



PLATAFORMA DIDÁTICA PARA EXPERIMENTOS DE TERMODINÂMICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3959

Fernanda Soares Lima - limas.fernanda99@gmail.com
IFPB

Igor Forcelli Silva - igorforcelli@outlook.com
IFPB

VINICIUS JEFFERSON DIAS VIEIRA - vinicius.vieira@academico.ifpb.edu.br
IFPB

Arthur Bernardo Barbosa - arthurbernardobarbosa@gmail.com
IFPB

Isabely Samara Simão de Matos - isabelymts@gmail.com
IFPB

Resumo: *As demandas formativas do indivíduo do século XXI são superiores à acumulação de conhecimentos. Essas abrangem a habilidade de como selecionar e tratar informações, a integração ou alteração de conhecimento de uma circunstância ou contexto para outro, a resolução de problemas para os quais não está estabelecida uma resposta, a capacidade de trabalhar de forma cooperativa, entre outras. O método tradicional que consiste exclusivamente na apresentação oral do conteúdo, ainda é expressivo no ambiente escolar, o qual possui ineficiência didática. Portanto, torna-se essencial alternativas metodológicas que coloquem a escola em sintonia com os atributos e necessidades da sociedade. A utilização de plataformas ou kits didáticos nas aulas de física tem-se mostrado uma excelente alternativa para abordar os conteúdos ministrados em sala, tornando as aulas mais significativas para o discente por trazer situações reais. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma plataforma didática para experimentos de termodinâmica, o qual pode ser utilizado como um projeto disponível para alternativa metodológica na disciplina de Física. Para tanto, foi construído um calorímetro caseiro, e feita a utilização de sensores de massa e temperatura para aquisição dessas medidas de forma automática pelo microcontrolador Arduino®. Assim, permitindo realizar experimentos voltados para o equilíbrio térmico, encontrando a capacidade térmica do calorímetro desenvolvido e o calor específico de uma peça de alumínio. O erro encontrado na*





determinação do calor específico da peça de alumínio utilizada foi de 14,84 %, acredita-se que esse valor foi influenciado por fatores como a pureza do material utilizado e uma possível troca de calor durante a deposição da peça alumínio dentro calorímetro. De forma geral, acredita-se que o uso da plataforma desenvolvida pode aumentar a expectativa dos discentes em estudos envolvendo a termodinâmica.

Palavras-chave: *Termodinâmica, Capacidade térmica, Calor específico, Aprendizagem baseada em problemas, STEAM.*





PLATAFORMA DIDÁTICA PARA EXPERIMENTOS DE TERMODINÂMICA

1 INTRODUÇÃO

O ensino tradicional de Ciências em disciplinas como Biologia, Física e Química são normalmente criticados, ao ser questionado sobre a seleção e a organização de seus conteúdos e métodos de ensino, no qual o professor expõe o conteúdo e ocorre pouca interação por parte dos estudantes (KRASILCHIK, 2004; DA CONCEIÇÃO; MOTA; BARGUIL, 2020).

A respeito dos conteúdos das disciplinas estarem intrinsecamente presentes no cotidiano, ainda existe dificuldade em se contextualizar o conhecimento discutido em sala de aula. Em relação às dificuldades de aprendizagem dos conteúdos, existem pesquisas que explanam sobre o ensino da ciência e o entendimento do discente, essas estando relacionadas pela forma como o professor expõe a disciplina (SCHNETZLER, 2004; MORENO; REIS; CALEFI, 2016; PRADO, 2019).

Dessa forma, a apresentação dos conceitos de maneira descontextualizada torna o processo de aprendizagem pouco motivador. Diante deste contexto, segundo Goi e Santos (2015) mudanças nas metodologias utilizadas pelos professores se fazem necessárias.

Considerando os elementos apontados parece claro que a simples introdução de atividades práticas não resolve as dificuldades de aprendizagem em Ciências. Para que as atividades práticas permitam a construção do conhecimento, elas devem ser cuidadosamente planejadas, levando em consideração os objetivos pretendidos, os recursos disponíveis e as ideias prévias dos educandos. (GOI; SANTOS, 2015).

Diversos são os estudos que fazem uso de metodologias de ensino para melhorar o desempenho na explanação de conteúdos nos cursos de ensino superior, onde a maioria destes são voltados para ciências sociais ou humanas (GOMES *et al.*, 2010; BORGES, ALENCAR, 2014; PAIVA *et al.*, 2016).

Pode-se afirmar que o uso de métodos que auxiliem no processo de ensino e aprendizagem aumentam a participação dos discentes, assim como formam profissionais mais capacitados e seguros para o mercado de trabalho (LIMBERGER, 2013 *apud* PRADO, 2019).

