



CONSTRUÇÃO DE CALORÍMETROS CASEIROS EM AMBIENTE AVA: RELATO DOS ALUNOS SOBRE ESSA EXPERIÊNCIA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3858

Eliane F Chinaglia - echinaglia@fei.edu.br
Centro Universitário FEI

Leonardo Santos de Andrade Quirino - quirino717@gmail.com
Centro Universitário FEI

Luis Filipe Nocentini rotti - rottalipe@gmail.com
Centro Universitário FEI

Murilo Paiva Pereira - uniemupereira@fei.edu.br
Centro Universitário FEI

Pietra Cardoso Paes Gonçalves - pietracpg@gmail.com
Centro Universitário FEI

Thomas Hirata Pschera - unietpschera@fei.edu.br
Centro Universitário FEI

Vinícius Meira Purcinelli - vmpurcinelli@gmail.com
Centro Universitário FEI

Jessica Fleury Curado - jcurado@fei.edu.br
Centro Universitário FEI

Sueli Hatsumi Masunaga - sueli.masunaga@gmail.com
Centro Universitário FEI

Resumo: As atividades de laboratório no ensino remoto, devido às restrições impostas pela pandemia da COVID-19, foram realizadas pelos alunos com experimentos de baixo custo, em suas casas. Neste trabalho, apresentamos o relato dos estudantes sobre a experiência de desenvolver uma atividade investigativa no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), envolvendo a construção de um calorímetro. Além disso, mostramos os resultados experimentais e análise apresentados por dois grupos de estudantes. Apesar das dificuldades iniciais de realizar uma atividade sem roteiro no ambiente AVA, os alunos





relataram que desenvolveram a autonomia nos estudos, a capacidade de experimentação, o trabalho em equipe e a comunicação devido ao engajamento com a atividade e a postura ativa que tiveram que adotar no processo. Portanto, os experimentos caseiros de baixo custo também são relevantes no ensino superior por promoverem o protagonismo e o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais.

Palavras-chave: *física experimental, calorímetro caseiro, atividade investigativa, termodinâmica*



CONSTRUÇÃO DE CALORÍMETROS CASEIROS EM AMBIENTE AVA: RELATO DOS ALUNOS SOBRE ESSA EXPERIÊNCIA

1 INTRODUÇÃO

Com a implantação das novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (MEC, 2019) na instituição de ensino superior (IES), as disciplinas de base dos cursos de engenharia, como a Física, também passaram a adotar metodologias ativas para desenvolver no aluno as competências requeridas na sua atuação profissional futura. Isso implica a valorização das atividades que estimulem o protagonismo, o trabalho em equipe e o desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais, que cultivem a criatividade e que explorem a interdisciplinaridade.

As metodologias ativas e centradas no aluno promovem o protagonismo do estudante, que passa a ser responsável pela sua própria aprendizagem e a desenvolver pensamento crítico e o raciocínio, corroborando para uma verdadeira produção de conhecimento (MARQUES, 2021). Nesse sentido, as atividades experimentais aplicadas nas disciplinas de Física podem desempenhar um papel importante nesse processo, quando estruturadas como atividades de investigação aberta. Nessa condição, o estudante deve planejar todas as etapas do experimento: a escolha dos materiais e equipamentos, o arranjo experimental, os procedimentos para aquisição e análise de dados, interpretação dos resultados e levantamento das conclusões.

Diversas habilidades são desenvolvidas no empreendimento de uma atividade investigativa, como o planejamento, trabalho em grupo, comunicação, aptidão para uso de novas tecnologias, análise, modelagem e compreensão de fenômenos físicos e atuação de forma colaborativa. As ações exigidas na execução de um experimento aberto são propícias para o desenvolvimento da responsabilidade do estudante por sua aprendizagem, da maturidade cognitiva, criatividade, reflexão e pensamento crítico (BORGES, 2002).

A disciplina de Física 2, presente em ciclos básicos de Cursos de Engenharia, apresenta tipicamente em sua ementa temas sobre termodinâmica básica, na qual podemos destacar o tópico Calorimetria. Este é um importante assunto, onde são abordados os principais elementos da termodinâmica, temperatura e calor, seja nos aspectos teóricos ou experimentais, visto a possibilidade de elaborar experimentos simplificados sobre o tema. Neste trabalho, relatamos a aplicação de uma atividade investigativa na disciplina de Física 2 no ambiente híbrido de aprendizagem, em que parte das aulas ocorriam no ambiente virtual de aprendizagem (AVA), devido à pandemia da COVID-19, e aulas presenciais não obrigatórias.

