



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**Mauricio De Almeida Cezario Junior**

**Sequência de ensino por investigação para o  
estudo de calorimetria com a construção de  
calorímetros artesanais**

Juiz de Fora

2024

**Maurício De Almeida Cezario Junior**

# **Sequência de ensino por investigação para o estudo de calorimetria com a construção de calorímetros artesanais**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Dr. Alysson Miranda de Freitas  
Coorientador: Dr. Bruno Gonçalves

Juiz de Fora  
2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Junior, Maurício de Almeida Cezario.

Sequência de ensino por investigação para o estudo de calorimetria com a construção de calorímetros artesanais / Maurício de Almeida Cezario Junior. -- 2024.

126 p. : il.

Orientador: Alysson Miranda de Freitas

Coorientador: Bruno Gonçalves

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2024.

1. Ensino de Física. 2. Calorimetria. 3. Ensino por investigação. 4. Arduino. I. Freitas, Alysson Miranda de, orient. II. Gonçalves, Bruno, coorient. III. Título.

**Maurício de Almeida Cezario Junior**

**SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO PARA O ESTUDO DE CALORIMETRIA  
COM A CONSTRUÇÃO DE CALORÍMETROS ARTESANAIS**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Aprovada em 15 de março de 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Alysson Miranda de Freitas** - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Prof. Dr. Bruno Gonçalves** - Coorientador

Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais

**Prof. Dr. Dante Donizeti Pereira**

Instituto Federal de Minas Gerais

**Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes**

Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora, 07/04/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Alysson Miranda de Freitas, Professor(a)**, em 08/04/2024, às 18:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Henrique Dias Menezes, Professor(a)**, em 08/04/2024, às 20:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Dante Donizeti Pereira, Usuário Externo**, em 09/04/2024, às 16:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Gonçalves, Usuário Externo**, em 09/04/2024, às 17:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Uffj ([www2.ufff.br/SEI](http://www2.ufff.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1774022** e o código CRC **22874C0F**.

---

Dedicatória: Dedico este trabalho de mestrado a todos aqueles que me apoiaram e incentivaram ao longo desta jornada acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me dar mais uma benção que foi a elaboração deste trabalho, que irá contribuir no processo de ensino dos alunos e permitindo que futuros professores possam aplicar a proposta com seus alunos.

Agradeço a todas as pessoas especiais que estiveram presentes em minha trajetória acadêmica. Vocês foram a força motriz por trás da minha jornada e sou imensamente grato por cada momento compartilhado. Como a minha família, minha esposa e meu filho que tiveram de se ausentar de vários momentos para a dedicação do meu trabalho.

Aos meus pais, que sempre acreditaram em meu potencial e me incentivaram a buscar conhecimento, dedico esse trabalho com amor e gratidão. Seu apoio incondicional e constante encorajamento foram fundamentais para superar os desafios ao longo do caminho.

Aos meus orientadores, sou imensamente grato pela orientação sábia, paciência e dedicação em me auxiliar no desenvolvimento deste trabalho. Suas contribuições valiosas e expertise foram essenciais para o meu crescimento como pesquisador.

Aos amigos que estiveram ao meu lado, oferecendo apoio moral, compreensão e momentos de descontração, agradeço de coração. Vocês foram minha rede de apoio, fortalecendo-me durante os momentos desafiadores e compartilhando alegrias ao longo dessa jornada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

Por fim, dedico este trabalho a todos aqueles que acreditaram em mim, mesmo nos momentos em que duvidei de mim mesmo. Seu encorajamento constante e confiança depositada em mim foram pilares fundamentais para minha persistência e sucesso.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi ensinar os processos de transmissão de calor através da construção de um calorímetro artesanal e explorar sua capacidade térmica. Ele foi fundamentado nos referenciais teóricos do Ensino por Investigação e do Laboratório Aberto, com o intuito de promover a aprendizagem por meio de um ensino investigativo. Foi destacada a tendência da física em geral de desconsiderar os sistemas reais na maioria dos exemplos e exercícios de livros, tornando-os frequentemente sistemas ideais. O principal objetivo foi discutir os processos de troca de calor e demonstrar a existência dos sistemas reais e suas aproximações para a um sistema ideal, explorando estes conceitos por meio de atividades experimentais de baixo custo. O trabalho foi dividido em três partes. Na primeira atividade proposta, os alunos tiveram que criar uma garrafa para armazenar uma bebida quente e uma bebida gelada. Na segunda atividade, os alunos foram solicitados a determinar a capacidade térmica da garrafa térmica que eles mesmos criaram. Por último, ocorreu uma discussão entre os alunos sobre as estratégias, metodologias e validações de hipóteses em suas práticas. As atividades foram aplicadas no sistema híbrido de ensino, uma vez que o mundo estava enfrentando uma pandemia, a COVID19. A proposta de aplicação não fica restrita somente a esse sistema, podendo ser aplicada nos sistemas remoto e presencial. Observou-se o envolvimento dos alunos, mesmo daqueles que inicialmente não demonstravam interesse pela disciplina, pois participaram ativamente das atividades propostas na escola. A análise dos resultados revelou um impacto positivo na compreensão dos processos de transmissão de calor pelos alunos.

Palavras-chave: Ensino de Física, Calorimetria, Ensino por investigação, Arduino



## ABSTRACT

The aim of this work were to teach the heat transmission processes through the construction of a homemade calorimeter and explore its thermal capacity. It was based on theoretical references of the Open Laboratory and Teaching by Investigation, to promote learning through investigative teaching. The tendency of physics in general to disregard real systems in most textbook examples and exercises was highlighted, often making them ideal systems. The main objective was to study the process of transmission heat and to demonstrate the existence of real systems and their approximation to an ideal system, and exploring these concepts through low-cost experimental activities. The work was divided into three parts. In the first proposed activity, students had to create a bottle to store a hot and cold drinks. In the second activity, students were asked to determine the thermal capacity of the thermos bottle they created. Finally, a discussion took place among students about strategies, methodologies, and validation of hypotheses in their practices. The activities were applied in the hybrid teaching system, since the world was facing a pandemic, COVID-19. The application proposal is not restricted to this system alone and can be applied to remote and in-person systems. The involvement of students was observed, even those who initially did not show interest in the subject, as they actively participated in the activities proposed at school. Analysis of the results revealed a positive impact on students' understanding of heat transmission processes.

Keywords: Teaching Physics, Calorimetry, Teaching by investigation, Arduino

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Transferência de calor por radiação térmica. ....	18
Figura 2: Transferência de calor por convecção.....	19
Figura 3: Transferência de calor por condução. ....	20
Figura 4: Condução de calor em uma barra dividida por lâminas de espessura $x$ .....	20
Figura 5: Processos térmicos em uma garrafa térmica. ....	22
Figura 6: Representação esquemática de um calorímetro.....	23
Figura 7: Exemplo de pergunta para uma atividade investigativa.....	32
Figura 8: Classificação do grau de liberdade no ensino por investigação. ....	34
Figura 9: Níveis de investigação de Borges (2002).....	37
Figura 10: Figura utilizada como referência para os alunos na pergunta. ....	43
Figura 11: Perguntas e respostas realizadas durante a aula expositiva anotada pelo aluno G. ....	50
Figura 12: Segunda parte de perguntas e respostas durante a aula expositiva anotadas pelo aluno G. ....	51
Figura 13: Resposta da aluna A dada de forma presencial à primeira pergunta do questionário. ....	54
Figura 14: Prática montada em casa pela aluna A para a atividade proposta na aula. ....	54
Figura 15: Resposta da aluna B, dada de forma online à primeira pergunta do questionário. .	55
Figura 16: Prática elaborada pela aluna B.....	55
Figura 17: Resposta do aluno C dada de forma presencial à primeira pergunta do questionário. ....	56
Figura 18: Prática realizada pelo aluno C. ....	56
Figura 19: Resposta do aluno D para a primeira atividade 1 da atividade da SEI. ....	57
Figura 20: Resposta do aluno E parcialmente correta. ....	60
Figura 21: Classificação do aproveitamento dos alunos referente à primeira atividade da SEI, antes da apresentação do produto educacional. ....	61
Figura 22: Respostas do aluno C para a primeira atividade do segundo questionário. Parte 1. ....	68
Figura 23: Respostas do aluno C para a primeira atividade do segundo questionário. Parte 2. ....	69
Figura 24: Respostas do aluno C para a primeira atividade do segundo questionário. Parte 3. ....	70

Figura 25: Classificação do aproveitamento dos alunos referente à primeira atividade da SEI após a apresentação do produto educacional.....	71
Figura 26: Respostas do aluno G à segunda atividade do primeiro questionário.....	73
Figura 27: Resposta da aluna A para a segunda atividade da primeira atividade da SEI. ....	75
Figura 28: Aluna A mostrando como iria executar a sua prática. ....	76
Figura 29: Classificação do aproveitamento dos alunos referente a atividade 2 da 1ª atividade da SEI antes do vídeo do produto educacional.....	77
Figura 30: Resposta da segunda questão da segunda atividade da SEI do aluno H. ....	80
Figura 31: Imagem do procedimento do aluno H.....	80
Figura 32: Resposta da segunda questão da segunda atividade da SEI do aluno I.....	82
Figura 33: Trabalho do aluno I. Parte 1. ....	83
Figura 34: Trabalho do aluno I. Parte 2.....	83
Figura 35: Resposta dada anteriormente pelo aluno I na primeira atividade da SEI.....	85
Figura 36: Classificação do aproveitamento dos alunos referente a atividade 2 da 2ª atividade da SEI depois do vídeo do produto educacional.....	86
Figura 37: Análise das respostas entre os alunos para a atividade 2 da 2ª atividade da SEI. ..	90
Figura 38: Procedimento que ele adotou como exemplo. ....	91
Figura 39: Alunos que estavam presentes durante a aplicação do 1º questionário.....	93
Figura 40: Alunos respondendo o questionário durante o intervalo.....	94

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Cronograma de aplicação da sequência didática. ....	40
--	----

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
2. CALORIMETRIA.....	17
2.1. PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIAS DE CALOR.....	17
2.2. CALOR E EQUILÍBRIO TÉRMICO.....	22
2.3. SISTEMAS ADIABÁTICOS E NÃO ADIABÁTICOS .....	24
2.4. CAPACIDADE TÉRMICA E CALOR ESPECÍFICO .....	24
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	27
4. PRODUTO EDUCACIONAL E A SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO .....	39
4.1. OBJETIVO E MOTIVAÇÃO .....	39
4.2. DESCRIÇÃO DA PRIMEIRA ATIVIDADE DA SEI .....	41
4.3. DESCRIÇÃO DA SEGUNDA ATIVIDADE DA SEI .....	42
4.4. DESCRIÇÃO DA TERCEIRA ATIVIDADE DA SEI.....	43
5. APLICAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS .....	45
5.1. O CONTEXTO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....	45
5.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	47
5.3. PRÉ APLICAÇÃO .....	48
5.4. ATIVIDADE 1: CONSTRUÇÃO DO CALORÍMETRO .....	52
5.4.1 Atividade 1: Antes da apresentação do produto educacional .....	52
5.4.2 Atividade 1: Após a apresentação do produto educacional .....	62
5.5. ATIVIDADE 2: DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE TÉRMICA DO CALORÍMETRO ARTESANAL.....	72
5.5.1 Atividade 2: Aplicação antes da apresentação do produto educacional .....	72
5.5.2 Atividade 2: Aplicação depois da apresentação do produto educacional .....	78
5.6. ATIVIDADE 3: REFLEXÃO SOBRE AS PRÁTICAS .....	86
6. CONCLUSÃO .....	96
REFERÊNCIAS .....	98
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL .....	100

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino de física enfrenta atualmente problemas como a falta de professores especializados, a desvalorização da profissão docente e o desinteresse dos alunos. Essa carência de professores com formação específica em física é um problema recorrente que vem sendo herdado ao longo do tempo no sistema educacional. O desinteresse dos alunos por vezes ocorre devido à muitos considerarem a disciplina como um conteúdo difícil de ser compreendido e que retém os estudantes nas escolas, o que também pode ser causado pela forma narrativa como os conteúdos são tratados (Moreira, 2021).

Outro fator que contribui para a falta de interesse pela disciplina é a falta de relevância percebida pelos alunos em relação à forma como o conteúdo é abordado. Isso não se deve necessariamente à falta de qualificação ou habilidade dos professores, mas sim à herança deixada pelas escolas e universidades onde os professores foram formados. Essa herança resulta em um ensino mecânico e sistemático, que levam os alunos a memorizar fórmulas, páginas e exercícios que serão cobrados nas avaliações (Moreira, 2021).

Neste trabalho, apresentamos uma sequência de ensino investigativo para o tema da física térmica, que busca romper com os métodos tradicionais aplicados nas escolas. O objetivo do material é estabelecer uma conexão entre os conceitos a serem ensinados e as situações cotidianas vivenciadas pelos alunos. Dessa forma, pretendemos reduzir o impacto negativo causado pelo ensino de física da maneira tradicional. Propomos uma abordagem que aproxime os alunos do mundo real, uma vez que identificamos várias lacunas no ensino de física, não por culpa dos alunos, mas devido à estrutura educacional e aos professores. Muitas grandezas físicas são ignoradas em exemplos e exercícios de livros. Na mecânica, por exemplo, quase sempre desconsidera as forças dissipativas nos problemas e torna os sistemas quase sempre conservativos. O mesmo ocorre no estudo de trocas de calor, os sistemas não adiabáticos quase não são estudados, somente sistemas adiabáticos para trocas de calor, ou seja, quase ideais. Durante as aulas de física, muitos alunos questionam o motivo de se desconsiderar esses aspectos, dizendo: “Mas isso não é possível no mundo real!”