Dentre os métodos de ensino alternativo, pode-se destacar a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como uma metodologia cujo potencial envolve não só o trabalho colaborativo, como também o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas abertos e a interdisciplinaridade. Podem ser desenvolvidos protótipos de custo acessível utilizando a tecnologia de *software* e *hardware* livre Arduino®, que através da aquisição de sinal de sensores permite a construção de gráficos para estudos, onde pode-se entender fenômenos reais, tudo isso, incorporado no processo de ensino e aprendizagem STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, Math*), assim, o docente pode aplicar seus conhecimentos bem como aprimorar os protótipos utilizados, enquanto que para os discentes ocorre a facilitação e compreensão dos fenômenos físicos (PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017; SIERRA; ROJAS; GARCIA, 2019).

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é utilizada como uma alternativa educacional que revoluciona a aprendizagem tradicional, são implementados projetos por alunos em torno de vários eixos temáticos, promovendo a pesquisa, o trabalho em equipe, a criatividade e o pensamento crítico (MIGUÉLEZ, 2000).





Para detalhar cada um dos aspectos relacionados, esta metodologia pode ser abordada em diferentes etapas segundo Acosta *et al.*(2019): (i) Planejamento: escolhe-se o eixo temático para desenvolver a ideia do projeto, (ii) Aconselhamento: organiza-se juntamente ao professor tutor as ideias e as pesquisas necessárias para realizar o projeto, (iii) Pesquisa e Revisão de literatura: baseia-se o projeto a partir de livros, revistas, artigos científicos e outros recursos, investigando de acordo com as necessidades, (iv) Elaboração: desenvolve-se os dispositivos, com conhecimentos de outras áreas, com diferentes competências aprendidas, (v) Documentação: documenta-se o aprendizado dos alunos e as experiências (PEÑA ACOSTA; ROJAS; GARCÍA MONTOYA; DÍAZ CARVAJAL; CURREA MENESES, 2019).

Dentre as disciplinas é possível destacar a Física como uma matéria escolar cuja imagem junto aos egressos do Ensino Médio costuma remeter a baixo rendimento escolar (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; MENEGOTTO; ROCHA FILHO, 2008). Porém, em uma sociedade tecnológica desenvolvida é inegável a notoriedade na formação do discente, como capacidade de resolução de problemas, compreensão de grandezas físicas presentes no dia a dia, compreensão dos fenômenos físicos cotidianos e de suas possíveis consequências (PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017; PRADO, 2019).

A ABP tem se mostrado capaz de envolver os estudantes em investigações que ultrapassam os limites da sala de aula e que, além da aprendizagem acadêmica, proporcionam motivação, engajamento e, em muitos casos, contribuições à comunidade na qual os alunos estão inseridos. (BENDER, 2015 *apud* PRADO, 2019).

Sendo assim, a ABP é apresentada como uma alternativa para solucionar os problemas metodológicos no ensino de Física, e ainda contribuir para progresso de outras experiências como responsabilidade social, uso de ferramentas tecnológicas e transposição do conhecimento em diferentes contextos.

A Termodinâmica é considerada um dos ramos da Física e Engenharias, responsável pelo estudo de fenômenos em que ocorre a troca de calor. Dentre os exemplos de aplicação é possível citar os estudos: (i) do aquecimento dos motores na engenharia automobilística, (ii) do aquecimento e resfriamento de alimentos na engenharia de alimentos, (iii) da transferência de energia térmica relacionada ao aquecimento global na meteorologia, (iv) das condições climáticas na agricultura e (v) da variação de temperatura de um paciente permitindo identificar a causa de sua doença na medicina e engenharia biomédica. A Termodinâmica é regida por quatro leis, sendo elas: a lei zero que está relacionada ao conceito de temperatura, a primeira lei relacionada ao conceito de energia, a segunda lei relacionada ao conceito de entropia e a terceira lei que está relacionada à entropia quando a temperatura do sistema se aproxima do zero absoluto (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

A utilização de plataformas ou kits didáticos como ferramentas para auxílio na explanação de conteúdos ministrados em sala de aula, têm-se mostrado eficaz nas diversas áreas de ensino. Essas ferramentas permitem a melhoria das aulas, tornando os conteúdos mais atrativos, visto que, o discente conseguirá relacionar o conteúdo teórico ministrado com uma abordagem prática (HABIB, 2016).

