situação (luvas, óculos de proteção e/ou máscara, dependendo da atividade a ser realizada). Portanto, estão proibidas brincadeiras envolvendo equipamentos da oficina e que possam oferecer algum risco aos colegas. No mais, aprendam, perguntem, compreendam, questionem e divirtam-se.

Sem mais delongas, para o nosso primeiro encontro estaremos falando sobre processos de transferência de calor. Sendo mais específico, realizaremos duas atividades de caráter demonstrativo envolvendo um dos processos de transferência de calor: as correntes de convecção. Solicito, embora não seja obrigatório, o preenchimento dos espaços vazios com suas próprias opiniões e entendimentos sobre o assunto. Posteriormente, esses dados servirão para uma análise do projeto em si, tornando-o possível de melhorias significativas.

Processos de Transferência de Calor – Correntes de Convecção

Procedimento 1

Em um copo, dissolva na água um pouco de leite em pó. Encha o outro copo com água até, pelo menos, a metade. Com o canudo, deposite o leite em pó (ou o corante) ao fundo do copo com água. Após isto, acenda a vela e posicione o copo sobre a chama. **ATENÇÃO:** cuidado para não se queimar e não coloque o copo vazio sobre o fogo para que o mesmo não quebre.

Materiais:

- 2 copos de vidro (transparente)
- Água
- Leite (em pó) ou corante
- Canudo
- Vela (ou outra fonte de calor)
- Isqueiro ou fósforos

Resultado Esperado: _____

Resultado Obtido: _____

8.3. Anexo III – Plano de Aula 03

Sejam todos bem vindos ao terceiro encontro da nossa Oficina de Física. Hoje confeccionaremos um calorímetro, um instrumento isolado termicamente do meio ambiente, frequentemente utilizado para análises sobre a quantidade de calor trocado entre dois corpos submetido à temperaturas distintas. Através dele, podemos calcular o calor específico de um dado material e estimar que substância o compoinha.

Calorímetro Caseiro

Materiais:

- 1 ou 2 Porta Latas de isopor
- 1 lata de refrigerante vazia
- ¹Placa de isopor
- Termômetro
- Balança
- Estilete
- Tesoura
- Régua
- Caneta
- Calculadora
- ²Objeto

¹recomendo a placa de isopor ter espessura igual ou superior à 2 cm.

²o objeto pode ser qualquer pedaço de metal pequeno composto por um único material (bloco de alumínio, por exemplo) ou uma esfera metálica pequena, de rolamento por exemplo.

Nota: Essa atividade envolverá manipulação de materiais cortantes e aquecidos. Recomenda-se o uso de EPI adequado para cada etapa do procedimento. Recomendo também a leitura deste roteiro na íntegra, para posterior realização das atividades aqui descritas.

Procedimentos:

1. Com o estilete, faça um pequeno rasgo na parte superior da lata e, com a tesoura, retire a parte de cima dela, fazendo-a ficar com forma semelhante a um copo.
2. Posicione a lata dentro do porta lata. Há duas formas de prosseguir:
 - a. Trace uma reta no porta lata pelo lado de fora, na altura que dê mais ou menos no meio da lata. Use a régua se achar necessário. Faça o mesmo com outro porta lata. Retire a lata de dentro e corte os dois portas latas encima da reta. Coloque a lata novamente dentro e encaixe as partes do calorímetro, verificando se nenhuma parte da lata ficou exposta.
 - b. Caso queira, fixe a parte de baixo da lata em um dos lados do porta lata.
3. Contando a partir da altura da boca da lata dentro do porta lata, trace uma reta pelo lado de fora com altura equivalente a metade da espessura do isopor. Retire a lata e corte com o estilete encima da reta traçada. Use a parte sem fundo para traçar dois círculos na placa de isopor. O círculo mais externo será a borda de fora da tampa, enquanto que o outro será o encaixe da tampa do calorímetro. Corte o círculo mais externo e, na lateral, risque uma reta em volta sendo que a altura dela equivalha a metade da espessura da tampa. Com cuidado, corte o círculo menor até a metade da espessura da tampa, e finalize cortando da lateral para o centro de forma a criar uma tampa. O encaixe precisa ficar justo, mas não muito apertado para evitar de quebra-la.
4. Com cuidado, faça um furo no centro da parte superior do calorímetro. Neste furo deverá passar o termômetro de forma justa, um pouco apertada.
5. Como opcional para essa prática, alguns calorímetros possuem agitadores (uma vareta metálica com algum mecanismo na ponta – mola ou pá – que tem por fim agitar os materiais ali expostos e agilizar o processo de transferência de calor). Como similar, pode-se utilizar um palito de churrasco com um pedaço de alumínio preso na ponta. Para tal, com outra lata ou algum pedaço dela, recorte uma elipse e, no palito, faça um pequeno corte vertical na base dele. Prenda a elipse de alumínio no palito, faça outro furo (pode ser na metade da distancia entre o termômetro e a borda da tampa) e posicione o palito.