O tema explorado foi a Calorimetria e o desenvolvimento foi realizado em equipes, compostos normalmente por três alunos em cada grupo. Para avaliar as competências desenvolvidas com o experimento do calorímetro, dois grupos de estudantes foram convidados a relatar suas experiências no ambiente remoto e presencial. Esses grupos se destacaram em relação ao projeto de construção, materiais escolhidos e o envolvimento de cada grupo durante a execução do projeto. Os resultados da atividade obtidos pelos seis estudantes, que colaboram com esse trabalho, também são apresentados como base para a discussão do desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais.

2 PROPOSTA DA CONSTRUÇÃO DE UM CALORÍMETRO EM AVA

2.1 Objetivos da proposta – a visão do professor

Antes do período de isolamento social, devido à pandemia COVID-19, o estudo laboratorial sobre calorimetria era realizado com equipamentos padronizados fornecidos pela IES, tendo como objetivo a verificação da troca de calor entre os corpos e a determinação do calor específico de materiais metálicos conhecidos. Com o início da pandemia, todos os cursos, incluindo os laboratórios de física, migraram para o ambiente AVA. Esta nova situação permitiu a exploração e o desenvolvimento da cultura *maker* (HAVERSON; SHERIDAN, 2014) na casa dos estudantes. Na cultura *maker* o estudante cria o seu próprio arranjo para a realização de experimentos. Ao projetar, construir, coletar e analisar os dados, o aluno se encontra totalmente inserido no processo laboratorial, permitindo um maior engajamento assim como o encorajamento para discussões mais aprofundadas sobre o tema.

O estudo da calorimetria com a construção de calorímetros caseiros é um caso de sucesso desta realidade didática do ensino remoto. A construção de um calorímetro caseiro pode ser feita de maneira simples utilizando materiais acessíveis e de baixo custo, sendo necessários materiais com alguma resistência ao calor, recipientes, água e alguma fonte de calor ou refrigeração, recursos facilmente encontrados no ambiente doméstico.

No curso, os alunos foram desafiados a construir um calorímetro para posterior aferição do calor específico de alguns materiais disponíveis no ambiente doméstico. A construção foi proposta sem um roteiro pré-definido com o objetivo de desenvolver a autonomia dos alunos na idealização do protótipo do calorímetro, dos procedimentos experimentais, aquisição e análise de dados. Como consequência do projeto, os alunos mediram a capacidade térmica do calorímetro projetado e mediram o calor específico de alguns materiais.

A parte experimental do estudo foi realizada fora do horário da aula, tornando as aulas semanais síncronas, momentos de discussão do projeto, do procedimento experimental, dos resultados e orientação dos professores. Após três aulas síncronas, os alunos apresentaram oralmente o projeto, o procedimento e os resultados obtidos.

2.2 A execução da proposta – a visão dos alunos

Os estudantes, coautores desse trabalho, relataram que um experimento sem roteiro gerou a necessidade de maior dedicação aos estudos e, consequentemente, melhor compreensão sobre os conceitos de calorimetria e propriedades térmicas dos materiais. Eles relataram ainda que esse processo foi gerado pela própria motivação da equipe, em oposição a mera obrigação de finalizar um trabalho. Como a parte experimental foi realizada fora do horário da aula, as aulas se tornaram momentos de discussão e orientação, que foi percebido como pontos positivos pelos alunos, por poderem expor as dificuldades com as primeiras medidas ou discutir os resultados junto com os professores.

Apesar do maior grau de complexidade em atividades sem roteiros, os estudantes relataram que se sentiram mais engajados com o experimento pois viram a oportunidade de testar diferentes procedimentos e avaliar o melhor método para o processo. Além disso, a percepção foi de um experimento mais interessante, devido ao aprofundamento alcançado sobre o tópico ao realizar a atividade. Tanto no AVA quanto no presencial, os alunos perceberam a importância da orientação dos professores e que a aproximação entre alunos e professores, ocasionada com a discussão do experimento, foi importante no processo de aprendizagem.



Mesmo com as dificuldades iniciais sentidas pelos estudantes no ambiente AVA na realização de um experimento prático em grupo, eles relatam que desenvolveram a autonomia nos estudos, a capacidade de experimentação, o trabalho em equipe e a comunicação. Quando os grupos se reuniram presencialmente para continuar os estudos com o calorímetro, relataram que, com a discussão feita pessoalmente em equipe para as soluções experimentais, sentiram mais autonomia, ou seja, menos dependentes dos professores. Além disso, a reunião presencial dos membros do grupo gerou novas ideias, discussões e questionamentos sobre tópicos que não estavam no escopo do projeto, levando à reflexão sobre a relação entre teoria e experimento. Isso mostra a importância do trabalho presencial para solução de alguns problemas, principalmente, experimentais.