Neste trabalho é apresentada uma ferramenta que auxilie no estudo e compreensão da Termodinâmica de sistemas, relacionado ao conceito de entropia. Para tanto é empregada a construção de um calorímetro caseiro com uso da plataforma Arduino® para aquisição de medidas como massa e temperatura, como também o processamento dessas informações. Desta forma, é possível realizar experimentos para determinar o calor específico e a capacidade térmica, que são conceitos importantes da entropia de sistemas,



e para o desenvolvimento são utilizados conceitos adquiridos em sala de aula, assim possibilitando o melhor entendimento do discente.

Sendo assim, este trabalho objetiva o desenvolvimento de uma plataforma didática, para experimentos de termodinâmica com uso do microprocessador Arduino®, que permita o estudo e fixação dos conhecimentos relacionados à entropia de sistemas.

Este artigo está organizado como segue: Na Seção 2 é apresentada a fundamentação teórica a respeito de Calorimetria, bem como a apresentação do Estado da Arte no assunto. Na Seção 3 são apresentados os procedimentos metodológicos da plataforma desenvolvida para a realização dos experimentos. Sendo assim, na Seção 4 encontra-se os resultados obtidos pelo experimento do calorímetro desenvolvido. Por fim, as considerações finais são apresentadas na Seção 5.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Capacidade térmica

A capacidade térmica de um objeto é a constante que relaciona a proporção entre o calor recebido ou cedido pela variação de temperatura, conforme apresentado na Equação (1) (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

$$Q = C \cdot \Delta T = C(T_f - T_i) = c \cdot m(T_f - T_i), \quad (1)$$

em que, Q é a quantidade de calor sensível (dado em unidade de energia); C é a capacidade térmica do objeto (dada em unidade de energia por °C ou K); c é o calor específico do objeto (dado em $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$); m é a massa do objeto (dada em g); T_i é a temperatura inicial do objeto (dada em °C ou K); T_f é a temperatura final do objeto (dada em °C ou K).

2.2 Calor específico

O calor específico relaciona a variação de temperatura de uma determinada substância com o calor recebido. A Tabela 1 apresenta o calor específico de algumas substâncias à temperatura ambiente que foram consideradas neste estudo.

Tabela 1 - Calores específicos de substâncias em temperatura ambiente.

Substância	Calor Específico ($\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$)
Alumínio	0,22
Água doce	1,00

Fonte: Adaptada de Halliday, Resnick e Walker, 2016.

2.3 Equilíbrio térmico

De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2016) a lei zero da termodinâmica define que, se dois objetos 'A' e 'B' estão em equilíbrio térmico com um terceiro objeto 'C', os objetos 'A' e 'B' estão em equilíbrio térmico entre si. Com isso, é possível considerar que se os objetos 'A' e 'B' possuem temperaturas diferentes, e estão em um sistema fechado, o objeto com maior temperatura irá ceder calor e o objeto com menor temperatura irá absorver calor, até que ambos entrem em equilíbrio térmico, atingindo a mesma temperatura, conforme a Equação (2).

$$Q_A + Q_B = 0 \quad (2)$$

2.4 Estado da arte

Nesta seção são apresentados estudos referentes a experimentos desenvolvidos para o ensino de Física.

Boss *et al.* (2009) propuseram um minicurso com três experimentos práticos de termodinâmica. Após a realização dos experimentos foi solicitado aos alunos que elaborassem um relato dos experimentos efetuados, com isso foi observado que os alunos conseguiram assimilar melhor os conceitos relacionados com a termodinâmica. Assim, mostrando que essa forma de abordar o conteúdo torna as aulas mais significativas para os discentes.

Rocha e Dickman (2016) propuseram a elaboração de um kit com experimentos simples de termodinâmica, utilizando materiais de custo acessível em uma escola que não possuía laboratório. Foi realizado um teste teórico com os alunos antes da utilização do kit, e esse teste foi repetido após a utilização do kit. Com essa avaliação percebeu-se a assimilação dos conteúdos pelos alunos, mostrando que os experimentos têm o potencial de estimular os alunos nos estudos da termodinâmica.

Rodrigues e Bispo (2019) propuseram a construção de 7 experimentos didáticos utilizando materiais de custo acessível ou recicláveis, com objetivo de facilitar a compreensão de conteúdos de Física na área de Termodinâmica. Além disso, foram elaborados roteiros para execução dos experimentos para aplicação em sala de aula.