O ponto central é o desenvolvimento da sequência de ensino por investigação, a SEI, para o estudo de calorimetria. Apresentamos uma proposta de ensino para demonstrar que os sistemas reais (não adiabáticos) nos permitem realizar aproximações para que possa servir de comparativo com o sistema ideal. O foco do trabalho experimental foi estudar as trocas de calor envolvidas em uma garrafa térmica artesanal e o ensino do conceito de capacidade térmica a partir da determinação da capacidade térmica da garrafa. Para desenvolver esse produto

educacional e aplicá-lo, utilizamos um referencial teórico que enfatiza a aprendizagem significativa e investigativa. Foram realizadas atividades experimentais que levaram os alunos a confrontarem suas concepções cotidianas sobre trocas de calor. Utilizamos materiais simples e de baixo custo para promover discussões em sala de aula. Na elaboração do texto que acompanha o trabalho, utilizamos uma linguagem clara e compreensível para tornar a aprendizagem significativa para os alunos. A aplicação da sequência didática foi dividida em duas partes.

Na primeira parte, os alunos receberam uma atividade para que pudessem confrontar suas concepções e testá-las. Nessa, os alunos tinham que criar uma maneira para conservar a temperatura de uma bebida “quente” e uma “fria”. A finalidade dessa pergunta era para testar a concepção do aluno sobre calor e temperatura, para que adotem estratégias na confecção da garrafa. Ela permitiu aos alunos estudarem a conservação de temperatura da bebida, na qual estes planejaram formas de amenizar ao máximo possível as trocas de calor. Essa prática permitiu aos alunos investigar, criando hipóteses e validando-as na sua construção, se preocupando com as trocas de calor por condução, convecção e radiação térmica.

Na segunda parte, os alunos utilizaram a garrafa criada por eles, para responderem a segunda atividade. A pergunta dessa atividade foi baseada na metodologia ativa do Laboratório Aberto, onde foi proposto ao aluno elaborar um plano de trabalho para que pudesse determinar o valor aproximado da capacidade térmica da garrafa térmica que utilizamos como “calorímetro” no experimento. Nessa atividade, os alunos tiveram que fazer os registros da sua metodologia, criando um passo a passo, sendo por fotos ou vídeos. A finalidade dessa aplicação era que o aluno conseguisse aprender o conceito de capacidade térmica, criando, testando e validando suas hipóteses e que pudesse permitir ao aluno a possibilidade de conseguir determinar a capacidade térmica da garrafa que ele criou, ou seja, permitindo concluir se sua garrafa é de fato uma boa garrafa térmica ou não.

Após os alunos entregarem atividades, foi liberado um link, para que os alunos pudessem assistir ao vídeo do produto educacional, pois a metodologia teve que sofrer alterações, pois estávamos na pandemia do COVID 19, período pelo qual se teve um ensino remoto emergencial. No produto utilizamos um Arduino, um sensor de temperatura e a garrafa térmica, que contou com a comunicação do Excel, a fim de tornar as coletas de dados mais atrativas e didáticas. Nele, o aluno teve a possibilidade de ver a comparação entre dois sistemas termodinâmicos bastante distintos e como foi determinada a capacidade térmica da garrafa térmica convencional com o auxílio da plataforma Arduino. Assim, os alunos tiveram mais uma oportunidade em refazerem a atividade 2 e ao final de suas práticas, tiveram que realizar um

comparativo com seus amigos sobre as metodologias adotadas e os valores encontrados para as capacidades térmicas. A finalidade dessa comparação era que os alunos pudessem confrontar suas concepções com as dos amigos e de fazer uma análise de seus resultados, uma vez que os valores encontrados não necessariamente teriam que ser iguais, pois a capacidade térmica depende da massa e do material que é constituído suas garrafas.

O produto educacional foi aplicado em uma escola privada na cidade de Três Rios, no estado do Rio de Janeiro. As turmas escolhidas para a aplicação do material foram as do 2º ano do ensino médio, que ainda não tinham conhecimento prévio do tema abordado. A aplicação ocorreu próximo ao final do primeiro semestre, com uma segunda aplicação durante a semana de recuperação semestral. Mesmo com alguns alunos já de férias, muitos compareceram à escola para discutir os resultados obtidos.

A metodologia do ensino por investigação revela-se altamente estimulante e enriquecedora para o ensino de ciências (Carvalho, 2013). É evidente que muitos alunos demonstram falta de interesse em sala de aula, não por não desejarem aprender, mas por não serem instigados, motivados e incentivados a compreender a ciência de maneira profunda. Ao adotar uma abordagem que conecta o conteúdo à realidade dos alunos, o professor estabelece uma relação mais próxima e cria um ambiente propício à construção do conhecimento científico. Essa abordagem pedagógica promove a participação ativa dos alunos, tornando-os protagonistas de sua própria educação. Ao serem desafiados a investigar e resolver problemas científicos, eles desenvolvem habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe. Além disso, a aproximação entre professor e aluno fomenta uma relação de confiança, contribuindo para o engajamento e o desenvolvimento acadêmico dos estudantes. Essa metodologia tem o potencial de melhorar a qualidade do ensino médio, despertando o interesse e a compreensão da ciência. Ao proporcionar uma experiência educacional mais estimulante e relevante, ela prepara os alunos para enfrentar os desafios da sociedade contemporânea e valorizar a importância da ciência em suas vidas.



## 2. CALORIMETRIA

### 2.1. PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIAS DE CALOR

O calor foi interesse de muitos cientistas como exemplo, Kepler e Boyle, que acreditavam que ele era um tipo de fluido proveniente de movimento. Outros cientistas, como Newton, propunham que o calor estava relacionado com as vibrações do éter e tinham o calor como uma substância que estava contida em elementos que podiam pegar fogo. Em 1789 surge o conceito do calórico, este foi proposto por Lavoisier, que acreditava na existência de um “fluido eminentemente elástico que produz calor” (Gomes, 2002).

Para Gomes (2002) a ideia de Lavoisier teve grande aceitação na comunidade devido à sua grande reputação no meio científico. Somente 10 anos depois, em 1798, Benjamin Thompson conseguiu observar que os canhões logo após serem disparados, apresentavam seus cilindros de latão aquecidos. Aprofundando no assunto ele conseguiu concluir que de fato o calor não poderia ser um fluido. Mesmo tendo um grande apoio de importantes cientistas, a sua tese teve baixa aceitação na comunidade científica.

No final do século XIX foi descoberto que o atrito entre dois corpos era capaz de produzir energia térmica. Na década de 1810 foi o período que a teoria do calórico teve grande aceitação em todo o mundo, mas na década posterior ela começou a não ter mais tanta aceitação no mundo científico. Esse assunto na ciência apresenta muitos dados históricos, mas não é de conhecimento a causa precisa do abandono da teoria do calórico, que ainda é um dos mistérios da ciência. Sabe-se que a primeira lei da termodinâmica foi um dos fatores determinantes para esse abandono (Gomes, 2002). Hoje admite-se que o calor é uma forma de energia e seu conceito é constantemente influenciado pelas sensações térmicas que é possível receber do ambiente em que estamos. Podemos citar como exemplo, um dia de muito sol, em que a temperatura está bastante elevada, a maioria das pessoas se refere como sendo um dia de muito calor. O calor não é uma propriedade dos corpos ou ainda uma palavra para se classificar a sensação térmica do ambiente. Calor é por definição, a transferência de energia térmica entre corpos que possuem temperaturas distintas, ou seja, só ocorre transferência de calor entre dois corpos se estes apresentarem um desequilíbrio entre suas temperaturas (Ramalho; Ferraro; Soares, 2007).

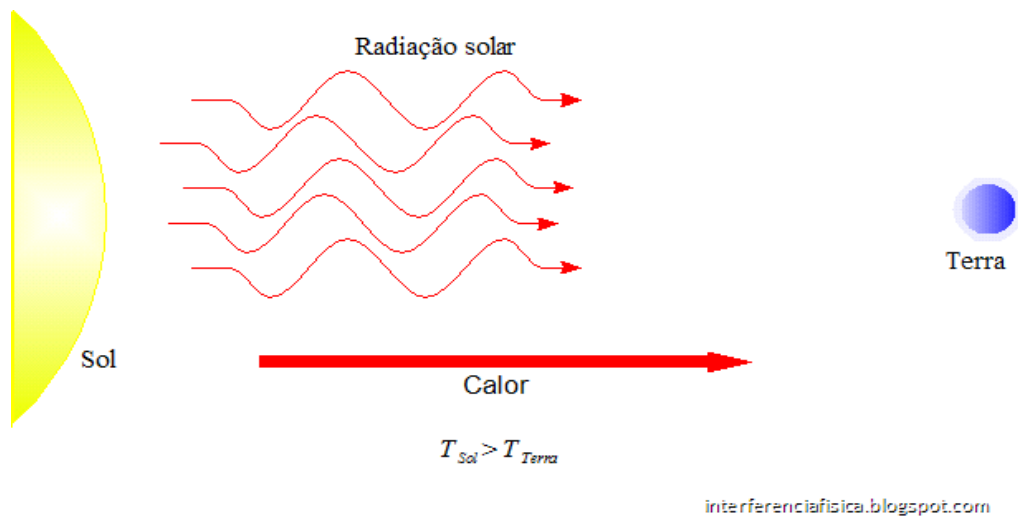
A transferência de calor só é possível, caso exista uma diferença de temperatura entre os corpos envolvidos. Por exemplo, suponha que temos uma bebida “quente”, que acabou de chegar de um supermercado e nele foi adicionado várias pedras de gelo. **Por que colocamos**

**gelo em uma bebida “quente” para gelar a bebida?** Como dito anteriormente, só é possível transferência de calor, quando haver diferença de temperatura entre dois corpos, no qual, terá o fluxo de calor do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.

Neste capítulo vamos abordar o ponto principal no estudo do calor e da termodinâmica que está ligado à transferência do calor, de um meio para outro, ou de um ponto a outro de um material e nesse assunto, existem muitas concepções alternativas referentes a trocas de calor. Trocas de calor se dão por meio de três diferentes processos: Radiação, Convecção e Condução.

Na **radiação**, o calor é transmitido de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura, mesmo que exista vácuo entre eles. A radiação térmica é constituída por ondas eletromagnéticas que transportam energia, onde essa energia é conhecida por calor radiante. Estas radiações, ao serem absorvidas por outro corpo, provocam, nele, uma elevação de temperatura (Ramalho, Ferraro; Soares, 2007). A figura 1 ilustra um processo de transmissão de calor por radiação.

Figura 1: Transferência de calor por radiação térmica.



Fonte: Imagem retirada do site <https://radiacao.webnode.com.br/>.<sup>1</sup>

A taxa de emissão de energia irradiada por um corpo a partir de sua superfície é dada pela Lei de Stefan e essa é representada empiricamente pela expressão:

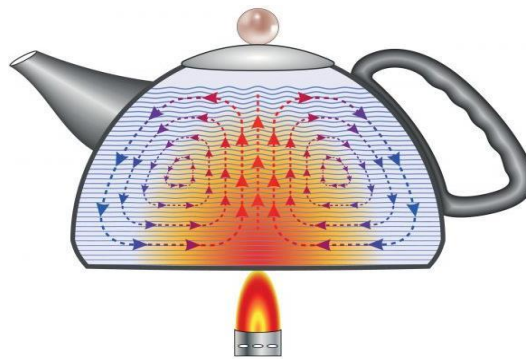
<sup>1</sup> Disponível em < <https://radiacao.webnode.com.br/radiação%20termica/>. Acesso em 02/06/2022.> Acessado em 23/06/22 às 23:12.

$$P = \sigma AeT^4, \quad (2.1)$$

na qual  $P$  é a potência irradiada pelo corpo (em watts),  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann (aproximadamente  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$ ),  $A$  é a área da superfície do corpo (em  $\text{m}^2$ ),  $e$  é uma constante chamada de emissividade (esse valor pode variar de 0 a 1, esse depende das propriedades da superfície) e  $T$  é a temperatura absoluta da superfície do corpo, dado em Kelvin (Serway, 2006).

Na **convecção**, o calor é transferido com o transporte de matéria. Aqui podemos citar como exemplo do cotidiano o ar-condicionado, o qual possui a sua instalação no alto, de maneira que o ar quente e frio possa circular, permitindo a formação das correntes de convecção. No aquecimento da água em um recipiente, por exemplo, a que está próxima à fonte de calor se aquece por contato que, com isso diminuirá sua densidade e ela subirá, a água mais fria que está na parte de cima, mais densa, desce até se aquecer e tornar a subir, conforme mostra a figura 2, similar às correntes de convecção formadas no ar-condicionado (Ramalho; Ferraro; Soares, 2007).

Figura 2: Transferência de calor por convecção.



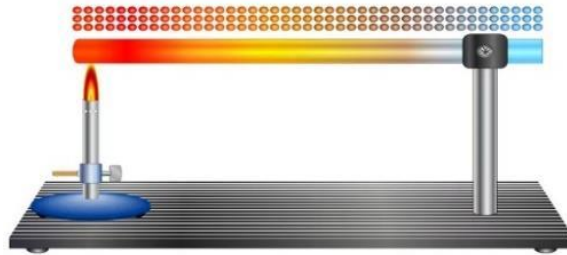
Fonte: Imagem retirada do site <https://www.infoescola.com><sup>2</sup>

A **condução** ocorre de maneira que a transferência de energia ocorra entre as partes vizinhas de um corpo ou de um corpo para outro, quando colocados em contato. Dessa maneira a transmissão de calor, ou seja, a energia é transmitida por meio de uma comunicação molecular direta, de acordo com os princípios da teoria cinética. Nela, quando as moléculas em uma região adquirem uma maior energia cinética do que a energia das moléculas da região vizinha,

<sup>2</sup> Disponível em < <https://www.infoescola.com/termodinamica/corrente-de-convecao> > Acessado em 23/06/22 às 23:27.

ocorre uma transferência de parte desta energia para as moléculas vizinhas, através do choque mecânico entre elas (Ramalho; Ferraro; Soares, 2007). A figura 3 mostra o processo de transferência de calor por condução entre as duas extremidades de uma barra metálica.