Atividade:

Usando o calorímetro, determine o calor específico e o tipo de material que compõe o objeto. Em caso de divergência (valor tabelado com o valor obtido), aponte o que pode ter acontecido para tal.

Dica: calcule a capacidade térmica (C) do calorímetro usando água quente e, depois, o calor específico (c) do objeto.

Roteiro:*Parte 1*

1. Com o calorímetro totalmente vazio e fechado, posicione o termômetro dentro e aguarde o mesmo estabilizar. Anote esta temperatura na tabela abaixo.
2. Aqueça uma quantia de água e, ao ferver, deposite dentro do calorímetro.
3. Rapidamente, feche o calorímetro e aguarde até a temperatura entrar em equilíbrio. Anote essa temperatura na tabela abaixo.
4. Com o auxílio de uma balança, anote a massa do conjunto (calorímetro e água).
5. Esvazie o calorímetro e anote a massa do calorímetro. Após, calcule a massa da água.
6. Usando as fórmulas de calorimetria, calcule a capacidade térmica (C) do calorímetro.

Variáveis	Valores
Temperatura Inicial do Calorímetro	
Temperatura Inicial da Água	
Temperatura de Equilíbrio	
Massa Total	
Massa do Calorímetro	
Massa da água	
Capacidade Térmica do Calorímetro	

Parte 2

1. Coloque uma quantia de água no calorímetro suficiente para cobrir totalmente o objeto escolhido.
2. Feche o calorímetro e aguarde até o calorímetro entrar em equilíbrio térmico com a água. Anote a temperatura como inicial na tabela abaixo.
3. Aqueça o objeto juntamente com a água até ferver. Retire o objeto e coloque dentro do calorímetro, fechando em seguida. Aguarde até entrar em equilíbrio térmico e anote a temperatura.
4. Leve o conjunto à balança e anote sua massa.
5. Retire o objeto do calorímetro e coloque na balança. Anote sua massa na tabela.
6. Esvazie a água de dentro do calorímetro e anote a massa do calorímetro na tabela.
7. Calcule o valor para a massa da água.
8. Calcule a capacidade térmica do objeto e estime o material que o compõe.

Variáveis	Valores
Temperatura Inicial do Calorímetro	
Temperatura Inicial da Água	
Temperatura Inicial do Objeto	
Temperatura de Equilíbrio	
Massa Total	
Massa do Objeto	
Massa do Calorímetro	
Massa da água	
Capacidade Térmica do Objeto	

Equações		
$C = \frac{Q}{\Delta T}$	$c = \frac{C}{m}$	$c_{\text{água}} = 1 \text{ cal}/(g \cdot K)$
$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$	$Q_{eq} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$	

8.4. Anexo IV – Plano de Aula 04

Sejam todos bem vindos ao quinto encontro da nossa Oficina de Física. Hoje relembremos os conceitos envolvendo máquinas térmicas e construiremos um motor que utiliza deste princípio para movimentar-se: o barco pop-pop. Nessa atividade, poderemos discutir diversos conceitos da termodinâmica e observá-los na prática.