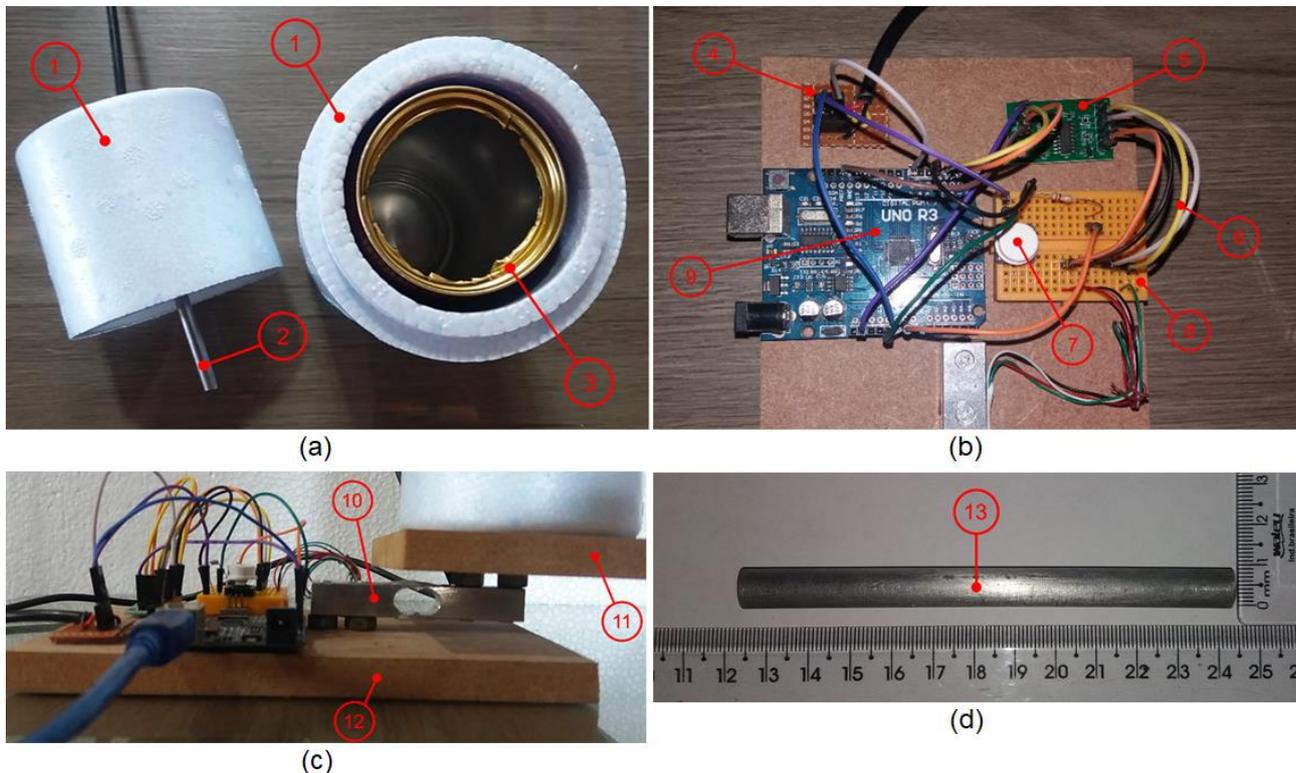
Diante dos estudos apresentados, observa-se que a construção de kits, plataformas ou mesmo experimentos simples, auxiliam na assimilação dos conceitos relacionados à termodinâmica. Desta forma, pretende-se adicionar ao experimento a utilização do Arduino® e sensores de massa e temperatura, proporcionando o entendimento dos conceitos relacionados ao equilíbrio térmico, como também a utilização de conhecimentos de programação e o uso de sensores comerciais.

3 PLATAFORMA DESENVOLVIDA

Nesta seção, é apresentada a plataforma desenvolvida para realização de experimentos envolvendo os conhecimentos de termodinâmica.

Na Figura 1 está ilustrada a plataforma desenvolvida, que adquire os dados de temperatura e massa de um calorímetro construído com materiais de custo acessível, e processa as informações com microcontrolador Arduino®, para informar a capacidade térmica do calorímetro e o calor específico do objeto utilizado em experimento, neste caso o alumínio.

Figura 1 – Plataforma desenvolvida. (a) corpo do calorímetro; (b) plataforma de aquisição e circuitos dos sensores; (c) estrutura da balança criada para a célula de carga; (d) peça de alumínio utilizada.



Fonte: Elaboração própria (2022).

O calorímetro foi construído com um porta mamadeira (1) de isopor para garantir o isolamento térmico, junto com uma lata de alumínio de 350 ml (3), em que será depositada as substâncias para o experimento. A medição de temperatura interna do calorímetro foi realizada com o sensor de temperatura DS18B20 (2), junto com um circuito para sua conexão elétrica (4), no qual, o sensor foi colocado no centro do porta mamadeira (1) e isolado termicamente do ambiente.