Figura 3: Transferência de calor por condução.

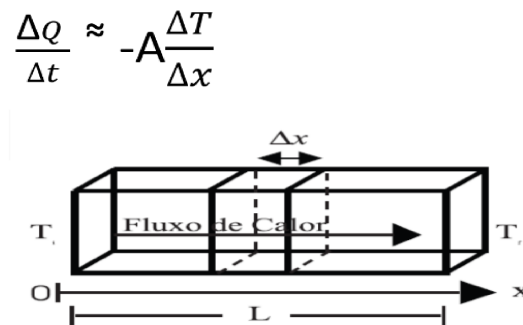


Fonte: Imagem retirada do site <https://brasilecola.uol.com.br><sup>3</sup>

Uma quantidade  $Q$  de energia, gasta um intervalo de tempo  $\Delta t$  para deslocar por toda superfície perpendicularmente às faces de uma barra (figura 4). Então é possível definir o fluxo de calor ou energia, como a razão entre a quantidade de energia que se propaga pela superfície perpendicular de área  $A$  por unidade de área por unidade de tempo (Serway, 2006):

$$\phi_Q = \frac{Q}{A \cdot \Delta t} \quad (2.2)$$

Figura 4: Condução de calor em uma barra dividida por lâminas de espessura  $x$ .



Fonte: Imagem retirada do artigo modelo para transmissão de calor em condutor cilíndrico (Hildebrand; Battistel, 2001).<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/conducao-termica.htm>> Acessado em 23/06/22 às 23:38

<sup>4</sup> Disponível em <<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/viewFile/1137/1078>> Acessado em 24/10/22 às 00:34

Suponha-se que a área de secção reta da barra seja  $A$  e que ela seja subdividida em lâminas de espessura  $\Delta x$ , é possível escrevermos a lei de condução, como:

$$\frac{Q}{A \cdot \Delta t} = -K \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2.3)$$

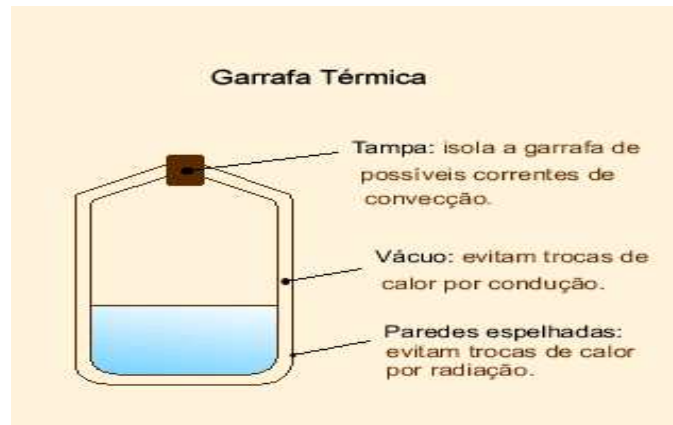
onde, que  $K$  é a constante de proporcionalidade positiva, que é uma característica do meio, chamada de condutividade térmica. O sinal negativo presente indica que a energia irá sempre fluir da região de maior temperatura para a região de menor temperatura (Serway, 2006).

No caso de uma garrafa térmica, todos esses 3 processos são utilizados, a fim de manter a temperatura do líquido o maior tempo possível, evitando trocas de calor. Como sabemos ela é constituída por duas camadas de vidro, onde entre essas camadas, possui um ar rarefeito, a fim de que não tenha ar circulando entre essas paredes (processo de convecção), consequentemente evitando que o ar esteja em contato com as paredes (processo de condução). Além disso, a garrafa térmica conta com vidro espelhado para que a radiação térmica possa ser refletida, a fim de não absorver calor. Sendo assim, a troca de calor por radiação será minimizada, uma vez que ambas as superfícies espelhadas (interna e externa) da cápsula da garrafa irá fazer com que as ondas eletromagnéticas sejam refletidas, tanto do líquido para fora, como do ambiente para dentro da garrafa térmica.

Dessa forma, a temperatura no interior da garrafa será conservada por algumas horas, pois o sistema não é adiabático, mas é um bom sistema de conservação de temperatura. Então podemos concluir que a garrafa térmica é um instrumento culinário muito útil e que há diversos conceitos científicos para garantir a sua eficiência. Essa importância e eficiência é pouco comentado nos livros didáticos do ensino médio, junto com os assuntos de sistemas não adiabáticos e não há muitos trabalhos sobre essa temática.

O trabalho busca contribuir com os professores para que possam explorar em salas de aulas, um tema importante, pouco abordado, a fim de não fazerem somente idealização de sistemas perfeitos, ou seja, sistemas adiabáticos. Podemos observar na figura 5, os processos citados acima:

Figura 5: Processos térmicos em uma garrafa térmica.



Fonte: Imagem retirada do site [oficinadanet](http://oficinadanet.com.br) <sup>5</sup>

## 2.2. CALOR E EQUILÍBRIO TÉRMICO

Calor é a energia que flui espontaneamente de um corpo a uma temperatura mais alta para outro a uma temperatura mais baixa até atingirem o equilíbrio térmico, ou seja, sem a diferença de temperatura não há transferência de energia (Halliday; Resnick; Walker, 2012).

Quando duas massas de objetos diferentes estão em contato em um mesmo recipiente adiabático fechado, as temperaturas dos objetos envolvidos na troca de calor não serão afetadas pelo meio externo, assim, o grau de agitação molecular do sistema será alterado pelas colisões entre as moléculas dos corpos. As moléculas com maior energia cinética cedem parte de sua energia cinética para as moléculas de menor energia. Após um intervalo de tempo, sabemos que as partículas atingem um estado final em que moléculas possuem o mesmo nível de agitação térmica. Para esse fenômeno, Nussenzveig (2002) afirma que: “É um fato experimental que um sistema isolado sempre tende a um estado em que nenhuma das variáveis macroscópicas que o caracterizam muda mais com o tempo. Quando ele atinge esse estado, diz-se que está em equilíbrio térmico”.

Na troca de calor entre corpos em um sistema isolado, ou seja, totalmente livre de influência do meio externo, a soma das quantidades de calor recebidas e cedidas deve ser nula (Halliday; Resnick; Walker, 2012).

<sup>5</sup> Disponível em < <https://www.oficinadanet.com.br/artigo/ciencia/como-funciona-garrafa-termica-de-agua> > Acessado em 23/06/22 às 23:38

$$\sum Q_{recebido} + \sum Q_{cedido} = 0 \quad (2.4)$$

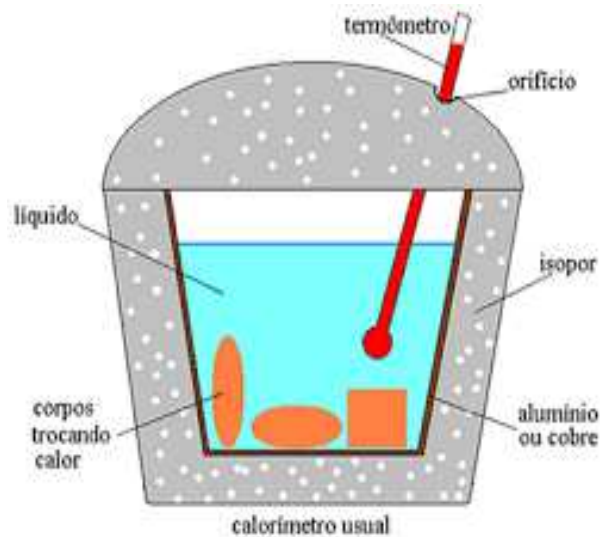
Usualmente, temos a convenção de que calor recebido é positivo e calor cedido é negativo. Sendo que as quantidades de calor podem ser definidas como calor sensível e calor latente. Quando há variação de temperatura tem-se o calor sensível e quando não houver variação de temperatura, somente troca de estado físico, temos o calor latente, que são dados pelas equações (2.5) e (2.6), respectivamente (Halliday; Resnick; Walker, 2012).

$$Q_{sensível} = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (2.5)$$

$$Q_{latente} = m \cdot L \quad (2.6)$$

Para estudar a troca de calor entre dois ou mais corpos, geralmente é utilizado um calorímetro. Esse instrumento não permite o meio externo influenciar na troca de calor entre os objetos em seu interior. Como podemos observar na figura 6.

Figura 6: Representação esquemática de um calorímetro.



Fonte: Imagem retirada no site: <https://brasilecola.uol.com.br/><sup>6</sup>

Como podemos perceber o calorímetro é um recipiente que permite estudar a troca de calor entre os corpos. Ele ajuda a isolar os corpos envolvidos nas trocas de calor, com o meio

<sup>6</sup> Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/conducao-termica.htm>> Acessado em 23/06/22 às 23:50

externo, sendo assim é possível estimarmos algumas propriedades térmicas dos materiais com maior precisão, como a capacidade térmica e o calor específico.

### 2.3. SISTEMAS ADIABÁTICOS E NÃO ADIABÁTICOS

Um sistema adiabático é um sistema em que não há trocas de calor (energia térmica) do sistema com a vizinhança (meio exterior), que também é conhecido como sistema ideal, pois é impossível isolar o sistema perfeitamente, sempre há trocas de calor indesejáveis. Já o sistema não adiabático, é um sistema que permite a troca de calor do sistema com o meio externo, também conhecido como sistema real (Gaspar, 2002).

Os calorímetros são instrumentos utilizados para realizar estudos entre dois ou mais corpos, a fim de saber a quantidade de calor trocado entre eles, uma vez, que os calorímetros são aparelhos termicamente isolados do meio externo. Na prática, o sistema perfeitamente isolado não existe, porém, existem calorímetros que minimizam ao máximo as trocas de calor com o meio ambiente, esses calorímetros convencionais utilizados em práticas educativas geralmente são chamados de calorímetros não ideais.

Os calorímetros utilizados nas práticas educativas geralmente são copos de isopor, que revestem um outro copo, de metal, com um furo na tampa, afim que possa verificar a variação de temperatura dos corpos em seu interior, como mostrado na figura 6. Neles muitas práticas são “válidas”, pois é observado a troca de calor em um curto intervalo de tempo, quando o tempo é aumentado, o erro no estudo irá aumentar, uma vez que esse sistema não é suficientemente isolado do meio externo, pois só conta com as paredes de isopor e uma tampa para o copo, que não faz a vedação suficiente.

### 2.4. CAPACIDADE TÉRMICA E CALOR ESPECÍFICO

O conceito de capacidade térmica, como o de calor específico e calor latente, surgiram antes da comprovação experimental da equivalência entre trabalho e calor, em 1843 por James Prescott Joule. Por volta do século XVIII foi possível perceber que corpos constituídos de mesmo material, com massas distintas necessitavam de quantidades de energia diferentes para conseguir a mesma variação de temperatura (Gomes, 2002).

Capacidade térmica ou capacidade calorífica (usualmente denotada pela letra C) é a grandeza física que determina a relação entre a quantidade de calor fornecida a um corpo e a



variação de temperatura observada. A capacidade térmica de um corpo pode ser definida como sendo a razão entre a quantidade de calor (cedida ou recebida) e a variação de temperatura de um corpo

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (2.7)$$

onde, C é capacidade térmica (cal/°C), Q a quantidade de calor (cal) e  $\Delta T$  a variação de temperatura (°C) (Serway, 2006).

Para o melhor entendimento da capacidade térmica é possível citar como exemplo o cozimento do macarrão. **Para o cozimento do macarrão é possível adicionar pouca água?**

Como sabemos, se a panela tiver pouca água aquecida e for adicionado uma boa quantidade de macarrão, haverá um rápido resfriamento da água atrapalhando o cozimento do macarrão. Com uma quantidade considerável de água, esse não será prejudicado, pois a temperatura da água não irá baixar muito, quando acrescida uma quantidade de macarrão. Nessa abordagem, é possível ter a percepção que a quantidade de água é importante para que ela possa variar a sua temperatura na troca de calor, cedendo ou absorvendo o calor, onde assim podemos falar que a massa implicará na capacidade térmica.

Aproveitando o assunto, é possível ir mais além, quando o cozimento se dá em tipos de panelas diferentes, como as panelas de alumínio, de aço e até mesmo, panelas de ferro fundido bastante pesadas que são usuais em fogões de lenha. A pergunta é: Ocorre muita variação na temperatura da água, quando o macarrão for adicionado a uma mesma quantidade de água nas diferentes panelas?

Pode-se perceber que a capacidade térmica é diretamente proporcional à massa e ao material que é constituído o corpo. Podemos então escrever:

- $C \propto m$
- $C \propto c$

Assim é possível apresentar a fórmula da capacidade térmica de outra maneira, como:

$$C = m \cdot c. \quad (2.8)$$

Relacionando a equação (2.7) com a (2.8), temos:

$$\frac{Q}{\Delta T} = m \cdot c. \quad (2.9)$$

Para m gramas de uma substância pura e de calor específico c, a quantidade de calor Q, é necessária para elevar sua temperatura de  $\Delta T$  (Nussenzveig, 2002). Assim podemos escrever a quantidade de calor absorvida ou cedida por um corpo, da seguinte maneira:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T. \quad (2.10)$$

Um fato importante é que o calor específico será apresentado como a quantidade de calor que um grama de determinada substância precisa receber para variar uma unidade de temperatura. Sendo assim, é possível percebermos que o calor específico depende da substância e não da massa do corpo, ou seja, o calor específico de um grama de água é o mesmo que o de 10.000 kg de água.