3 CONCEITOS TEÓRICOS ENVOLVIDOS

No curso de Física 2, os conceitos básicos sobre termodinâmicas são discutidos na aula de teoria com a realização de exercícios, mas é na aula de laboratório que a discussão dos conceitos é aplicada na prática através dos experimentos realizados. A execução do experimento proposto sobre calorimetria consiste na troca de calor entre corpos até ser atingido o equilíbrio térmico, ou seja, quando a temperatura dos diferentes corpos se torna a mesma. Este conceito é apresentado na Lei Zero da Termodinâmica (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016), que afirma que em um sistema termicamente isolado, a soma de todos os calores trocados deve ser nula

$$\Sigma Q_{\text{trocado}} = 0 \quad (1)$$

A troca de calor entre corpos pode acarretar diferentes fenômenos, seja a mudança do estado da matéria ou a simples alteração da temperatura. No experimento de calorimetria padrão são utilizadas massas de água em diferentes temperaturas e objetos sólidos, porém todos permanecem no mesmo estado da matéria, somente variando suas temperaturas ao longo do experimento. Dessa maneira o calor deve ser tratado como calor sensível, que pode ser determinado através da relação:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T, \quad (2)$$

onde m é a massa do corpo e c é o calor específico da substância, que é uma característica intrínseca de cada material em determinado estado da matéria.

A troca de calor entre os corpos também envolve o calorímetro utilizado, uma vez que o sistema não é ideal. Um calorímetro ideal é um equipamento composto de material isolante e que não interfere na troca de calor entre as substâncias que estão em seu interior. Como o sistema não é ideal, necessariamente há troca de calor com o calorímetro, fazendo com que sua temperatura também se altere, e com o meio externo com o passar do tempo. A equação do calor sensível para o calorímetro também é válida, porém o equipamento é composto por diferentes partes com diferentes materiais. Neste caso, devemos aplicar o conceito de capacidade térmica (C), na qual não é necessário discriminar o material utilizado:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = C \cdot \Delta T \quad (3)$$

A capacidade térmica está diretamente associada a cada sistema termodinâmico assumindo valores diferentes a cada montagem experimental. Quanto maior o valor da





capacidade térmica, maior é a necessidade de transferência de calor para que o equipamento altere sua temperatura. Ao montar um calorímetro é necessário caracterizá-lo, ou seja, determinar o valor de sua capacidade térmica, para que o equipamento possa ser utilizado em outros experimentos. Essa caracterização pode ser realizada de maneira simples com a aplicação da Lei Zero da Termodinâmica conforme apresentado nas equações abaixo:

$$Q_{\text{corpo frio}} + Q_{\text{corpo quente}} + Q_{\text{calorímetro}} = 0, \quad (4)$$

$$m_{\text{c.frio}} \cdot c_{\text{c.frio}} \cdot \Delta T + m_{\text{c.quente}} \cdot c_{\text{c.quente}} \cdot \Delta T + C \cdot \Delta T = 0. \quad (5)$$

4 METODOLOGIA E DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL

Na primeira aula desse tópico, o projeto de construção de um calorímetro foi apresentado pelos professores aos alunos de maneira ampla e sem um roteiro pré-definido, destacando os objetivos gerais e específicos, permitindo maior liberdade e autonomia dos estudantes. Para uma boa execução, o projeto foi dividido em duas partes. A primeira parte foi a construção de um calorímetro e sua caracterização, através da determinação da capacidade térmica, essencial para a aplicação na etapa posterior. Além disso, foi avaliada a taxa de troca de calor do calorímetro com o meio ambiente. A segunda parte do projeto foi a determinação do calor específico de diferentes substâncias, utilizando o calorímetro caracterizado.

4.1 Metodologia apresentada pelos estudantes

Cada grupo formado por três estudantes desenvolveu sua própria metodologia experimental para a construção, caracterização e aquisição dos dados. Cada grupo também escolheu a amostra, disponível em suas casas ou nas aulas presenciais, para a determinação do calor específico. A maioria optou pela utilização de substâncias líquidas pela facilidade de aquecer ou resfriar no ambiente doméstico, como soluções de água com açúcar ou sal, leite, shampoo, etc. Em aulas presenciais, foram utilizados materiais metálicos homogêneos com calor específico conhecido para a validação do experimento, tais como o cobre (386 J/kg·K) e o alumínio (900 J/kg·K).