A medição de massa do calorímetro e seu conteúdo, foi realizada pela célula de carga de 5 kg (10), montada entre as placas de MDF (11 e 12) formando a estrutura de uma balança. Para o funcionamento da célula de carga (10), foi necessário utilizar o módulo Hx711 (5) para converter o sinal analógico em digital.

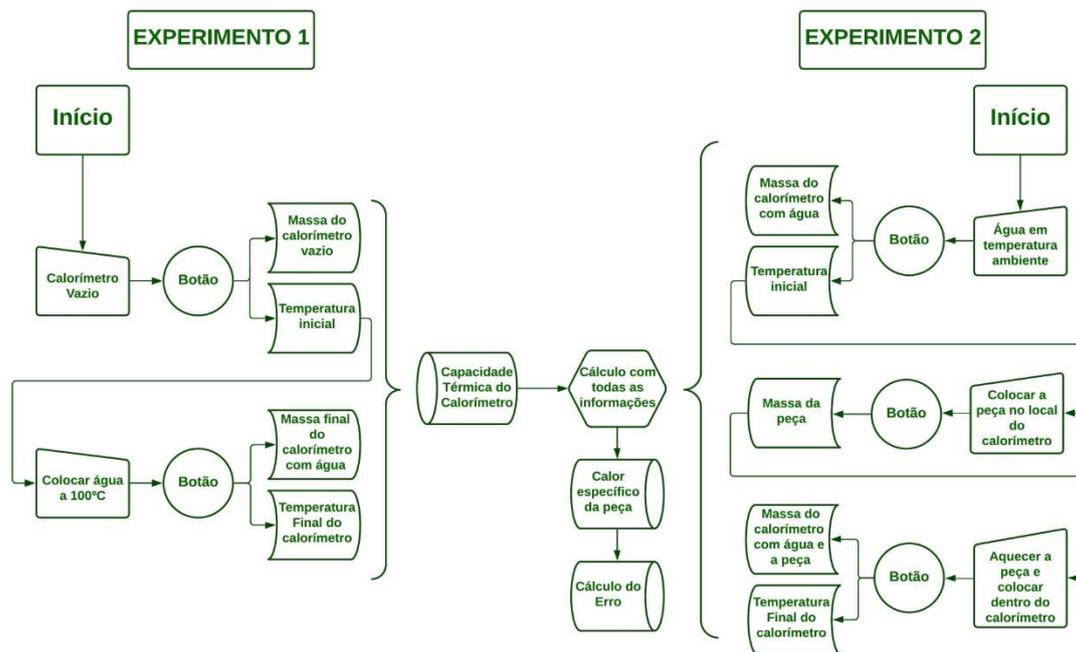
Foram utilizados cabos (6) para realizar a extensão da conexão elétrica entre os sensores e um *protoboard* (8), e por fim são conectados ao microcontrolador (9). O código desenvolvido no Arduino® precisa da ativação do usuário com o botão (7) para iniciar e passar pelos processos solicitados no ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino®, durante o experimento.

Por fim, foi utilizada uma peça de alumínio (13) para determinar o seu calor específico com a plataforma desenvolvida.

3.1 Algoritmo desenvolvido para o experimento.

A medição de temperatura e massa são realizadas pelos sensores, e o Arduino® adquire esses sinais e processa a informação de acordo com o algoritmo que foi desenvolvido para os experimentos 1 – Capacidade térmica do calorímetro e 2 – Calor específico, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Algoritmo desenvolvido para o sistema.



Fonte: Elaboração própria (2022).

3.2 Materiais utilizados

Na Tabela 2 são apresentados os materiais utilizados para construção da plataforma, em que são realizados os experimentos de termodinâmica.

Tabela 2 - Calores específicos de substâncias em temperatura ambiente.

Descrição	Quantidade	Valor (R\$)
Arduino Uno	1	50,00
Célula de carga 5kg	1	23,00
Módulo Hx711	1	10,00
Protoboard 170 pontos	1	5,00
Cabos	14	4,00
Botão	1	1,00
Sensor de temperatura DS18B20	1	13,00
Placa MDF base (120x180 mm)	1	Reciclado
Placa MDF balança (120x100 mm)	1	Reciclado
Lata de alumínio	1	Reciclado
Peça de alumínio	1	Reciclado
Porta Mamadeira (isopor)	1	3,00
Total		109,00

Fonte: Elaboração própria (2022).