Quando fornecemos uma quantidade de calor a uma pequena placa metálica, notamos grande variação da temperatura, demonstrando que essa placa tem capacidade térmica baixa. Já ao fornecer a mesma quantidade de calor para um bloco de madeira, percebemos uma grande capacidade térmica, pois seu aquecimento será bem menor.

A unidade do calor específico no Sistema Internacional, são dadas por:

$$[c] = \text{J/kg.K.}$$

Entretanto, outra unidade comumente utilizada é;

$$[c] = \text{cal/g } ^\circ\text{C.}$$

A unidade da capacidade térmica no Sistema Internacional, são:

$$[C] = \text{J/K.}$$

No entanto, a unidade mais utilizada é;

$$[C] = \text{cal/}^\circ\text{C.}$$

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de física no Brasil continua adotando o padrão, fazendo tudo aquilo que se diz “tradicionalista” há muito tempo. Os problemas educacionais nesse país além de difíceis de se serem resolvidos, são diversificados. Há muitas escolas com a capacidade muito aquém do número de alunos, falta de merenda, falta de biblioteca e tampouco laboratório de ciências. Outro fator muito importante é a carência de docentes atuantes com formações em suas áreas em sala de aula e quando é possível, poucos são aqueles que possuem uma especialização na área de ensino, para melhor capacitação, o que torna o seu trabalho ultrapassado e assim, gera uma grande distância entre professor e aluno. O professor sem um salário justo, precisa trabalhar em mais de uma escola, não encontra motivação e tempo para se especializar, ainda conta com a falta de estrutura das escolas, com a falta de projetores, laboratórios e outros. Para Moreira (2018) a desvalorização do professor é colocada como o principal problema, dentre os inúmeros que a educação traz com ela.

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 (Moreira, 2018, p.73).

O ensino de física nas escolas contava com uma baixa carga horária em sala de aula, com a lei nº 13.415/2017 que alterou a Lei de Diretrizes e Bases e instituiu uma reforma na estrutura do ensino médio, esse número pode ser ainda menor para um determinado aluno. O ensino de física conta também com a falta de laboratórios, tanto na rede pública, quanto nas redes privadas, falta de investimentos nas escolas e na capacitação dos professores. É importante que o professor esteja preparado para que possa realizar trabalhos experimentais com os alunos, onde consiga de fato promover uma maior motivação dos alunos. Outro fator muito importante para baixa qualidade no ensino de física é a dificuldade encontrada pelos alunos na interpretação das perguntas nos exercícios propostos e além disso, a dificuldade com a matemática ofertada a ele. Esses dois fatores podem afastar os alunos do conhecimento científico (Bonadiman; Nonenmacher, 2007).

Outro problema no ensino de física é a falta de escolas com laboratórios de ciências, que mesmo quando possuem, não utilizam, pela falta de materiais que possam ser trabalhados nesses laboratórios. A maioria dos roteiros experimentais, são produzidos para que o aluno possa ser guiado a achar um valor esperado, uma resposta “correta” como diz Borges (2002). Com ela, ele poderá concluir sobre um determinado fenômeno, tentando minimizar os erros

também já esperados, até mesmo no próprio roteiro. As respostas desses roteiros já são pré-definidas, pois direciona o aluno, semelhante também às receitas de bolos, onde deve ser seguido o passo a passo. Outro ponto importante é o fato de muitas práticas não serem relevantes para o aluno, ou seja, é trabalhado algo que não traz significado ao aluno. Na maioria dos laboratórios de ciências no geral, os alunos já encontram as bancadas com os instrumentos que serão utilizados na aula separados, onde os grupos, separados pelo próprio professor, possam validar um conceito.

O material a ser trabalhado nesse espaço tem que trazer significado ao aluno, aproximá-lo do fenômeno estudado, para que consiga gerar suas próprias hipóteses e assim ser capaz de averiguar se elas são verdadeiras ou não, usando suas próprias hipóteses também para verificar as causas possíveis para determinados erros (Borges, 2002).

A riqueza desse tipo de atividade está em propiciar ao estudante a oportunidade e ele precisa estar consciente disso de trabalhar com coisas e objetos como se fossem outras coisas e objetos, em um exercício de simbolização ou representação. Ela permite conectar símbolos com coisas e situações imaginadas, o que raramente é buscado no laboratório, expandindo os horizontes de sua compreensão. (Borges, 2002, p.295)

A maneira como o aluno é conduzido aos laboratórios não permite que ele explore suas hipóteses, seus questionamentos. Os alunos ao entrarem em um laboratório, com suas concepções, são imediatamente freados por roteiros e bancadas montadas. Esses alunos carregam consigo suas próprias concepções à cerca de determinados fenômenos, ou seja, apresentam hipóteses que nunca foram verificadas, e nesse momento ele tem a oportunidade de manusear, testar, validar pensamentos que podem contribuir para a sua aprendizagem e que consiga abandonar suas concepções alternativas, que de fato, são difíceis de serem substituídas por concepções científicas. As concepções são barreiras difíceis de serem quebradas por um professor em uma aula tradicional, onde esse aluno, não terá a oportunidade de testar suas hipóteses e sim acreditar na palavra do professor. O professor terá um papel importante em fazer com que os alunos abandonem suas concepções prévias, em que na maioria das vezes não se adequa aos conceitos técnicos e possa de fato validar uma teoria.

O ensino por investigação não é um assunto relativamente novo no ensino das Ciências, esse começou a ganhar destaque no século XIX, com a implantação do ensino de ciências em diversos países (Leite, 2001).

Deboer (2006) destaca a importância das práticas e do laboratório escolar, para o autor, o ensino de ciências no século XIX em laboratórios acontecia de três maneiras: descoberta verdadeira, verificação e investigação. (Deboer, 2006)

Na descoberta verdadeira o aluno possui total liberdade e de acordo com seus interesses, os alunos podiam investigar o que queriam, como cientistas, a fim de validar uma hipótese. No ensino por verificação, os alunos, já possuíam os resultados esperados e usavam as aulas de laboratório somente para fazer a confirmação de acontecimentos científicos. Já o ensino por investigação, o estudante era orientado a dar respostas às suas hipóteses, a fim de validá-la.

Piaget (1977, 1978) e Vigostsky (1984) contribuíram para o ensino investigativo, onde suas ideias agregam ao ensino de ciências, particularmente sob a perspectiva investigativa, como percebidas por Carvalho (2012). Segunda a autora, Piaget considerava a importância de ter um problema para ser o gatilho da construção do conhecimento e este sugeria que qualquer exclusivo conhecimento teria princípio em um conhecimento precedente. Assim, o cenário de uma sala de aula com o ensino puramente expositivo dá espaço a um lugar de ensino que dá oportunidade a levantamento de hipóteses para a construção do conhecimento. Já Vigostsky (1984) dá importância ao papel do professor na construção do novo conhecimento, dentro de uma proposta sociointeracionista, mostrando este como um elaborador de questões que permite orientar seus alunos potencializando a construção de novos conhecimentos.

Para Carvalho (2012) muitos professores chamam os problemas de desafio, principalmente os professores do ensino fundamental 1, no qual a autora destaca o desejo de chamar por problema, pelo fato de ter uma maior identificação com os referenciais teóricos propostos. Para ela, qualquer que seja o tipo de problema, este deve seguir uma sequência de etapas e assim, dar oportunidade ao aluno levantar hipóteses e testar suas hipóteses, passando da ação manipulativa à intelectual. Esse aluno irá conseguir argumentações discutidas com os colegas e com professor. O problema e o material didático do aluno, que dará o suporte para que ele resolva, que devem estar organizados simultaneamente, pois, um depende diretamente do outro.

Uma sequência de ensino por investigação é uma abordagem pedagógica que enfatiza a investigação ativa e a descoberta guiada como principais métodos de aprendizagem. Ao contrário do modelo tradicional de ensino, no qual os professores transmitem conhecimento de forma unilateral aos alunos, uma SEI coloca os alunos no papel de investigadores ativos. Nesse modelo, os alunos são desafiados a formular perguntas, realizar investigações, coletar e analisar dados, e tirar conclusões por conta própria.

Essa abordagem promove o pensamento crítico, a resolução de problemas, a colaboração e a autonomia dos alunos, além de ajudá-los a desenvolver habilidades de investigação e pesquisa que são essenciais não apenas na sala de aula, mas também na vida

cotidiana e na carreira profissional. Devemos levar em consideração que o ensino por investigação não segue uma estratégia única de implementação, entretanto é importante uma SEI seja estruturada de forma a contemplar os seguintes aspectos apresentados nas etapas a seguir (Carvalho, 2013).

**1ª etapa - Apresentação do material e problematização:** O professor apresenta o problema que será investigado pelos alunos e distribui o material de suporte que será utilizado na resolução do problema aos alunos. A problematização inicial pode ser feita por meio de pergunta provocativa, um problema a ser resolvido ou uma situação desafiadora. Esta pergunta servirá como base para o desenvolvimento da experimentação.

**2ª etapa - Experimentação e resolução do problema:** Nesta etapa os alunos passam às ações manipulativas e intelectuais que levarão a solução do problema. Os alunos desenvolvem um plano para conduzir sua investigação. Isso pode incluir a definição de variáveis, a escolha de métodos de coleta de dados e a elaboração de hipóteses, se aplicável. Os alunos coletam dados relevantes por meio de experimentos, observações, pesquisas, entrevistas ou outras fontes. Eles então analisam esses dados para buscar padrões, tendências ou relações. Com base na análise dos dados, os alunos tiram conclusões e fazem inferências sobre o que descobriram. Eles também podem revisar suas hipóteses iniciais, se aplicável. Os alunos comunicam seus resultados e conclusões de maneira clara e organizada. Isso pode ser feito por meio de relatórios escritos, apresentações orais, pôsteres ou outras formas de apresentação.

**3ª etapa - Sistematização dos conceitos:** Após a resolução do problema é importante que os alunos tenham um momento para realizar a sistematização dos conceitos aprendidos. Esta pode ser feita inicialmente de forma coletiva através da promoção da reflexão sobre o processo de investigação desenvolvido na etapa anterior. Em seguida, o professor pode dar continuidade a etapa de sistematização conceitual promovendo atividades que levam a contextualização do conhecimento aprendido e ao aprofundamento do conteúdo.

**4ª etapa - Avaliação:** Por fim, a etapa da avaliação deve considerar todo o desenvolvimento do estudante ao longo da SEI, tendo assim um caráter formativo. Ainda assim, podem ser desenvolvidas atividades avaliativas ao final da SEI nas quais os alunos irão expressar seu entendimento acerca do conteúdo trabalhado, entretanto é preciso que estas atividades estejam alinhadas com a metodologia de ensino utilizada.

Essas etapas podem variar dependendo do contexto específico e do tema sendo investigado, mas a ideia geral é promover a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento, incentivando-os a explorar, questionar e descobrir por si mesmos.

Essas pressuposições de uma sequência de ensino investigativo (SEI) colocam o estudante em uma posição oposta a sua atuação na experimentação tradicionalista, envolvendo-o de tal maneira que ele não siga um roteiro pronto para chegar em um resultado satisfatório para si e para o professor. Para que o professor deixe o aluno a criar suas hipóteses, fazer levantamentos dos dados, verificando suas hipóteses na resolução do problema, este deve apresentar uma situação problema e autorizar a proposição de explicações e justificativas por meio dos dados coletados. Esse tipo de ensino exige a cooperação e participação direta do aluno que caracteriza como um esforço para que ocorra uma mudança da cultura experimental, que seja capaz de dar oportunidades ao aluno à construção ou até mesmo a reconstrução do seu próprio conhecimento. É a partir dos conhecimentos que o estudante carrega para a escola que ele vai procurar compreender o que o professor está ensinando ou perguntando (Carvalho, 2018)

Nesse entendimento, os pressupostos de Carvalho (2018) sugerem que o aluno raciocine e elabore o próprio conhecimento, tendo participação ativa nas reflexões sobre um determinado fenômeno apresentado, com a mediação problematizadora do professor. A pergunta no ensino investigativo tem o papel fundamental para que seja possível lograr com êxito na aprendizagem do aluno. Com ela o aluno será capaz de realizar questionamentos, levantar hipóteses e, assim fazer com que ele busque respostas não somente à pergunta em questão, mais também para as suas próprias. Para a Carvalho (2018, p.772), um bom problema é aquele que:

- dá condições para os alunos resolverem e explicarem o fenômeno envolvido no mesmo;
- dá condições para que as hipóteses levantadas pelos alunos levem a determinar as variáveis do mesmo;
- dá condições para os alunos relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem;
- dá condições para que os conhecimentos aprendidos sejam utilizados em outras disciplinas do conteúdo escolar;
- quando o conteúdo do problema está relacionado com os conceitos espontâneos dos alunos (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985), esses devem aparecer como hipóteses dos mesmos.

Por outro lado, nas aulas experimentais um bom problema é aquele que dá condições para que os alunos:

- passem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica);
- construam explicações causais e legais (os conceitos e as leis) (Carvalho, 2018, p. 772).

Como é possível perceber, a autora categoriza uma boa pergunta de modo que ela atenda vários quesitos e de forma resumida, ela deixa claro que a pergunta deve levar o aluno ao raciocínio, de modo que ele seja capaz de realizar questionamentos e com isso levantar hipóteses, para que com seus conhecimentos, consiga responder à pergunta e não aprender

somente a disciplina escolar. O aluno com a pergunta deverá se sentir atraído pela curiosidade, vontade de dar resposta para si, uma vez que a pergunta deverá fazer sentido na sua vida cotidiana.