Como ilustração, neste trabalho são apresentadas as metodologias aplicadas por dois grupos, denominados Grupo A e B, os quais determinaram o calor específico de uma amostra de cobre e outra de alumínio.

Montagem e descrição experimental do Grupo A

O calorímetro apresentado pelo Grupo A foi montado a partir da construção de uma caixa de madeira, revestida por espuma elastomérica, seguida de papel alumínio em seu interior. Também foi utilizado um recipiente plástico para a contenção dos líquidos utilizado no experimento, conforme apresentado na Figura 1. Para a medida das temperaturas envolvidas nos processos foi utilizado um termômetro digital do tipo espeto. Inicialmente, foram realizados testes para a avaliação da troca de calor entre massas de água quentes e frias com o dispositivo e, como consequência, a avaliação da temperatura de equilíbrio do sistema.



Figura 1 – Montagem do calorímetro realizado pelo Grupo A. É possível observar a estrutura interna para a contenção dos líquidos utilizados, assim como a tampa também revestida de espuma



Fonte: Autores

Para a determinação da capacidade térmica do equipamento foram realizadas cinco medidas. Na primeira tentativa foi utilizada somente a troca de calor entre o calorímetro e uma massa de água quente. Este procedimento foi descartado devido à dificuldade de se estabelecer uma temperatura de equilíbrio para o sistema. Foi adotado um segundo procedimento que consistiu em, inicialmente, colocar no calorímetro uma massa de água fria e determinar a temperatura de equilíbrio do sistema com a uso do termômetro. Em seguida, foi adicionado uma massa de água quente e realizadas medidas de temperatura do sistema a cada 30 segundos. Ao notar uma variação menor da temperatura, cerca de 15 minutos após o início, a medida da temperatura passou a ser registrada a cada 60 segundos.

Através da análise do gráfico de temperatura em função do tempo, foi estabelecida a temperatura de equilíbrio do sistema e, a partir desta, foi calculada a capacidade térmica do dispositivo. As quatro diferentes medidas foram realizadas com diferentes massas de água quente e fria, permitindo avaliar a influência destes parâmetros na temperatura de equilíbrio, assim como na reprodutibilidade no cálculo da capacidade térmica. A partir desta caracterização foi possível determinar o calor específico de dois materiais metálicos (cobre e alumínio) de maneira experimental. O procedimento utilizado foi semelhante à etapa anterior, substituindo a massa de água quente pela amostra metálica previamente aquecida.

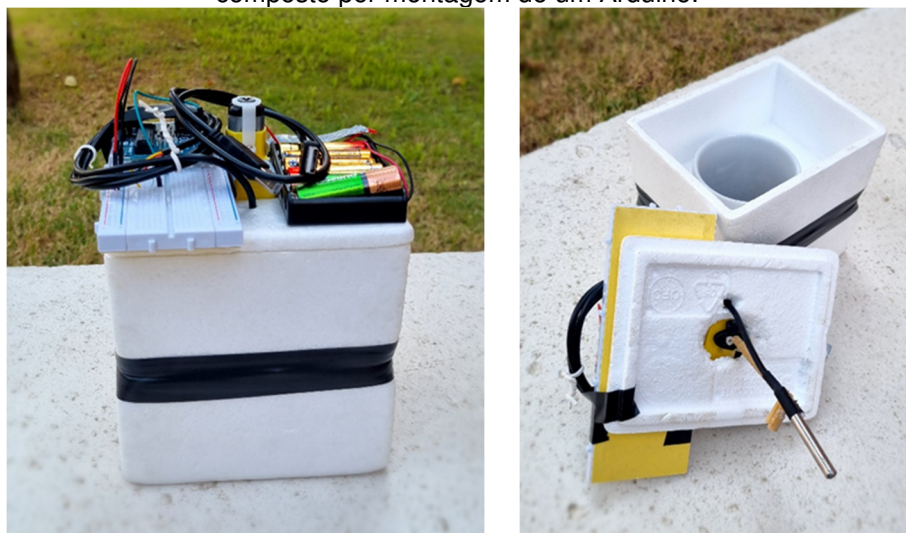
Para evitar problemas devido ao contato do metal quente com o fundo do recipiente, foi confeccionado também uma chapa de madeirite como um material de sacrifício. Contudo, a massa e volume de tal corpo era desprezível dentro do experimento e, portanto, não foi considerado. Um dos cuidados experimentais tomados foi a rápida colocação do objeto metálico dentro do calorímetro para minimizar a troca de calor com o ambiente. As medidas da temperatura foram realizadas a cada 30 segundos. Foram realizados dois conjuntos de medidas para cada material metálico e, para o cálculo do calor específico, foi usado novamente o princípio fundamental da calorimetria.