3.3 Capacidade térmica do calorímetro

Os cálculos efetuados para determinar a capacidade térmica do calorímetro são apresentados nas Equações (3-6):

$$Q_{cal} + Q_{\acute{a}gua} = 0 \rightarrow \quad (3)$$

$$(C_{cal} \cdot \Delta T_{cal}) + (m_{\acute{a}gua} \cdot c_{\acute{a}gua} \cdot \Delta T_{\acute{a}gua}) = 0 \rightarrow \quad (4)$$

$$C_{cal} \cdot (T_f - T_i)_{cal} + m_{\acute{a}gua} \cdot c_{\acute{a}gua} \cdot (T_f - T_i)_{\acute{a}gua} = 0 \rightarrow \quad (5)$$

$$C_{cal} = - \frac{m_{\acute{a}gua} \cdot c_{\acute{a}gua} \cdot (T_f - T_i)_{\acute{a}gua}}{(T_f - T_i)_{cal}}, \quad (6)$$

em que, Q_{cal} é a quantidade de calor sensível do calorímetro; $Q_{\acute{a}gua}$ é a quantidade de calor sensível da água; C_{cal} é a capacidade térmica do calorímetro; ΔT_{cal} é a variação de temperatura do calorímetro; $\Delta T_{\acute{a}gua}$ é a variação de temperatura da água; $m_{\acute{a}gua}$ é a massa da água; $c_{\acute{a}gua}$ é o calor específico da água; T_f é a temperatura final; T_i é a temperatura inicial.

São utilizados os conceitos de capacidade térmica encontrada na Equação (1), calor específico e de equilíbrio térmico, na Equação (2). Dessa forma, a expressão encontrada na Equação (6) é escrita no microcontrolador.

3.4 Calor específico do material

Após determinar a capacidade térmica do calorímetro é possível utilizar o resultado da Equação (6) para determinar o calor específico do material (Alumínio), conforme as Equações (7-9).

$$Q_{cal} + Q_{\acute{a}gua} + Q_{al} = 0 \rightarrow \quad (7)$$

$$(C_{cal} \cdot \Delta T_{cal}) + (m_{\acute{a}gua} \cdot c_{\acute{a}gua} \cdot \Delta T_{\acute{a}gua}) + (m_{al} \cdot c_{al} \cdot \Delta T_{al}) = 0 \rightarrow \quad (8)$$

$$c_{al} = - \frac{(C_{cal} \cdot \Delta T_{cal}) + (m_{\acute{a}gua} \cdot c_{\acute{a}gua} \cdot \Delta T_{\acute{a}gua})}{m_{al} \cdot \Delta T_{al}}, \quad (9)$$

em que, ΔT_{al} é a variação de temperatura da peça de alumínio; m_{al} é a massa da peça de alumínio e c_{al} é o calor específico da peça de alumínio determinado no experimento.

Determinando o calor específico encontrado no experimento 2, é realizado o cálculo do erro, levando em conta o calor específico do alumínio apresentado na Tabela 1, conforme a Equação (10).

$$ERRO = \frac{c_{al_exp} - c_{al_real}}{c_{al_real}} \times 100 = \frac{c_{al_exp} - 0,22}{0,22} \times 100 \quad (10)$$

3.5 Ambiente de Desenvolvimento Integrado do Arduino

O Ambiente de Desenvolvimento Integrado (ADI) do Arduino® é o ambiente utilizado para desenvolvimento de códigos e envio para a placa microcontroladora. Neste ambiente foram desenvolvidos os programas do experimento, assim solicitando ao usuário uma ação para cada um dos passos dos experimentos, de capacidade térmica e calor específico.

Cada tarefa efetuada pelo usuário ocorre ao pressionar o botão (7) da plataforma. Os dados são coletados pelo microcontrolador e as repostas para os cálculos efetuados e as medidas (temperatura e massa) adquiridas são apresentados na serial da ADI. A

aquisição dos valores de temperatura, ocorre 10 minutos após o usuário pressionar o botão, para garantir que o sensor (DS18B20) faça a aquisição após o equilíbrio térmico. Esse tempo foi determinado após a realização de vários testes. A peça de alumínio foi aquecida em um forno doméstico por 15 minutos à 220 °C.

4 RESULTADOS

Para o experimento 1, que consiste em determinar a capacidade térmica do calorímetro desenvolvido, foram adquiridos os valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores encontrados no experimento 1.

Variável	Valor
$m_{\text{água}}$	205,73 g
$c_{\text{água}}$	$1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$
$(T_i)_{\text{água}}$	100 °C
$(T_f)_{\text{água}}$	91 °C
$(T_i)_{\text{cal}}$	28 °C
$(T_f)_{\text{cal}}$	91 °C

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para o experimento 2, que consiste em determinar o calor específico da peça de alumínio utilizada, foram adquiridos os valores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores encontrados no experimento 2.