Barco pop-pop

Materiais:

- 1 lata de refrigerante
- 1 bandeja de isopor
- 3 canudos articuláveis
- Cola epóxi de secagem rápida
- Pedaco de madeira com canto vivo
- Estilete
- Tesoura
- Régua
- Caneta
- Fita durex ou crepe
- Moldes (em anexo)
- Cola quente (pistola e refil)
- Palito (fosforo ou de dente)
- Pedaco de papelão

Nota: Essa atividade envolverá manipulação de materiais cortantes e aquecidos. Recomenda-se o uso de EPI adequado para cada etapa do procedimento. Recomendo também a leitura deste roteiro na íntegra, para posterior realização das atividades aqui descritas.

Procedimentos:

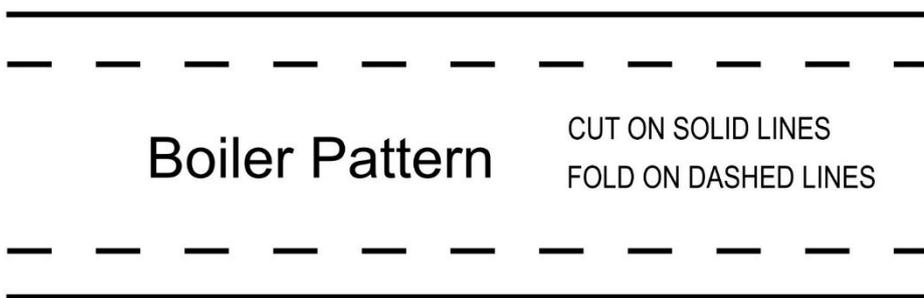
1. Imprima os moldes. Com o molde do corpo do barco, posicione sobre a bandeja de isopor e corte-a.
2. Com a lata em mãos, retire a boca e o fundo dela com o auxílio da tesoura e do estilete. Corte também na lateral, deixando com forma semelhante a uma folha de alumínio.
3. Dobre no meio na parte mais alongada, deixando uma pequena diferença nas pontas. Prenda com a fita. Na dobra, aperte bem.
4. Retire a fita. Cole o molde com 4 linhas na lata com a fita e recorte nas linhas contínuas. Guarde as partes

que sobraram.

5. Apoie a lata sobre o pedaco de madeira com canto vivo e, alinhando a linha pontilhada com a quina da madeira, dobre-a.
6. Repita do outro lado. Vire e aperte a dobra.
7. Coloque três canudos na parte aberta da latinha, de modo que assumam a forma semelhante a uma parábola côncava (com as partes dobradas para cima) na parte da boca.
8. Prepare um pouco de cola epóxi sobre um pedaco de papelão (usando os palitos para misturá-la) e cole as dobras da lata. Se possível, com uma das partes que sobraram do corte da lata, espalhe a cola dentro das dobras. Espere secar.
9. Retire os canudos. Com dois deles, corte-os a 4 cm contados a partir do fim da dobra do canudo na parte mais curta.
10. Prepare mais um pouco de cola epóxi, passe-a na parte mais curta do canudo e o cole dentro da lata, deixando um espaço entre a boca da lata e a dobra do canudo (aproximadamente, 5 mm), pois essa parte ainda precisa estar livre de cola.
11. Com o restante da cola epóxi, feche os espaços abertos da lata e aguarde secar.
12. Em um copo com água, mergulhe a lata e assopre no canudo. Se sair bolhas, identifique o buraco e o feche com cola epóxi. Repita esse processo até não sair mais bolhas.
13. Monte o molde descrito como "Bend Pattern". Cole um pedaco de fita em um dos lados estreitos e fixe a latinha sobre ele. Do outro lado, prenda o canudo com outro pedaco de fita. Se estiver preso corretamente, o canudo formará um ângulo de aproximadamente 45° na dobra.
14. Passe cola quente na dobra do canudo, espalhando com o bico a cola por toda a curva. Ao retirar do molde, o canudo não deverá mudar sua inclinação.
15. Com o molde do barco, cole sobre a bandeja de isopor e recorte-a. Com o estilete, corte o retângulo interno do barco.
16. Meça 10 cm contados a partir da dobra do canudo e corte a parte que sobrar.
17. Passe pelo corte feito no barco e prenda os canudos com o elástico (um mais perto da dobra, outro mais no final do canudo).
18. Com uma das sobras do corte da lata, desdobre-a e corte no meio.
19. Em uma das pontas (aproximadamente, 5 mm), faça um corte até um pouco antes da metade. Repita na mesma ponta, mas do outro lado.
20. Dobre esse corte para cima e, com o auxílio da vela, faça as pontas soltas pelo corte "abraçarem" a vela.