Montagem e descrição experimental do Grupo B

Inicialmente, para a construção do calorímetro, foi realizado um estudo sobre os possíveis materiais a serem utilizados na confecção do equipamento, levando em consideração as respectivas condutividades térmicas. Um dos materiais escolhidos é a cerâmica, pois possui em sua estrutura ligações iônicas, dificultando a transferência de calor. O calorímetro apresentado pelo Grupo B é formado externamente por uma caixa de isopor revestida por manta térmica. Em seu interior foi inserida uma xícara cerâmica para a contenção dos materiais líquidos utilizados.

Ao se sentirem desafiados com o projeto, o grupo decidiu ir além de uma simples "garrafa térmica". Assim, o equipamento desenvolvido conta também com um sistema de aquisição de temperatura formado por um sensor de temperatura atrelado a uma placa Arduino, que registra a temperatura a cada 3 segundos. Além disso, como na realização do experimento é prevista a utilização de massas de água em diferentes temperaturas, foi acoplado um dispositivo composto por um servo motor ligado a uma haste para a homogeneização do sistema durante a execução do experimento. O calorímetro desenvolvido é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Montagem do calorímetro realizado pelo Grupo B. É possível observar a parte interna, assim como o sistema para obtenção da temperatura composto por montagem de um Arduino.



Fonte: Autores

Para a determinação da capacidade térmica do calorímetro foram realizadas duas medidas. Inicialmente foi adicionada uma massa de água em temperatura ambiente e esperou-se o equilíbrio térmico do sistema. Em seguida, foi acrescentada uma massa de água aquecida e acionado o servo motor para a homogeneização dos líquidos. Após a aquisição dos dados e a análise do gráfico da temperatura em função do tempo foi possível estimar a temperatura de equilíbrio do sistema e, com este resultado, determinar a capacidade térmica do sistema, assumindo que o sistema é termicamente isolado do meio externo.

Após a determinação da capacidade térmica do equipamento foram realizados os experimentos para a determinação do calor específico dos materiais sugeridos (cobre e alumínio). Inicialmente deixou-se o calorímetro com uma determinada massa de água até atingirem o equilíbrio térmico em temperatura ambiente, sendo em seguida adicionado o material metálico devidamente aquecido. A temperatura foi medida pelo sensor a cada 3



segundos, durante aproximadamente 9000 s (2,5 h). Foi realizada uma medida para cada material metálico e através da aplicação da Lei Zero da termodinâmica foi determinado o calor específico experimental para os materiais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cada aula síncrona os alunos apresentavam seus procedimentos experimentais e resultados aos professores. Isso permitiu que o tempo de aula fosse utilizado para discussões conceituais, sobre as dúvidas referentes à aquisição e análise dos dados. Após a discussão, os alunos tinham total liberdade de prosseguir ou refazer alguma medida que considerassem necessária. Esse procedimento estimulou os alunos a aprimorar os procedimentos, a ajustar o projeto e a obter novos dados, sem medo e sem pressão, muitas vezes, somente por curiosidade científica. A seguir, apresentamos os resultados obtidos pelos Grupos A e B.

5.1 Medidas de Capacidade térmica e calor específico

Após a construção dos calorímetros, ambos os grupos determinaram a capacidade térmica dos seus equipamentos várias vezes, através das massas de água e das temperaturas envolvidas, listadas no Quadro 1. Esses resultados foram obtidos conhecendo calor específico para a água no estado líquido de $4187 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ e utilizando a Equação (5).

Quadro 1 - Valores de massa de água, temperatura e capacidade térmica obtidos pelos Grupo A e Grupo B

Grupo	Medida	Massa de água fria (kg)	Massa de água quente (kg)	Temperatura inicial do Calorímetro (K)	Temperatura da água quente (K)	Capacidade Térmica (J/K)
A	1	-	0,149	301,60	353,10	93,45
A	2	0,066	0,078	300,25	345,65	142,14
A	3	0,080	0,070	298,15	347,50	135,53
A	4	0,067	0,071	299,05	345,95	151,73
A	5	0,070	0,070	298,25	353,15	148,55
B	1	0,125	0,125	301,84	355,15	226,73
B	2	0,125	0,125	298,15	353,15	231,51