Variável	Valor
c_{cal}	$29,39 \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}}$
$m_{\text{água}}$	252,58 g
m_{al}	23,76 g
$(T_i)_{\text{água}}$	27 °C
$(T_f)_{\text{água}}$	30 °C
$(T_i)_{\text{cal}}$	27 °C
$(T_f)_{\text{cal}}$	30 °C
$(T_i)_{\text{al}}$	220 °C
$(T_f)_{\text{al}}$	30 °C

Fonte: Elaboração própria (2022).

Por fim, na Tabela 5 é apresentado o valor experimental encontrado para o calor específico da peça de alumínio utilizada e o erro em comparação com o valor tabelado.

Tabela 5 – Valores encontrados com os experimentos.

Variável	Valor
$c_{\text{al,exp}}$	$0,19 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$
erro	-14,84 %

Fonte: Elaboração própria (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho consiste no desenvolvimento de uma plataforma didática, que realiza experimentos de termodinâmica utilizando um microcontrolador para aquisição e processamento de sinais. Neste contexto, foi construído um calorímetro de custo acessível, permitindo a aquisição de medidas de temperatura e massa pelo Arduino®, e com essa aquisição foi possível determinar a capacidade térmica do calorímetro e o calor específico de uma peça de alumínio.

Acredita-se que, o valor de erro encontrado teve influência da pureza da peça de alumínio utilizada, e também da troca de temperatura da peça de alumínio com ambiente, que ocorreu no período entre sua retirada do forno e sua deposição no calorímetro. Caso o experimento ocorresse em laboratório, provavelmente o erro encontrado seria inferior.

De forma geral, os resultados alcançados neste estudo, indicam que a plataforma desenvolvida pode ser utilizada para realizar experimentos voltados para termodinâmica, especificamente em experimentos de equilíbrio térmico. A plataforma apresenta vantagens como custo acessível e interdisciplinaridade, visto que, são necessários conhecimentos de química, física, eletrônica e programação para seu desenvolvimento.

Em trabalhos futuros, pretende-se utilizar esse protótipo em sala de aula como uma ferramenta metodológica de ensino. Acredita-se que estes resultados indicam que a plataforma desenvolvida pode aumentar a expectativa dos discentes em estudos envolvendo a termodinâmica, assim, tornando-a viável para uso na aprendizagem baseada em problemas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, do Campus João Pessoa e ao PETEE-IFPB (Programa de Educação Tutorial de Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Paraíba), pelo apoio técnico e financeiro.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Arduino Uno R3**. Disponível em: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3/>. Acesso 13 dez. 2021.

BENDER, Willian N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Penso Editora, 2015.

BONADIMAN, Helio; NONENMACHER, Sandra EB. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 194-223, 2007.

BORGES, Tiago Silva; ALENCAR, Gidélia. Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. **Cairu em Revista**, v. 3, n. 4, p. 119-143, 2014.

BOSS, S. L. B.; TRINDADE, N. M.; NETO, A. B.; LAVARDA, F. C. Ensino por investigação: relato de uma experiência pedagógica em Termodinâmica. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física-SNEF 2009**, Vitória, ES, v. 18, 2009.



DA CONCEIÇÃO, Alexandre Rodrigues; MOTA, Maria Danielle Araújo; BARGUIL, Paulo Meireles. Jogos didáticos no ensino e na aprendizagem de Ciências e Biologia: concepções e práticas docentes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, p. e165953290-e165953290, 2020.

GOI, Mara EJ; SANTOS, Flávia MT. Implementação da Metodologia de Resolução de Problemas no ensino de ciências. **Seminário Internacional de Educação no Mercosul**, v. 17, 2015.

GOMES, M. P.; RIBEIRO, V. M.; MONTEIRO, D. M.; LEHER, E. M. T.; LOUZADA, R. D. C. R. O uso de metodologias ativas no ensino de graduação nas ciências sociais e da saúde: avaliação dos estudantes. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 1, p. 181-198, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/HCrTjjzL8WQRKWL7xZXVnQy/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 dez. 2021.

HABIB, Zahida. Effect of use of Teaching Kit on Performance of Students at Primary level. **Pakistan Vision**, v. 17, n. 1, p. 165, 2016. Disponível em: http://pu.edu.pk/images/journal/studies/PDF-FILES/Artical-7_v17-1-16.pdf. Acesso em: 13 dez. 2021.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. Vol. I. 10. ed. v. 2. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2016.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia**. Edusp, 2004.

MENEGOTTO, José C.; ROCHA FILHO, João B. da. Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 2, p. 298-312, 2008.

MIGUÉLEZ, Miguel Martínez. La investigación-acción en el aula. **Agenda académica**, v. 7, n. 1, p. 27, 2000.