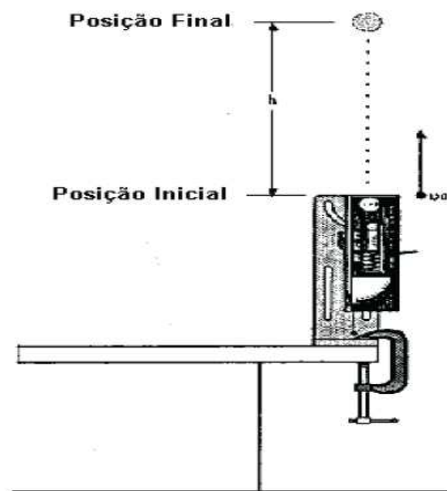
Para Borges (2002), deverá ser ofertado ao aluno um problema que seja de total entendimento, evitando o professor ser mediador, podendo instantaneamente estar direcionando o aluno a uma conclusão. Outro fato destacado por ele é a criação de atividades mais abertas, que não gerem uma limitação de raciocínio acerca do problema analisado por ele. O exemplo de pergunta dado pelo autor em seu artigo Novos rumos para o laboratório escolar de ciência (figura 7), mostra que esta deve dar condições para que o aluno consiga criar hipóteses, elaborar um plano de trabalho, realizar medições que julgar necessárias, testar suas hipóteses e elaborar sua conclusão.

Figura 7: Exemplo de pergunta para uma atividade investigativa.

### Desafio prático

*Um lançador de projéteis, consistindo de uma mola comprimida por um êmbolo dentro de um tubo de pvc, como o mostrado ao lado, lança uma pequena bola verticalmente para cima com uma velocidade inicial  $V_0$ . Como você faria para determinar essa velocidade inicial? Planeje um experimento que lhe permita fazer isto.*

*Utilize a montagem do lançador de projéteis e faça as medidas que julgar necessárias para resolver esse problema. Escreva em seu relatório o procedimento utilizado, os valores das medidas que você fez e o valor encontrado para a velocidade inicial.*



Fonte: Imagem retirada do artigo Borges (2002)<sup>7</sup>

O problema proposto por Borges (2002) é um problema que faz uma breve apresentação do experimento ao aluno, mostrando a ele o funcionamento da máquina e deixa em aberto, para que o aluno possa apresentar suas concepções sobre o tema, de maneira que não fique limitado a respostas curtas, podendo avaliar todos os conhecimentos prévios do conteúdo trabalhado. O aluno precisa idealizar um problema e assim, recorrer por estratégias,

<sup>7</sup> Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>> Acessado em 24/10/2022 às 00:41.



como usar aproximações, ajuda do professor, para averiguar uma situação que pode nem haver uma solução imediata, mas haverá debate, questionamentos, discussão de resultados. Os exercícios por outro lado, podem ser resolvidos sem mesmo o aluno compreender do próprio assunto.

Um problema, diferentemente de um exercício experimental ou de um de fim de capítulo do livro-texto, é uma situação para a qual não há uma solução imediata obtida pela aplicação de uma fórmula ou algoritmo. Pode não existir uma solução conhecida por estudantes e professores ou até ocorrer que nenhuma solução exata seja possível. Para resolvê-lo, tem-se que fazer idealizações e aproximações. Diferentemente, um exercício é uma situação perturbadora ou incompleta, mas que pode ser resolvida com base no conhecimento de quem é chamado a resolvê-lo (Borges, 2002, p. 303).

O autor cita que as práticas investigativas têm a finalidade de desafiar os alunos a procurar dados e informações que irão permitir a solução de um desafio, a partir da obtenção de conhecimentos, utilizando da elaboração e teste de hipóteses, através da experimentação e observação. Para ele, a finalidade da educação científica é deixar maior o conhecimento científico dos estudantes e que é preciso fazer com que eles tenham uma boa compreensão das principais ideias e utilização de modelos científicos para compreender os fenômenos. Ele ressalta o papel importante do professor colaborador participante que consegue dar ênfase a discussão das regras de trabalhos em grupos, a parte experimental, a discussão dos dados e o desenvolvimento de planos que serão utilizados para a solução do problema. Então o professor não deve ocupar a posição central no processo de ensino, ele deverá ser o mediador entre os alunos e assim a investigação será realizada.

Borges (2002) tem como característica propor atividades práticas e investigações como a busca de uma solução para um problema prático aberto. Um bom problema para o autor, é o que permite o aluno traçar estratégias para conseguir interpretar e analisar os resultados obtidos e de sentenciar a qualidade das afirmações decorrentes dos resultados, que irá promover no aluno em um determinado período, a capacidade de gerar nele o pensamento e o conhecimento dos estudantes. O autor compreende que o pensamento científico está diretamente ligado ao desenvolvimento de competências como a crítica, a criatividade, uma atitude indagadora e investigativa, que irá permiti-lo a assimilar os fenômenos e situações que fazem parte do cotidiano dos alunos. Já o conhecimento científico trata do uso de conceitos, modelos e pensamentos científicos, cumprindo as limitações das atividades escolares. Como na figura 7, Borges (2002) utiliza de um desenho metodológico que possibilita a investigação da qualidade dos planos de investigação criados pelos alunos para responder o problema experimental.

Para Borges (2002) encontrar respostas para problemas práticos, ou seja, que haja investigação, é um trabalho longo, uma vez que esse aluno estará diante de uma investigação científica, onde irá precisar utilizar uma série de procedimentos e atividades, realização de testes, o planejamento, a formulação de hipóteses, conclusão científica e a execução de testes e práticas que irá requerer instrumentos específicos, o que dificulta o processo investigativo para alunos e professores. A atividade investigativa, mesmo que exija bastante do aluno, como o conhecimento teórico, as dificuldades dos alunos em conseguirem realizar as práticas com os instrumentos necessários, essas atividades são importantes na aplicação nas práticas experimentais investigativas e para determinação da concentração dos alunos durante todo processo.

No ensino investigativo é possível classificar a prática de acordo com o grau de liberdade dado ao aluno, Borges (2002) e Carvalho (2012), mostram e diferenciam cada um. Borges classifica o ensino investigativo como níveis e Carvalho classifica como graus, como podemos ver na figura 8.

Figura 8: Classificação do grau de liberdade no ensino por investigação.

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Figura 1. Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais (Carvalho, Ricardo, Sasseron, Abib, & Pietrocola, 2010, p. 55)

Fonte: Imagem retirada do artigo Carvalho (2012)<sup>8</sup>

No quadro é possível percebermos que o ensino investigativo pode ser classificado de 5 maneiras diferentes. O grau de liberdade vai aumentando à medida que o aluno ganha mais liberdade, assim ele pode classificar o ensino de acordo com a tabela acima.

O grau 1 foi utilizado na educação passada e ainda é utilizado atualmente em escolas e até mesmo em universidades. Nesse, o professor formula o problema, que já está no roteiro há anos na pasta do professor, este, cita hipóteses, que já estão decoradas, quebrando as

<sup>8</sup> Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>> Acessado em 24/10/2022 às 00:53.

concepções alternativas que os alunos carregam e já “entregam” um plano de trabalho, detalhando todo o procedimento que o aluno terá que adotar para conseguir responder o “problema” sugerido pelo professor. O aluno é um robô nesse grau, ele só tem o trabalho de coletar os dados do problema, sem que possa concluir seus próprios resultados. Nesse momento, o principal de um trabalho, o professor conclui para o aluno, ele mesmo tira as conclusões do trabalho do aluno, pelo fato, dele professor, já saber as causas possíveis de um resultado “bem” ou “mal” sucedido.

O grau 2 é muito parecido ao 1, o professor formula o problema ao aluno, sendo que a diferença é que ele não atua sozinho nas formulações de hipóteses, no plano de trabalho e na conclusão. Nesses 3 processos (hipóteses, plano de trabalho e conclusão) o professor ajuda, contribui de forma a guiar o aluno, para que ele dê a resposta “certa”, a resposta tão esperada pelo professor. Nesse grau o aluno não tem a liberdade em expor suas próprias hipóteses e assim fica preso, não conseguindo dar e fazer sentido ao roteiro do experimento para si. Dessa forma, o aluno tem mais autonomia no momento de relatar suas conclusões, mas como sabemos, se ele foi guiado no início e assim, a conclusão dele será a esperada pelo professor.

No grau 3 o aluno começa a ganhar autonomia nos seus pensamentos, ou seja, tem mais liberdade no plano da atividade, mais autonomia para relatar sua conclusão. A diferença principal nesse nível é que no levantamento de hipóteses, o professor apresenta maior participação. Como dito no grau 2, essa é a parte principal de um trabalho investigativo, nele o aluno precisa expressar seu raciocínio, testar essas hipóteses, para que possa validá-las ou não. Nesse grau, deixando o professor como agente principal no levantamento de hipóteses, poderá alterar todo o plano de trabalho que o aluno iria seguir, assim como, na maneira de obter os dados e conseqüentemente na conclusão da sua atividade experimental investigativa.

No grau 4 o aluno possui quase toda autonomia, não tendo somente a responsabilidade da elaboração do problema, onde esse será proposto pelo professor. O aluno atuará como o agente principal, sendo o único responsável pelo levantamento das hipóteses, da elaboração do plano de trabalho e na obtenção de dados. Somente na conclusão que o aluno irá compartilhar, primeiramente com o professor e posteriormente com a turma. É possível considerar que esse é um ótimo nível de investigação, uma vez que nele, a conclusão será de acordo com as hipóteses que foram elaboradas pelos alunos, que serão validadas ou não no momento de concluir, também podendo concluir se errou ou não em seu planejamento de trabalho ou na obtenção de dados. Uma boa prática experimental não é somente aquela que dá a “resposta certa”, mas, aquela que consegue identificar os erros cometidos durante ela, ou seja,

saber quais os fatores foram determinantes para não chegar na “resposta certa”, deixa a conclusão rica de conhecimentos, precavendo para futuras práticas experimentais semelhantes.

O grau 5 é o mais avançado, onde possui o máximo de participação do aluno. Nesse tipo de investigação o aluno tem total liberdade para criar um problema, levantar hipóteses, definir o plano de trabalho, a maneira que irá obter os dados e será o agente principal na conclusão dos dados, seguido do professor e posteriormente a turma. Esse grau requer bastante conhecimento científico da turma, ou seja, é necessário um bom conhecimento acerca do tema abordado na prática, para que seja possível o aluno criar um problema do assunto tratado. É possível afirmar que este nível de ensino de investigação é o máximo que o aluno pode chegar, assim, é classificado como o último nível.

Borges (2002) valoriza muito o problema aberto, ele destaca a diferença entre o laboratório tradicional e o laboratório com atividades investigativas em três aspectos: O primeiro destacado por ele, é quanto ao grau de abertura, onde o laboratório tradicional funciona com roteiros que são previamente definidos estreitando o grau de abertura. Já no laboratório aberto tem como característica um experimento aberto que dá toda liberdade ao aluno no planejamento.

O segundo destaque refere ao objetivo da proposta da aula, uma vez que o laboratório tradicional tem como objetivo comprovar leis da física, sendo que no laboratório aberto, tem como finalidade, investigar os fenômenos da natureza. O terceiro destaque, dá ênfase às atitudes dos alunos, pois no laboratório tradicional, o aluno carrega o compromisso com o resultado, já o laboratório aberto tem como interesse, que o aluno apresente responsabilidade nas investigações com o objetivo de que no final de todo o processo, o aluno seja capaz de criar hipóteses, desenvolver seu conhecimento e que seja capaz de avaliar seus resultados.

Borges (2002) categoriza as divisões nas classificações nos níveis de investigação. Como dito anteriormente, ele divide a classificação em quatro níveis de ensino. Os níveis são separados em uma tabela como podemos observar na figura 9.

Figura 9: Níveis de investigação de Borges (2002).

Nível de Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Imagem retirada do artigo do autor Borges (2002)<sup>9</sup>

O nível 0, não pode ser classificado como ensino investigativo, uma vez, que não apresenta investigação por parte dos alunos. O professor é o agente principal nessa metodologia de ensino, pois nele, o professor fornece aos alunos, os problemas, os procedimentos e até mesmo conclui para os alunos. Esse nível corresponde ao modelo tradicional de ensino e ainda é utilizado hoje em dia.

No nível 1, o aluno ganha somente a liberdade para concluir. Nesse nível o professor continua sendo o agente principal, pois ele é responsável em fornecer o problema e definir aos alunos os procedimentos que serão adotados durante a prática experimental. Esse nível então não caracteriza o ensino como investigativo, pois o professor atuante dessa maneira, impede que o aluno formule suas hipóteses, teste-as, validando ou não. Borges (2002) destaca que o aluno tenha liberdade para elaborar o planejamento na busca de comprovar ou validar um conceito, sendo que o professor seja apenas mediador entre o grupo e as tarefas somente no momento de indecisão, falta de clareza ou consenso.

No nível 2, o professor deixa de ser o agente principal, e o aluno passa a assumir esse papel. O professor tem a responsabilidade da elaboração do problema, que possibilitará ao aluno criar suas hipóteses, fazer os levantamentos de dados e construir toda a metodologia para obtenção de dados. Apesar do professor de ficar somente com a formulação do problema, ele tem a principal tarefa no ensino investigativo, pois, é ele que permitirá o aluno de fato investigar com o problema aberto e não um problema de resposta curta. Borges (2002) mostra um exemplo

<sup>9</sup> Disponível em < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607> > Acessado em 16/11/2022 às 21:41.

de pergunta, como na figura 8. Esta permite tudo que é necessário no ensino investigativo, classificado pelo autor, como um problema aberto, que possibilita o aluno desenvolver seu raciocínio. Esse exemplo citado pelo autor, pode ser classificado como um problema de grau 2, uma vez que, o problema foi proposto pelo professor, e o aluno que irá desenvolver a sua metodologia na resolução do problema, tendo o professor somente como mediador, sem que interfira em seu pensamento.