Fonte: Autores

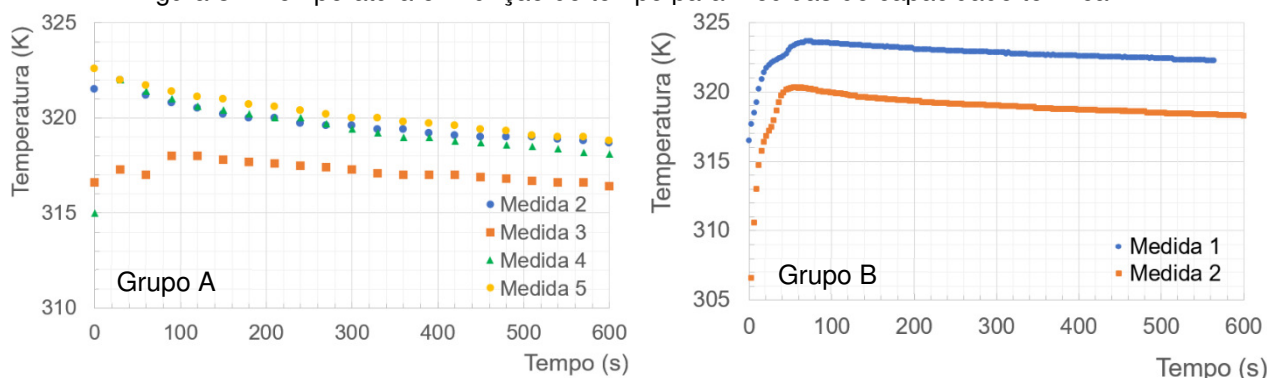
O processo para a determinação da capacidade térmica dos calorímetros mostrou-se reprodutível para ambos os grupos. Para o Grupo A, o valor médio da capacidade térmica foi de $144(5) \text{ J/K}$ e, para o Grupo B, de $229(2) \text{ J/K}$. Ambos os grupos observaram a perda de calor dos sistemas para o meio externo conforme apresentado na Figura 3. Os gráficos apresentam a variação da temperatura no intervalo de 600 segundos. Conforme o esperado, o calorímetro do Grupo B perde menos calor em função do tempo devido à sua maior capacidade térmica e melhor isolamento.

Após a caracterização do equipamento, foram realizadas medidas para a determinação do calor específico de dois materiais metálicos sugeridos: cobre (Cu) e alumínio (Al). Ambos os grupos realizaram procedimentos semelhantes no qual os objetos metálicos foram aquecidos através da imersão em água quente. Para a realização dos cálculos, foi aplicada a Lei Zero da Termodinâmica apresentada na Equação (5). Os valores utilizados nos experimentos estão apresentados no Quadro 2.



Através dos experimentos, o Grupo A determinou o valor do calor específico médio para o cobre como sendo 365(3) J/kg·K, valor obtido com uma diferença percentual de 6% quando comparado ao valor fornecido pela literatura. Para a amostra de alumínio foi obtido o valor do calor específico médio de 1130(30) J/kg·K obtendo um erro percentual de 26% quando comparado ao valor fornecido pela literatura. Por sua vez, o Grupo B determinou em uma única medida o valor do calor específico para o cobre como sendo 436(-) J/kg·K, valor obtido com uma diferença percentual de 12% quando comparado ao valor fornecido pela literatura e o valor de 921(-) J/kg·K para o alumínio com uma diferença percentual de 2% comparado ao valor conhecido.

Figura 3 – Temperatura em função do tempo para medidas de capacidade térmica.



Fonte: Autores

Quadro 2 - Valores de massa de água, temperatura e calor específico obtidos pelos Grupo A e Grupo B

Grupo	Material	Medida	Massa de água fria (kg)	Massa do objeto (kg)	Temperatura inicial do Calorímetro (K)	Temperatura do objeto (K)	Temperatura de equilíbrio (K)	Calor específico (J/kg·K)
A	Cu	1	0,125	0,072	299,6	352,0	301,6	368
A	Cu	2	0,133	0,072	297,9	354,0	300,2	360
A	Al	1	0,105	0,036	298,3	352,5	301,7	1089
A	Al	2	0,099	0,036	298,2	353,0	302,0	1172
B	Cu	1	0,250	0,098	298,34	347,15	299,90	436
B	Al	1	0,250	0,019	300,27	347,15	300,90	921

Fonte: Autores

5.2 Possíveis fontes de incerteza e discussão nas aulas síncronas

Experimentos com o uso de calorímetros são considerados simples e de fácil compreensão, porém sua execução deve ser realizada com cuidado e segurança, pois podem estar susceptíveis a várias fontes de incertezas associadas. A maneira como essas fontes de incertezas afetam o experimento trouxeram à aula síncrona uma rica discussão sobre os cuidados experimentais. Os alunos perceberam claramente o fato de o calorímetro caseiro não ser um equipamento isolado, permitindo trocas de calor entre os corpos presentes no interior com o meio externo. Essa troca de calor com o meio externo também pode ocorrer de modo direto durante a transferência do corpo quente para dentro do equipamento, perdendo calor durante o processo.