MORENO, Mauro Antônio; DOS REIS, Márcio José; CALEFI, Paulo Sergio. Concepções de professores de biologia, física e química sobre a aprendizagem baseada em problemas (ABP). **Revista Hipótese**, v. 2, n. 1, p. 104-117, 2016. Disponível em: <https://revistahipotese.emnuvens.com.br/revista/article/view/110>. Acesso em: 29 abr. 2022

PAIVA, M. R. F.; PARENTE, J. R. F.; BRANDÃO, I. R.; QUEIROZ, A. H. B. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: revisão integrativa. **SANARE-Revista de Políticas Públicas**, v. 15, n. 2, 2016. Disponível em: <https://sanare.emnuvens.com.br/sanare/article/view/1049>. Acesso em: 13 dez. 2021.

PASQUALETTO, Terrimar Ignácio; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. Aprendizagem baseada em projetos no Ensino de Física: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 551-577, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4546>. Acesso em: 05 maio 2022.





PEÑA ACOSTA, M. S.; ROJAS, Á. A.; GARCÍA MONTOYA, C. D.; DÍAZ CARVAJAL, A. R.; CURREA MENESES, A. Metodología ABP para el Estudio de la Física. **Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil – AmITIC**, 2019. Disponível em:

<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/2305>. Acesso em: 05 maio 2022.

PRADO, Gustavo Ferreira. **Metodologias Ativas no Ensino de Ciências: Um estudo das relações sociais e psicológicas que influenciam a aprendizagem**. 2019. 369f. Tese (Doutorado em Educação para Ciência) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2019. Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/182204/prado_gf_dr_bauru.pdf?sequence=1. Acesso em: 10 maio 2022.

RIBEIRO, L. R. C. **A Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL): Uma Implementação na Educação em Engenharia na Voz dos Atores**. 2005. 236f. Tese (Doutorado em Educação). Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005. Disponível em:

<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/2353/TeseLRRCR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 maio 2022.

ROCHA, Ricardo Florencio Alves; DICKMAN, Adriana Gomes. Ensinando Termodinâmica por meio de Experimentos de Baixo Custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física e Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Abakós, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 71-93, 2016.

RODRIGUES, Clóves Gonçalves; BISPO, Edivania Sousa. Sugestões de experimentos de fácil acesso para o ensino de termodinâmica. **Physicae Organum**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 89-102, 2019. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/physicae/index>. Acesso em: 13 dez. 2021.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. A pesquisa no ensino de química e a importância da Química Nova na Escola. **Química Nova na Escola**, v. 20, n. 20, p. 49-54, 2004.

SIERRA, Diego. H.; ROJAS, Juan. G.; GARCÍA, Angel. R. Implementando las metodologías steam y abp en la enseñanza de la física mediante Arduino. **Memorias de Congresos UTP**, p. 133-137, 26 ago. 2019. Disponível em:

<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/2304>. Acesso em: 05 maio 2022.

VLIMBERGER, Jane Beatriz. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem para educação farmacêutica: um relato de experiência. **Interface-Comunicação, Saúde, Educação**, v. 17, p. 969-975, out./dez. 2013. DOI: 10.1590/1807-57622013.3683.



TEACHING PLATFORM FOR THERMODYNAMICS EXPERIMENTS

Abstract: *In the 21st century the educational demands of the individual are superior to the accumulation of knowledge. These include the ability to select and handle information, the integration or change of knowledge from one circumstance or context to another, the resolution of problems for which an answer is not established, the ability to work cooperatively, among others. The traditional method, which consists exclusively of the oral presentation of the content, is still expressive in the school environment, which has didactic inefficiency. Therefore, it becomes essential methodological alternatives that put the school in tune with the attributes and needs of society. The use of platforms or didactic kits in physics classes has proved to be an excellent alternative to approach the contents taught in the classroom, making the classes more meaningful for the student, bringing real situations. This work proposes the development of a didactic platform for thermodynamics experiments, which can be used as an available project for a methodological alternative in the Physics discipline. For that, a homemade calorimeter was built, and mass and temperature sensors were used to automatically acquire these measurements by the Arduino® microcontroller. Thus, allowing to perform experiments aimed at thermal equilibrium, finding the heat capacity of the developed calorimeter and the specific heat of an aluminum part. The error found in determination of the specific heat of the aluminum part used was 14.84%, it is believed that this value was influenced by factors such as the purity of the material used and a possible exchange of heat during the deposition of the aluminum part inside the calorimeter. Across the board, it is believed that the use of the developed platform can increase expectations of students in studies involving thermodynamics.*

Keywords: *Thermodynamics. Thermal capacity. Specific heat. Problem-based learning. STEAM.*