No nível 3, o professor atua somente como mediador em todas as etapas do ensino investigativo. Nele, o aluno é o principal responsável em todas as etapas. Ele será responsável em criar um problema, criar uma metodologia para dar respostas ao problema e concluir sobre o problema criado por ele. Esse nível é o mais avançado no ensino investigativo e o mais difícil de conseguir alcançar, uma vez que, o aluno deverá ser o autor do problema. Como dito anteriormente, criar o problema é uma tarefa difícil, até mesmo para o professor não é fácil, já que este foi doutrinado com perguntas de múltipla escolha, exercícios de relacionar e outras. Deixar uma pergunta com um problema aberto para si é alcançar um nível bem avançado de aprendizagem.

No artigo de Borges (2002), ele utiliza um exemplo de uma atividade experimental de nível 2, como o problema da figura 8. Nele o autor coloca o aluno diante um problema que possibilita o aluno seguir todas as outras etapas para classificar o ensino como investigativo. Nesse problema o aluno tem a possibilidade de fazer o levantamento de hipóteses, o questionamento dos resultados, encontrar estratégias para montar o plano de trabalho e obter os dados, para assim poder concluir juntamente com o professor e a turma, as suas próprias hipóteses, seus planejamentos, as maneiras de obtenção de dados, e as suas conclusões. Como dito anteriormente, não é fácil elaborar uma atividade que irá permitir isso ao aluno e é necessário muito interesse e planejamento por parte do professor, uma vez que é uma atividade que irá requerer conhecimento prévio dos assuntos tratados e que permita os alunos executarem a prática, com os instrumentos que eles possuam em casa.

É importante observar que a atividade investigativa proposta aos alunos tem que ser aberta, de maneira que vá dar a ele possibilidades de questionamentos, levantamento de hipóteses, permitindo criar planos para resolvê-las, com estratégias para obtenção de dados para que o aluno consiga concluir a respeito do seu trabalho. Assim um bom problema de atividade investigativa é o que oferta tudo isso ao aluno.

## **4. PRODUTO EDUCACIONAL E A SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

### **4.1. OBJETIVO E MOTIVAÇÃO**

O trabalho desenvolvido tem como um dos objetivos a aprendizagem dos alunos de uma maneira não tradicionalista. Ele permite que o aluno levante hipóteses, formule perguntas para si e que busque testar, conseguindo ou não validar suas hipóteses no ensino investigativo. Nele o aluno terá a possibilidade de explorar um assunto que possui bastante concepções alternativas, que será a transferência de calor. Essa proposta permite trabalhar os sistemas termodinâmicos adiabáticos e não adiabáticos. A motivação pela escolha do tema é a falta da abordagem do assunto em livros de física pelo tema sistemas não adiabáticos.

A proposta do trabalho é inserir os estudantes em um contexto de ensino investigativo para a aprendizagem dos conceitos relacionados à transferência de calor e mostrar aos alunos que realmente um sistema ideal não existe, mas que há uma diferença entre um sistema próximo de um ideal, que é a garrafa térmica, com um sistema real. A fim de que o aluno consiga de fato a percepção de dois sistemas totalmente distintos e assim permitindo a investigar dois fenômenos importantes na física, o sistema adiabático e o não adiabático. A maioria das escolas se utiliza de uma prática educacional tradicional até os dias de hoje, onde abandona o principal sujeito no processo de ensino-aprendizagem, o estudante, e não considera a vivência ou até mesmo o contexto em que este está inserido. Sobre essa prática educativa Borges (2002) considera que: “O ensino tradicional de ciências, da escola primária aos cursos de graduação, tem se mostrado pouco eficaz, seja do ponto de vista dos estudantes e professores, quanto das expectativas da sociedade (p. 292)”. Basicamente o que ele quis dizer, é que as práticas de ensino estão engessadas, gerando assim, uma distância enorme entre o estudante e o que se pretende ensinar. Portanto, desprender desse engessamento se torna necessário quando se pretende uma aprendizagem com significado para os estudantes.

A sequência metodológica para a aplicação do produto teve que sofrer alterações, pois o trabalho estava tomando rumo para uma aplicação presencial, com todas as estratégias para isso. Entretanto, o mundo passou por uma situação que ninguém esperava, com o surgimento da COVID 19 que durou cerca de dois anos, guiando o trabalho para um lado totalmente diferente do planejado, que foi a aplicação remota. Mas no final da elaboração da metodologia para uma aplicação remota, as medidas de proteção foram afrouxando e a escola adotou o sistema híbrido, sendo assim, foi necessário mais uma vez fazer ajustes na sequência

metodológica para a aplicação nesse sistema. O quadro 1 apresenta de forma resumida o cronograma de aplicação da sequência de ensino por investigação aplicada.

Quadro 1 – Cronograma de aplicação da sequência didática.

<b>Aulas</b>	<b>Atividade</b>	<b>Objetivo</b>
1 e 2	Discussões sobre os conceitos de trocas de calor, calor específico, capacidade térmica e calorímetros.	Fornecer subsídios e levantar os conhecimentos prévios dos estudantes para que estes possam ser capazes de desenvolver hipóteses, elaborar um plano de trabalho e obter conclusões com as atividades investigativas.
3 e 4	Aplicação da primeira atividade da SEI.	Construir um calorímetro artesanal e determinar a capacidade térmica do calorímetro.
Tarefa de casa	Aplicação da segunda atividade da SEI.	Construir um calorímetro artesanal e determinar a capacidade térmica do calorímetro com a apresentação do vídeo do produto educacional.
Tarefa de casa	Aplicação da terceira atividade da SEI.	Proporcionar aos alunos uma reflexão e discussão sobre seus procedimentos e resultados para que durante a aula seguinte o professor consiga estimular uma discussão em sala de aula.
5 e 6	Apresentação do produto e discussão em sala de aula com mediação do professor	Apresentar aos alunos o produto, a fim de verificar os instrumentos utilizados no vídeo. Realizar questionamentos, debates e mediar a turma para uma conclusão do assunto.

Fonte: O autor.



## 4.2. DESCRIÇÃO DA PRIMEIRA ATIVIDADE DA SEI

O trabalho consistiu em utilizar uma metodologia investigativa a fim de ampliar a abordagem de conteúdos como os da termodinâmica, onde são considerados quase sempre problemas em sistemas ideais. Sendo a garrafa térmica um produto acessível à maioria, isso irá permitir fazer um estudo mais detalhado, considerando que este é um dos sistemas mais perto de um sistema ideal. Com a sequência didática que apresentaremos é possível estudar a capacidade térmica da garrafa criada por eles e a troca de calor entre a sua garrafa térmica e a água por exemplo, comparando a troca de calor entre dois sistemas bastante distintos, o da garrafa e um copo de vidro submerso em uma solução de água e gelo.

Para a primeira prática da garrafa térmica, foi elaborado uma atividade experimental investigativa para que os alunos pudessem conflitar suas hipóteses diante de um problema aberto, que permite o aluno a elaborar o seu plano de trabalho, sua execução prática e extrair suas conclusões. Para o professor será possível diagnosticar suas concepções alternativas a respeito da troca de calor entre dois ou mais corpos. Como o ensino era remoto no período da aplicação, era importante elaborar uma prática que fosse de fácil acesso aos estudantes. Na primeira atividade é solicitado que o aluno crie uma maneira de armazenar uma bebida gelada por mais tempo possível e em seguida, uma para armazenar uma bebida quente por mais tempo. Ambas as atividades foram realizadas e relatadas com fotos, com a explicação dos métodos utilizados por eles, onde é possível verificar muitas das concepções dos alunos sobre o tema calor. A atividade proposta foi a seguinte:

**“Suponha que necessite armazenar uma bebida “quente” em recipiente que não seja uma garrafa térmica. Elabore uma prática com um relatório (contendo introdução, objetivos, materiais utilizados, desenvolvimento, discussão de resultados e conclusão), indicando todo procedimento a fim de manter a bebida o “mais quente” possível. Agora imagine que tenha uma bebida bastante “gelada” e deseja conservar ela “gelada” por um longo tempo. Qual seria o procedimento? Faça outro relatório, similar ao da bebida “quente”. (Obs: insira fotos dos objetos utilizados e dos procedimentos adotados)”.**

A abordagem contextualizada na elaboração de uma problematização se torna necessário, uma vez que o aluno consegue ter uma boa percepção do fenômeno ocorrido e sendo assim, consegue elaborar várias hipóteses sobre a atividade então proposta. A pergunta ofertada ao aluno tem como objetivo que ele reflita no processo de trocas de calor em corpos de diferentes temperaturas, ou seja, um corpo que está a uma temperatura baixa “gelado” e corpo

que está a uma temperatura alta “quente”. Essa pergunta fará que o aluno reflita que o procedimento é o mesmo para ambos, pois muitos estão habituados que o alumínio é para conservar alimentos “quentes” e isopor para alimentos gelados. A pergunta em si, coloca o aluno diante de dois problemas “distintos” que na realidade ele está diante de um único problema, sendo que poderá fazer o mesmo procedimento para ambas as situações.

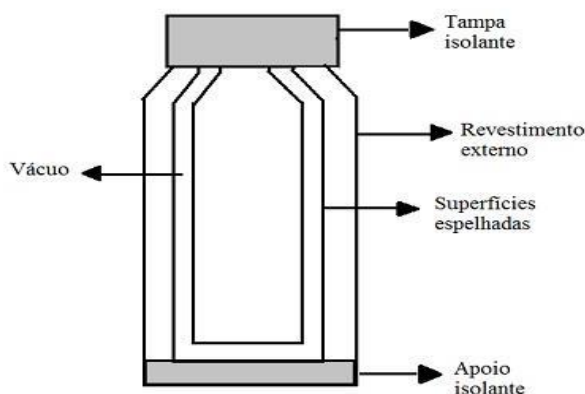
A pergunta permite que o aluno consiga refletir sobre os processos de trocas de calor, assunto em que os alunos apresentam uma ampla concepção alternativa. Também será possível verificar que o meio externo tende sempre a realizar a troca de calor e que essa se dá do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura. Sendo assim ele será capaz de verificar se ele vai evitar que o meio externo dará ou receberá calor do corpo que está sendo estudado.

#### 4.3. DESCRIÇÃO DA SEGUNDA ATIVIDADE DA SEI

Na segunda atividade do primeiro questionário que foi solicitada no trabalho irá permitir o aluno determinar a capacidade térmica da garrafa térmica. Para isso, foi elaborada uma pergunta aberta baseada no artigo de Borges (2002). Nele o autor elabora uma pergunta com total clareza, para que o aluno conseguisse determinar a velocidade inicial no lançamento de projétil em um determinado experimento, como ilustrado na figura 10. A pergunta apresentada na segunda atividade do questionário, proposta ao aluno foi a seguinte:

**“Uma garrafa térmica é constituída por duas camadas com vácuo entre elas, como se uma garrafa estivesse dentro da outra e ambas utilizassem o mesmo gargalo. Essas camadas são feitas de um material isolante térmico, normalmente o vidro, que são espelhados. Como você faria para determinar a capacidade térmica da sua garrafa térmica? Planeje e execute um experimento que lhe permita fazer isto. Utilize a sua garrafa térmica e faça as medidas que julgar necessárias para resolver esse problema. Escreva em seu relatório o procedimento utilizado, os valores das medidas que você fez e o valor encontrado para a capacidade térmica. (Obs: insira fotos dos objetos utilizados e dos procedimentos adotados)”.**

Figura 10: Figura utilizada como referência para os alunos na pergunta.



Fonte: Imagem retirada do site preparaenem<sup>10</sup>

Na segunda pergunta da SEI, é possível perceber que a própria pergunta explica como funciona a garrafa, permitindo ao aluno que não conhece a montagem de uma garrafa térmica, consiga dar oportunidade ao raciocínio sobre o tema, para assim, realizar suas hipóteses e conseguir absorver o conteúdo transmitido. Além disso, a pergunta permite que ele investigue, e avalie seus pensamentos e repostas encontradas para determinados assuntos, conseguindo determinar a capacidade térmica.

#### 4.4. DESCRIÇÃO DA TERCEIRA ATIVIDADE DA SEI

Tendo recebido as respostas das questões apresentadas, no final da aula, foi liberado para eles outra atividade da SEI, contendo um link que dá acesso ao vídeo do produto educacional, descrito com maiores detalhes no apêndice A. Este é composto por uma garrafa térmica que tem a temperatura em seu interior monitorada por um sensor de temperatura DS18B20 conectado a plataforma Arduino e outro sistema não-adiabático que também tem sua temperatura monitorada. No caso, foi utilizado um copo de vidro. Através da comunicação da plataforma com o Excel, foi possível construir os gráficos da variação da temperatura em função do tempo para os dois sistemas.

<sup>10</sup> Disponível em < <https://www.preparaenem.com/fisica/garrafa-termica.htm> > Acessado em 29/08/22 às 23:46

Após assistirem ao vídeo do produto educacional, foi solicitado aos estudantes refazerem a primeira e a segunda atividade da SEI. Posteriormente os alunos realizaram a terceira atividade, descrita abaixo:

**“Após a realização da prática faça uma comparação da sua prática com a adotada pelo seu amigo e com a prática proposta no vídeo, descrevendo se houve diferença ou semelhança entre elas, indicando qual metodologia entre as duas seria a mais adequada para a tarefa. Os valores encontrados para capacidade térmica das garrafas necessariamente têm que ser iguais? Faça um texto justificando a resposta”.**

**Link do vídeo:** [https://youtu.be/\\_wEbx03RrZM](https://youtu.be/_wEbx03RrZM)<sup>11</sup>

A terceira atividade tem como objetivo proporcionar uma reflexão dos estudantes sobre seus procedimentos e estimular a interação entre eles.

---

<sup>11</sup> Disponível em < [https://youtu.be/\\_wEbx03RrZM](https://youtu.be/_wEbx03RrZM) > Acessado em 24/09/2023 às 10:30.