21. Passe esse pedaço de lata e a vela pelo elástico mais externo e posicione a vela mais ou menos na altura da metade da lata.
22. Encha os canudos com água, tampe-os e agite. Repita esse processo até que toda a lata e os canudos estejam cheios de água.
23. Coloque na água e acenda a vela. Se tudo estiver certo, em pouco tempo ele começará a navegar.

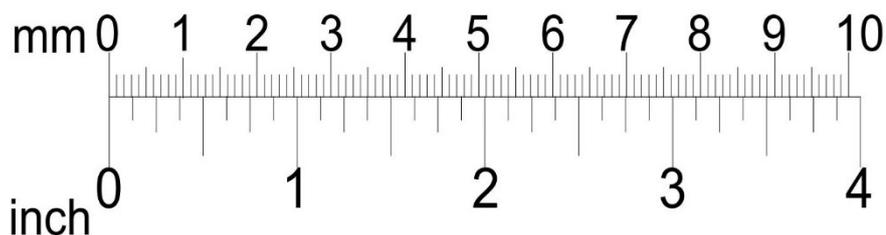
Atividade: Em suas palavras, explique: por que o barco se move?



Boiler Pattern

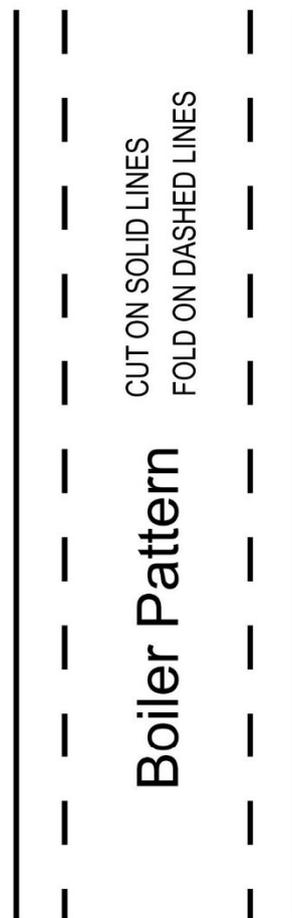
CUT ON SOLID LINES
FOLD ON DASHED LINES

Scale Check
4" or 102mm



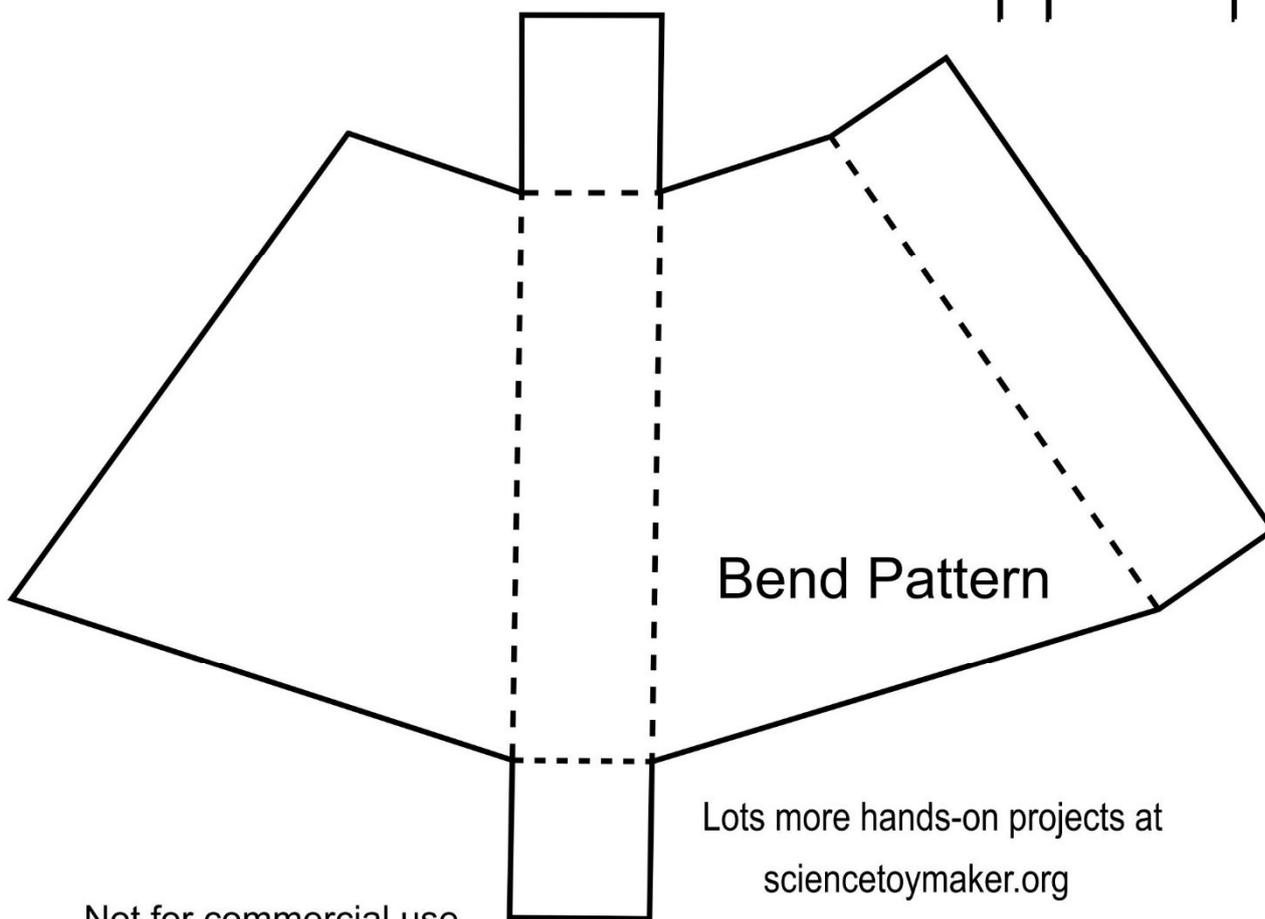
Putt Putt Boat Boiler (Engine) and Bend Patterns