Um ponto crítico para a análise de calorimetria e no qual os alunos encontraram dificuldade foi a obtenção da temperatura de equilíbrio do sistema, uma vez que a temperatura do sistema varia constantemente devido à perda de calor para o meio. A perda de calor foi mais visível em dispositivos com menor capacidade térmica, fato que os estudantes compreenderam ao comparar os gráficos da temperatura do sistema em função do tempo, obtidos para diferentes equipamentos.

Outras fontes de incerteza não foram diretamente observadas pelos alunos, mas são importantes de serem apontadas, como por exemplo o uso de materiais de sacrifício, sendo estes não considerados na determinação do calor específico dos metais. Outro fator importante é o fato de a capacidade térmica envolver uma massa de ar que não é considerada nos cálculos simplificados. Caso esse volume de ar seja alterado de maneira significativa, também poderá ser considerada uma fonte de incerteza.

6 DEPOIMENTO DOS ESTUDANTES

Após a conclusão do projeto e discussão em sala sobre o experimento de calorimetria foi solicitado aos alunos um texto informal sobre as experiências vividas durante a atividade investigativa desenvolvida na disciplina de Física 2. As partes dos relatos feitos pelos estudantes coautores deste trabalho são apresentados abaixo. No entanto, elas refletem uma opinião geral dos estudantes da disciplina sobre a execução deste projeto.

"Com a realização do experimento, pude notar uma autonomia e eficiência sobre meus conhecimentos diante a calorimetria. Além disso, por ter sido um processo realizado sem roteiros, o incentivo de ir atrás das informações e conhecimentos partiu diretamente de mim e dos integrantes do grupo, tornando o experimento algo mais interessante ... toda semana os alunos se reuniam com as professoras, à fim de pautarmos dúvidas para clarear e continuarmos a realização das medidas ... isso foi uma parte essencial do projeto, porque me incentivava a ir falar diretamente com a professora sobre tal assunto que estava martelando minha cabeça e me impedindo de continuar com as análises com 100% certeza do que eu havia realizado."

"Ao passar por todas as etapas do processo, senti o quão difícil é realizar experimentos por conta própria. Não só pelo fato de não haver um norte para seguir, ter essa autonomia gera uma necessidade de estudo muito maior, uma vez que a análise dos resultados deve ser feita por você, com base no seu conhecimento que foi adquirido durante o curso. Contudo, por maior que fosse a complexidade do processo, isso tornou tudo mais interessante, justamente pelo fato de que eu não estava preso a um roteiro, poderia escolher o caminho que quisesse e errar o quanto fosse necessário até entender que determinado método é melhor."

"Quando nos foi introduzida a ideia do experimento, admito que fiquei com um certo receio de como iríamos nos sair, até porque estávamos no segundo semestre do curso e ainda não tínhamos feito de fato nada com nossas próprias mãos, isso devido ao sistema AVA que nos permitia estudar apenas de forma remota no período da pandemia. Contudo, com o início do nosso primeiro projeto, já saímos da nossa zona de conforto ao iniciarmos a discussão sobre o modo de construção do calorímetro e meus colegas sugerirem que ao invés de montarmos um de uma maneira mais básica, que poderíamos automatiza-lo e





obter uma espécie de calorímetro tecnológico....Por fim, perto da entrega do calorímetro, posso dizer que ficamos extremamente orgulhosos, conseguimos colocar nossos conhecimentos em prática de forma praticamente autônoma e os resultados foram muito bons e quase isentos de erros."

"...Nosso calorímetro estava pronto. Com o calorímetro pronto começamos às nossas medidas, e no começo elas não deram muito certo, então durante a aula sempre recorriamos a professora para que ela nos ajudasse. E essa foi uma parte boa de trabalhar em grupo, pois nem sempre eu conseguia entender o que fazer, mas quando isso acontecia meus colegas sempre estavam ali para me ajudar a entender.... No geral foi uma experiência realmente incrível, mesmo não tendo contato com o calorímetro durante o projeto foi como se ele estivesse com todos nós durante as aulas, e isso graças a conexão que o nosso grupo teve do início do trabalho até o fim. A experiência acabou por ficar melhor quando fomos convidados, por nossa professora, para desenvolver um artigo sobre nosso calorímetro."