## **5. APLICAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS**

### **5.1. O CONTEXTO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

A aplicação do produto educacional ocorreu na escola que iniciei trabalhando como professor de reforço no ano de 2009 e fui contratado como professor efetivo no ano de 2012. A escola fica na cidade de Três Rios, interior do estado do Rio de Janeiro. Lá atuo como professor de Geometria para o ensino fundamental 2 e como professor de Física para todos os anos do ensino médio. A escola ainda não possui um laboratório de física, mas já possui alguns instrumentos de práticas de física que foram comprados para a montagem dele. O laboratório não foi estruturado devido à falta de salas na escola, uma vez que a proprietária queria um local amplo, para a construção de um laboratório de ciências naturais, atendendo as disciplinas de química, biologia e física. A escola é solidária ao professor. Caso seja solicitado algum material para que possa ser trabalhado com os alunos, a fim de realizar uma prática, para que possam de fato ter uma aprendizagem, a escola não mede esforço.

A aplicação aconteceu em um período que o mundo estava começando a voltar à normalidade depois da pandemia que nos assolou. Um pouco antes da aplicação, as escolas interromperam totalmente as aulas presenciais, ofertando somente aos alunos a aula virtual. Nesse período, as escolas, os professores e os alunos passaram a conhecer vários programas de computador, aplicativos para celulares que ajudavam a não interromper o sistema de ensino naquele momento. Essas aulas eram totalmente online (ensino remoto), com os professores e alunos nas suas casas, onde era impossível haver a interação professor - aluno como acontece normalmente em sala de aula. Com o passar do tempo os professores foram obrigados a darem as aulas online da escola, tendo que cumprir o horário totalmente na escola. Já quase no final da pandemia o ensino passou a ser no sistema híbrido. Esse sistema permitia o aluno escolher o que achasse melhor para ele naquele momento, pois muitos tinham familiares com comorbidades, situação que poderia ser agravada com o Coronavírus.

As aplicações do produto na escola ocorreram em duas datas distintas no mês de julho de 2021 para a turma do 2º ano do ensino médio. A primeira aplicação da primeira versão do questionário ocorreu no dia 07/07/2021 no sistema híbrido. Nessa data os alunos receberam a atividade da SEI no início da aula, tanto os alunos em casa, quanto os alunos presenciais, uma vez que foi permitido usar o celular para abrirem a atividade da SEI no momento da aplicação do produto. Os alunos que estavam presentes não puderam montar as práticas propostas a eles

nas duas atividades da SEI, uma vez que eles não possuíam materiais suficientes para a realização deles. Assim, nessa tarefa, foi pedido a eles para que escrevessem os procedimentos que iriam adotar para conseguirem realizar a prática, relatando um passo a passo, de tudo que iriam fazer, incluindo os materiais que iriam utilizar. Os alunos que estavam em casa também poderiam fazer o mesmo que os alunos presentes, para que pudesse ser justo com ambos, já que estávamos no sistema híbrido de ensino.

No final da aplicação, depois de duas aulas seguidas (cada aula de 50 minutos), foi pedido a todos que registrassem através de fotos ou vídeos os procedimentos que eles adotaram nos textos que foram entregues ao professor. O prazo estabelecido para que reproduzissem essas atividades foi de 24 horas, já que era somente fazer o registro da sequência que seria adotada por eles.

A segunda aplicação das atividades ocorreu de forma remota. Os alunos tiveram uma semana, do dia 08/07/2021 até o dia 14/07/2021, ou seja, um dia após a aplicação da primeira atividade da SEI, ficou disponível para eles assistirem o vídeo do produto e responder novamente a atividade, só que com a oportunidade de terem assistido o vídeo do produto educacional, tendo mais informações sobre o assunto, que foi incorporado às discussões prévias com as perguntas anteriormente à aplicação da primeira atividade da SEI.

No dia 14/07/2021, foi aberta a discussão sobre o vídeo durante a aula, solicitando os relatos do que acharam do vídeo, o que tinham pensado de diferente da proposta apresentada pelo vídeo, das estratégias previamente adotadas, das estratégias que poderiam ser tomadas após o vídeo do produto e das discussões que tiveram com os amigos a respeito das práticas que cada um adotou. Essa aula foi bastante produtiva, pois ocorreram bastante discussões sobre o assunto abordado. Ao final da aula, sugerimos que pudessem modificar o trabalho aqueles que enviassem a atividade sem ordenação de fotos, ou seja, sem nenhuma organização, sem o título das fotos e para aqueles que não tinham entregue, que ainda poderiam entregar até o dia 12/08/2021. O prazo foi longo, devido ao fato deles estarem no período de recesso do mês de julho e pudessem elaborar um bom trabalho, sendo que assim que retornassem, no dia 05/08/2021, teriam um prazo de uma semana para poderem realizar as modificações (somente aqueles que não mandaram de forma organizada).

No dia 07/07/2021, na primeira aplicação da atividade da SEI, no sistema híbrido, a aula contou com 15 alunos, sendo 10 alunos presenciais e 5 alunos online, onde foi possível obter 12 atividades entregues. No dia 14/07/2021, na segunda aplicação, após a apresentação do produto, a aula teve a participação de 12 alunos no sistema híbrido, sendo 9 alunos presenciais e 2 alunos online. Nessa atividade, obteve-se 9 atividades entregues.

O menor número de alunos e atividades entregues após a aplicação do vídeo, pode ter ocorrido por dois fatores, sendo o primeiro que muitos alunos já estavam de recesso, uma vez que não tinham ficado de recuperação semestral, e o segundo devido ao PISM<sup>12</sup> ter ocorrido na semana dessa atividade, nos dias 10 e 11 de julho de 2021. Na escola muitos alunos realizam a prova do PISM devido à proximidade da cidade a Universidade Federal de Juiz de Fora, onde essa dista aproximadamente 60 km da cidade, sendo assim, a data pode ter influenciado na aplicação e nos resultados da aplicação do produto.

Uma observação importante é que a versão final da atividade foi criada pois alguns alunos tinham enviado fotos fora de ordem dentro texto, sem a explicação de cada uma (sem título). Havia também fotos que não estavam na ordem das práticas realizadas, assim solicitamos que arrumassem os trabalhos preservando o que já havia entregue. Sendo assim, 7 alunos que enviaram o trabalho acharam que deveriam realizar alguns ajustes no segundo questionário e os demais disseram que o que já tinham mandado era a versão final da atividade que foi proposta a eles, mostrando novamente um engajamento com a atividade proposta.

## 5.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

Um dos pontos a ser analisado em nossa sequência didática será o engajamento dos alunos com relação às atividades propostas a eles. Nessa análise, será levado em consideração o empenho do aluno com relação à atividade, o capricho com a prática, o prazo de entrega, ou seja, verificando de fato se esse aluno se sentiu atraído pela atividade.

No trabalho também será analisado a abordagem dos estudantes para a resolução das atividades investigativas, ou seja, se eles levantaram suas hipóteses, construíram um plano de trabalho e se conseguiram executar o seu plano chegando a alguma conclusão. O trabalho tem a metodologia no ensino por investigação, assim, vamos relatar se os alunos conseguiram de fato seguir os passos que eram esperados para a abordagem dos problemas investigativos. Nessa metodologia de análise, será avaliado também a evolução conceitual dos alunos durante a aplicação da sequência didática.

As respostas às atividades serão agrupadas, por semelhança, de acordo com suas ideias centrais. Podemos classificar as respostas dos alunos em ambas as aplicações, como concepções alternativas a respeito da atividade, respostas embasadas cientificamente e

---

<sup>12</sup> Programa de Ingresso Seletivo Misto – É o programa de avaliação seriado para o ingresso na Universidade Federal de Juiz de Fora.

parcialmente corretas a respeito da atividade; respostas embasadas cientificamente e corretas a respeito da atividade. As respostas corretas e parcialmente corretas a respeito da atividade, são aquelas nas quais os alunos demonstram algum domínio dos conceitos científicos envolvidos no problema proposto e conseguem aplicar esse conhecimento de forma parcial ou correta para a resolução do problema respectivamente. As respostas classificadas como concepções alternativas são aquelas nas quais os estudantes não conseguiram elaborar uma resposta técnica adequada relacionada ao conteúdo da atividade.

A aplicação teve que contar com atividades no formato de formulários eletrônicos, já que a muitos alunos ainda estavam no sistema remoto. Como todos os alunos que estavam no ensino presencial possuíam celulares, a atividade no formato de questionários eletrônicos foi uma maneira mais fácil de chegar a todos de uma maneira mais rápida e de forma que as atividades podiam ficar armazenadas em uma conta.

Essa aplicação contou com dois formulários eletrônicos, em duas aplicações com datas distintas. No primeiro formulário havia duas atividades investigativas e não havia sido apresentado até o momento o vídeo do produto educacional. Para realizar estas atividades os alunos usaram somente o conhecimento adquirido nas aulas através da sequência didática, a aula de discussões com as perguntas feitas aos alunos e seus conhecimentos prévios. No segundo formulário, os alunos tiveram uma semana e a oportunidade de assistir o vídeo do produto, disponibilizado no link, para assim confrontarem as respostas das atividades respondidas anteriormente com a demonstração realizada no vídeo e com as respostas dos colegas de turma.

### 5.3. PRÉ APLICAÇÃO

Antes da aplicação das atividades foram realizadas 4 aulas, para que o aluno tivesse um conhecimento do assunto que seria trabalhado posteriormente. No final da última aula, que antecedeu a aplicação, foram realizadas várias perguntas para que fosse possível realizar reflexões, debates entre os alunos, questionamentos e outros. Foi pedido a dois alunos que me ajudassem anotando as perguntas que estavam sendo feitas a eles, e as respostas dadas a essas perguntas pelos alunos, e anotar somente a que eles adotariam como a mais adequada. O interesse em realizar as anotações demonstra o engajamento dos alunos com a atividade proposta a eles, sendo que foram dois alunos que tiveram o interesse em realizar as anotações das mesmas perguntas e respostas durante as aulas.



A discussão sobre os assuntos abordados contou com a participação efetiva dos alunos, havendo assim uma boa interação professor-aluno na aula. Essa aula foi bastante interessante, pois, praticamente todos os alunos participaram de forma ativa, respondendo, realizando perguntas e tirando dúvidas após as respostas, com um bom engajamento com a aula. As perguntas e as respostas anotadas durante a aula foram transcritas pelos dois alunos descritos e estão apresentadas nas figuras 11 e 12.

Algumas das perguntas despertaram muito o interesse dos alunos, a pergunta 7, sobre a finalidade do agasalho, foi bastante interessante. Alguns ainda não tinham abandonado as concepções prévias dando a resposta que praticamente todo mundo fala, que é de esquentar. Após essa pergunta, fizemos a seguinte indagação ao aluno:

- Ele vai esquentando a pessoa?

Ele me respondeu:

- Sim, professor!

Daí fiz a seguinte pergunta.

- Mas se esquenta, não chega a queimar a pele?

A partir dessa pergunta, ele ficou parado, pensando, juntamente com todos aqueles que falam isso no cotidiano, e daí alguns alunos responderam de maneira satisfatória, reforçando que a finalidade era de isolar o corpo, para que não ocorra a troca de calor dele com o meio externo. Essa pergunta está totalmente alinhada à prática da primeira atividade da SEI, que tinha como finalidade conservar a temperatura de uma bebida gelada ou quente por um maior intervalo de tempo.

Outra pergunta que também gerou uma participação ativa dos alunos foi a pergunta sobre o cozimento do macarrão. Ela indagava se eles sabiam cozinhar macarrão. Como os adolescentes são práticos e modernos, eles relataram que era fácil. Sendo assim, perguntamos a eles:

- Tem que esperar a água ferver para adicionar o macarrão nela?

Eles responderam prontamente que sim. Após a resposta, os questionamos sobre o porquê de ter que adicionar o macarrão com a água fervendo, e ninguém respondeu, gerando um pensamento de modo coletivo em todos por alguns segundos. Após esse tempo, realizamos discussão em sala de modo a pensarem que a quantidade de massa, adicionada a água fará com que a temperatura da água abaixe consideravelmente, de maneira que atrapalhe o cozimento do macarrão. As aulas de discussões aproximam os alunos da realidade em que vivem, colocando-os de frente com o mundo que realmente faz sentido a eles. Nessa aproximação da realidade ao

aluno, ele consegue uma melhor assimilação do conteúdo, ou seja, quebrando os conhecimentos prévios, que na maioria das vezes é errado.

Figura 11: Perguntas e respostas realizadas durante a aula expositiva anotada pelo aluno G.

Perguntas e respostas 30/06/2021

- |  |  |
|--|--|
| <p>1. O que acontece com o copo de café quente quando se põem em cima da mesa?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: Ocorrerá a troca de calor com o ambiente.</b></p> <p>2. Como ocorre essa troca de calor?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: O corpo de maior temperatura cede calor para o ambiente.</b></p> <p>3. O que seria um sistema isolado?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: Um sistema isolado do ambiente, ou seja, isolado do meio externo.</b></p> <p>4. O que ocorre em um sistema isolado?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: Ele não troca calor com o meio externo.</b></p> <p>5. Em um sistema isolado há dois corpos com temperaturas diferentes, o que irá acontecer?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: A troca de calor entre os dois.</b><br/><b>R<sub>2</sub>: A temperatura irá se equilibrar.</b></p> <p>6. Como ocorre?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: O corpo com maior temperatura irá ceder para o de menor.</b></p> | <p>7. Qual finalidade do agasalho?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: Não deixar que seu corpo troque calor com o meio externo.</b></p> <p>8. Só se usa agasalho na época de frio?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: Não.</b><br/><b>R<sub>2</sub>: A finalidade do agasalho não é esquentar e sim evitar que o corpo troque calor com o meio externo.</b></p> <p>9. Alguém já ouviu falar em capacidade térmica?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: É a quantidade de energia necessária para fazer variar em uma grama.</b></p> <p>10. Alguém sabe fazer macarrão?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: Espera ferver a água para cozinhar mais rápido e para não dar problema.</b></p> <p>11. Importa a quantidade de água?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: Sim, pois se colocar pouca água atrapalha.</b></p> <p>12. É certo fritar vários bifês de uma vez?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: Não, pois vai atrapalhar o cozimento.</b></p> <p>13. O que acontece. Interfere?</p> <p><b>R<sub>1</sub>: Volume de água interfere.</b></p> |
|--|--|

Fonte: Autor

Figura 12: Segunda parte de perguntas e respostas durante a aula expositiva anotadas pelo aluno G.