Instructions at sciencetoymaker.org



CUT ON SOLID LINES
FOLD ON DASHED LINES

Boiler Pattern



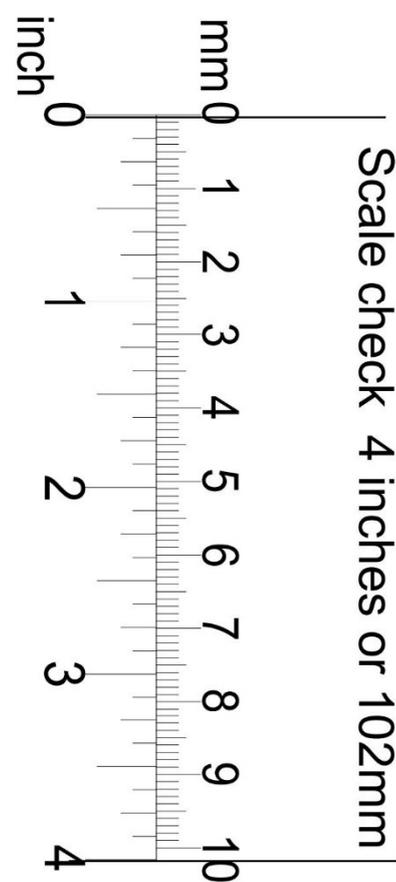
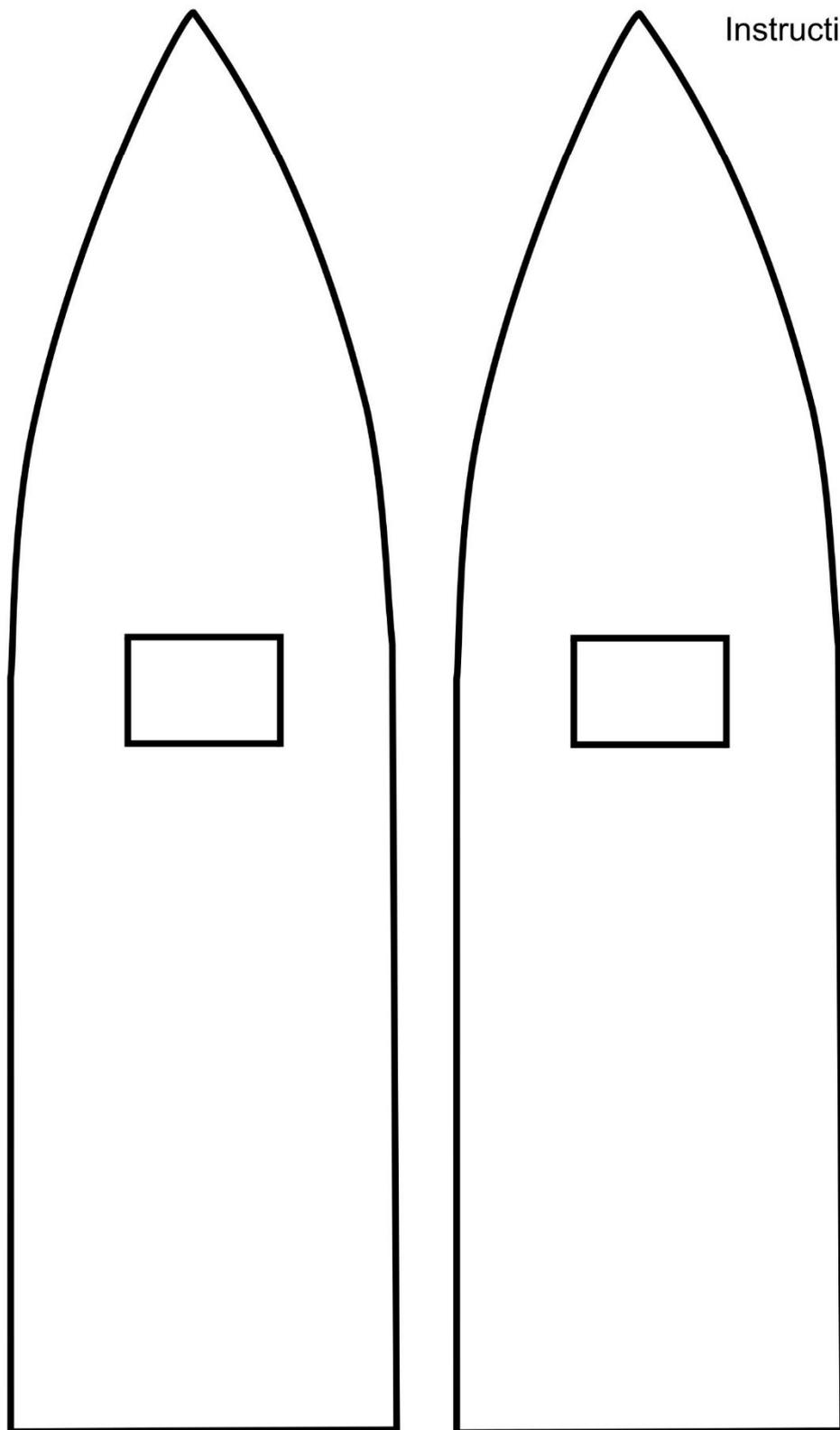
Bend Pattern

Lots more hands-on projects at
sciencetoymaker.org

Not for commercial use.

Foam Pattern for Simple Flat Putt Putt Boat

Instructions at sciencetoymaker.org



Lots more hands-on projects at sciencetoymaker.org