"Algumas considerações que eu tenho para fazer sobre o trabalho é que foi incrível e desafiador ao mesmo tempo, pois como estávamos no EAD e não tínhamos um roteiro, tivemos que ser 100% protagonistas do nosso próprio conhecimento. Quanto à minha equipe, sou muito grato a ela e o fato de sermos entrosados facilitou o processo de entender minuciosamente a matéria que envolvia o nosso projeto. Sem dúvidas, nós termos colocado a mão na massa ao invés de apenas ficar assistindo vídeo-aulas de experimentos, fez com que aprendêssemos de fato o conteúdo passado e por isso, o trabalho exigiu de nós uma autonomia fora do comum. Resumindo, fez com que eu desenvolvesse tanto hard (confeção), quanto soft skills (nas relações)..."

"...Sem um roteiro para nos auxiliar, tornou a experiência mais complicada no começo, porém quando nós conseguimos entender os resultados e avaliá-los com uma visão, não de aluno, mas sim de pesquisadores, o experimento se tornou muito mais divertido e imersivo. O experimento ter sido feito em grupo, nos tornou muito mais ativo e nos ensinou a trabalharmos em grupo, discutir a melhor forma de fazer as medidas e os resultados, com opiniões e visões divergentes consegui aprender e entender vários pontos de vista diferentes. Gostei muito de ter feito esse experimento sem roteiro, os professores foram muito simpáticos e respeitosos com a gente, ajudavam em qualquer horário e lugar, eu lembro de parar a professora inúmeras vezes pelo campus para fazer perguntas e ela sempre com um sorriso no rosto feliz em respondê-las, me diverti e repetiria essa nova experiência que tive."

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tradicionalmente, o estudo de calorimetria em cursos de física é realizado com dispositivos comerciais, pensando principalmente na compreensão conceitual da troca de calor entre os materiais e consequente análise dos dados. A proposta de construção de um calorímetro permite expandir o objetivo do experimento que passa a ser não somente a aquisição e análise de dados, mas também a concepção e construção do dispositivo considerando as condições necessárias para a realização de um experimento adequado.

A proposta de um experimento aberto traz, inicialmente, um incômodo aos alunos que terão que desenvolver uma metodologia, sendo necessária a quebra de uma barreira pedagógica: sair de uma atitude passiva e ter uma atitude ativa como estudante. No





momento em que o estudante se permite transpor essa barreira, ele percebe o ganho em seu conhecimento, uma vez que se torna protagonista de seu aprendizado. Este processo também permite discussões e detalhamentos mais profundos, enriquecendo os momentos de aula.

Fica evidente no relato dos alunos que o fato de se sentirem desafiados fez com que procurassem as soluções e confiassem mais em si mesmos, mesmo em um ambiente inicialmente virtual e depois híbrido. Adicionalmente, a autonomia em busca de soluções fez com que se aproximassem dos seus professores, tirando dúvidas e discutindo os procedimentos e resultados. Dessa forma, os professores tiveram mais um papel de orientadores do que de meramente transmissores de conteúdo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da IES e a toda equipe de professores da disciplina de Física 2 pelas sugestões no desenvolvimento das atividades.

REFERÊNCIAS

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HALVERSON, Erica Rosenfeld; SHERIDAN, Kimberly. The maker movement in education. **Harvard educational review**, v. 84, n. 4, p. 495-504, 2014.

MARQUES, Humberto Rodrigues et al. Inovação no ensino: uma revisão sistemática das metodologias ativas de ensino-aprendizagem. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 26, p. 718-741, 2021.

MEC. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**, Brasília, 23 jan. 2019. Disponível em:
http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=109871-pces001-19-1&category_slug=marco-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 11 set. 2020.

CONSTRUCTION OF A HOMEMADE CALORIMETER IN A VIRTUAL TEACHING ENVIRONMENT: STUDENT'S REPORT ON THIS EXPERIENCE.

Abstract: *Due to the restrictions imposed by the COVID-19 pandemic, laboratory activities in remote teaching were conducted by students with low-cost experiments, in their homes. In this work, we present the students' report on the experience of developing an investigative activity in the Virtual Learning Environment (VLE), involving the construction of a calorimeter. In addition, we show the experimental results and analysis presented by two groups of students. Despite the initial difficulties of carrying out an open-ended activity in the VLE environment, students reported that they developed autonomy in studies, the ability*





to experiment, teamwork and communication due to the engagement in the activity and the active posture they had to adopt in the process. Therefore, low-cost home experiments are also relevant in higher education as they promote protagonism and the development of cognitive and socio-emotional skills.

Keywords: experimental physics, homemade calorimeter, investigative activity, thermodynamics