14. Exemplo de objetos com mesma quantidade de calor? O que podemos concluir?

**R<sub>1</sub>: Quanto menor for a variação, maior será a capacidade térmica.**

15. O que significa ter capacidade térmica maior?

**R<sub>1</sub>: Significa que necessita de maior caloria para varia 1° C.**

16. O estado físico da matéria influencia no calor específico?

**R<sub>1</sub>: Sim.**

17. O que é um calorímetro?

**R<sub>1</sub>: É o local isolado para estudar corpos em que um meio externo não atrapalhe.**

Fonte: Autor

Durante as aulas anteriores à aplicação do produto educacional, foi ofertado aos alunos novos conhecimentos, para que pudesse dar ao aluno subsídios antes que eles realizassem a prática da SEI. Essa possui um grau alto de investigação, o que poderia deixar o aluno “frustrado” caso não conseguisse resolver a prática. Nessas aulas que antecederam a aplicação foi perceptível que os alunos possuíam muitas concepções alternativas sobre troca de calor, principalmente a aula 1. Já no final da aula 2, que iria anteceder a aplicação, foram realizadas algumas perguntas durante a aula e a maioria dos alunos conseguiram dar a resposta correta. Com algumas respostas incorretas de alguns alunos, eram sempre abertas discussões sobre o tema, para que acontecesse o engajamento de todos, tendo assim a atenção deles nesse momento, principalmente aqueles que não tinham dado a resposta de maneira correta. Percebemos em nossas interações que os alunos que estavam acompanhando as aulas com maior atenção conseguiram fornecer respostas corretas sobre o assunto calor, troca de calor e outros, ajudando no momento das discussões em sala de aula. Outros alunos apresentaram

concepções alternativas e essas são muito difíceis de serem abandonadas. A concepção é formada no aluno no decorrer da sua montagem cognitiva ao passar dos anos, que na maioria dos casos, não está de acordo com a ciência em geral.

As concepções alternativas também conhecidas como concepções espontâneas são entendidas como os conhecimentos que os alunos detêm sobre os fenômenos naturais e que muitas vezes não estão de acordo com os conceitos científicos, com as teorias e leis que servem para descrever o mundo em que vivem. (De Menezes Leão, 2015, p. 3)

Essas concepções alternativas também são conhecidas como concepções espontâneas, ou seja, são totalmente naturais e são compreendidas como os conhecimentos que os alunos já carregam com eles sobre fenômenos naturais. Na maioria das vezes essas concepções não estão de acordo com os conceitos científicos que explicam diversos fenômenos naturais. Estas concepções alternativas também são chamadas de senso comum, que estão constantemente presentes no cotidiano dos alunos e professores, e que necessitam de uma alteração conceitual para que possa ser transformado em um conhecimento científico.

#### 5.4. ATIVIDADE 1: CONSTRUÇÃO DO CALORÍMETRO

##### **5.4.1 Atividade 1: Antes da apresentação do produto educacional**

Para a primeira pergunta do primeiro questionário, relacionado à conservação da temperatura do líquido “quente” e “frio”, podemos afirmar que quase todas as respostas foram técnicas/científicas. Tivemos somente três respostas de concepções alternativas. Essas mostram como o aluno traz com ele fortemente a concepção do “quente” e “frio”, que é dificilmente quebrado, mesmo após as aulas. O assunto foi bastante abordado nas aulas 1 e 2, justamente a fim de que fosse possível os alunos confrontarem suas concepções e fazer com que eles os abandonassem.

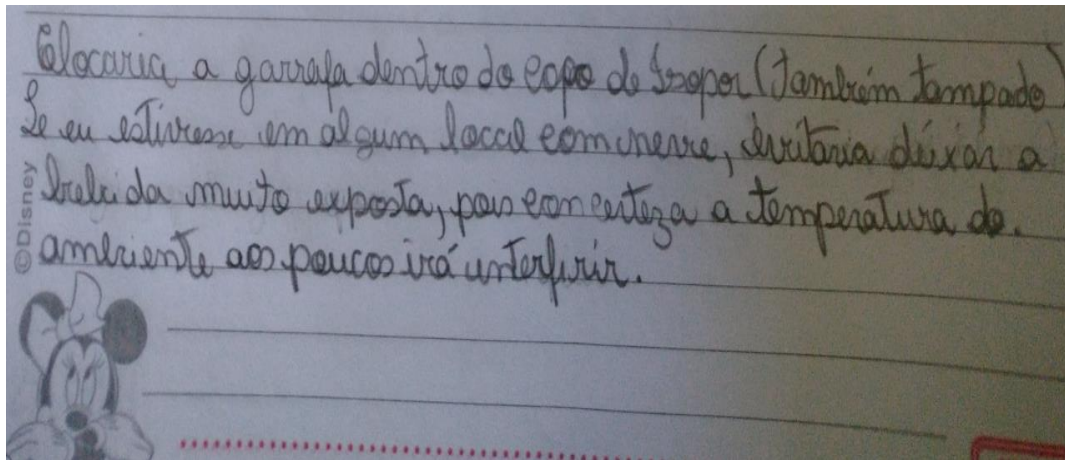
A primeira pergunta da 1ª atividade da SEI tem como objetivo fazer com que o aluno busque soluções para conservar a temperatura da bebida por um maior intervalo de tempo. Nessa atividade foi realizada a distinção de dois casos, justamente para que possa ser testado e avaliado a concepção do aluno em relação a troca de calor entre dois sistemas diferentes. O primeiro era fazer com que o aluno conservasse a temperatura de um corpo “quente” e em seguida conservar a temperatura de uma bebida “gelada”. A primeira pergunta foi a seguinte:

*“Suponha que necessite armazenar uma bebida “quente” em recipiente que não seja uma garrafa térmica, elabore uma prática com um relatório (contendo introdução, objetivos, materiais utilizados, desenvolvimento, discussão de resultados e conclusão), indicando todo procedimento a fim de manter a bebida o “mais quente” possível. Agora imagine que tenha uma bebida bastante “gelada” e deseja conservar ela “gelada” por um longo tempo. Qual seria o procedimento? Faça outro relatório, similar ao da bebida “quente”. (Obs: insira fotos dos objetos utilizados e dos procedimentos adotados).”*

Para essa pergunta, vamos fazer um comparativo com as respostas dos alunos antes e depois de assistirem ao vídeo do produto educacional, para isso, será feita uma identificação dos alunos através de letras, para que torne mais fácil a compreensão da análise dos resultados obtidos. A primeira análise será realizada na atividade da SEI anterior a aplicação do produto educacional, lembrando, que nessa aplicação, os alunos ainda não tinham assistido o vídeo. Para essa atividade os alunos só tiveram a apresentação dos conceitos básicos sobre o assunto de calorimetria.

A figura 13 mostra a resposta da aluna “A”, na qual podemos classificar como uma resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade, uma vez que a aluna utiliza-se de materiais isolantes para a construção de sua garrafa térmica que seriam capazes de manter a temperatura do líquido por um período maior de tempo. A aluna, que respondeu à atividade presencial, não separou por categoria, como os materiais utilizados, as hipóteses e a conclusão, ela relatou tudo em forma de texto, dando uma boa explicação sobre o fenômeno ocorrido, se preocupando em isolar a garrafa do meio externo, colocando-a dentro de um recipiente de isopor, tanto para a bebida gelada, quanto a bebida quente (figura 14). Ao final, mostrou um domínio do conteúdo, se preocupando com o meio em que está, pois o calorímetro dela não é ideal e assim poderia trocar calor com maior facilidade com o meio externo.

Figura 13: Resposta da aluna A dada de forma presencial à primeira pergunta do questionário.



Fonte: O autor

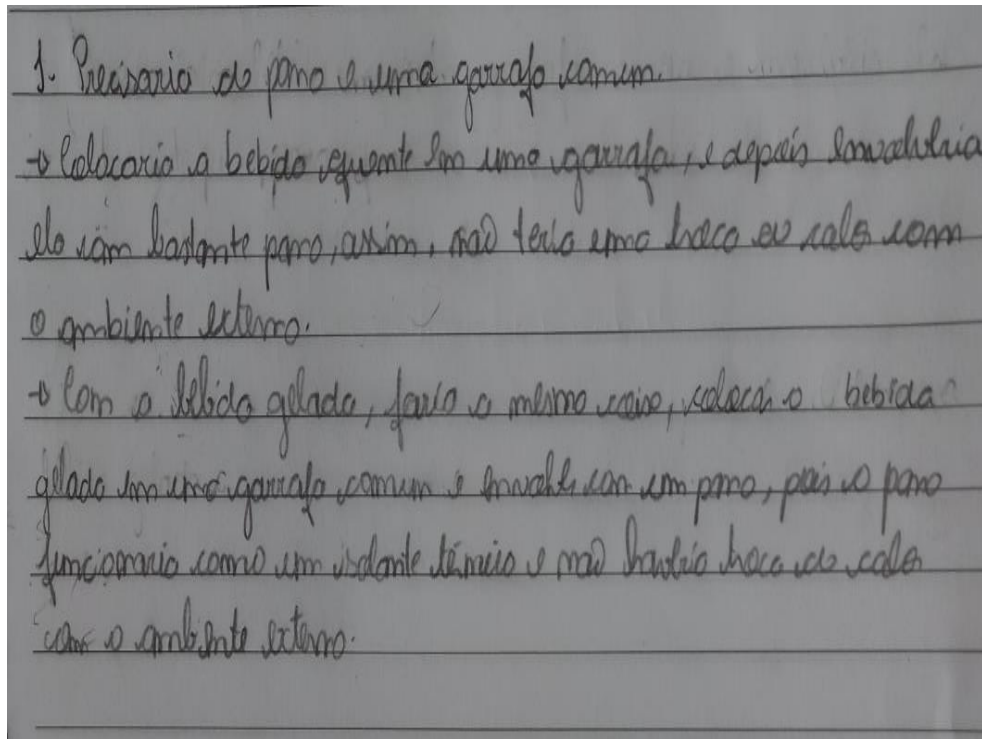
Figura 14: Prática montada em casa pela aluna A para a atividade proposta na aula.



Fonte: O autor

Os relatos dos alunos mostram que eles utilizaram os conhecimentos adquiridos em aula e a aluna B deu uma resposta que podemos classificar como resposta embasada cientificamente e correta a respeito da atividade na atividade 1 da primeira atividade da SEI, como mostrado nas figuras 15 e 16.

Figura 15: Resposta da aluna B, dada de forma online à primeira pergunta do questionário.



Fonte: O autor

Figura 16: Prática elaborada pela aluna B.

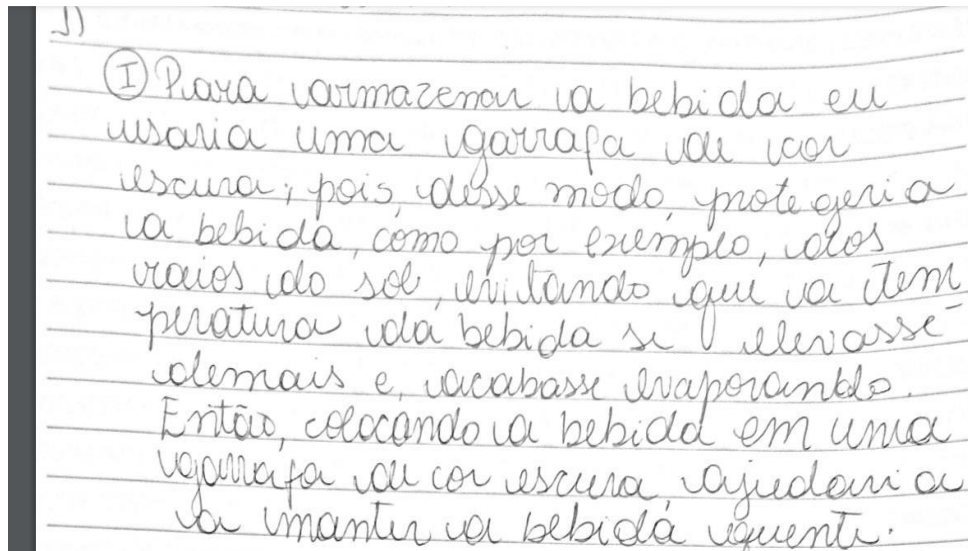


Fonte: O autor

O aluno “C”, que respondeu de forma presencial, também de maneira similar à aluna A, não fez a separação do trabalho em categorias. Ele apresentou a concepção alternativa a respeito à atividade, onde relata que o corpo escuro protegeria a bebida dos raios de sol a fim que a temperatura não se elevasse. Para isto, ele envolve a garrafa em uma fita isolante de cor

preta entendendo que a fita preta absorveria os raios solares evitando o aumento de temperatura no interior da garrafa (figuras 17 e 18).

Figura 17: Resposta do aluno C dada de forma presencial à primeira pergunta do questionário.



Fonte: O autor

Figura 18: Prática realizada pelo aluno C.



Fonte: O autor

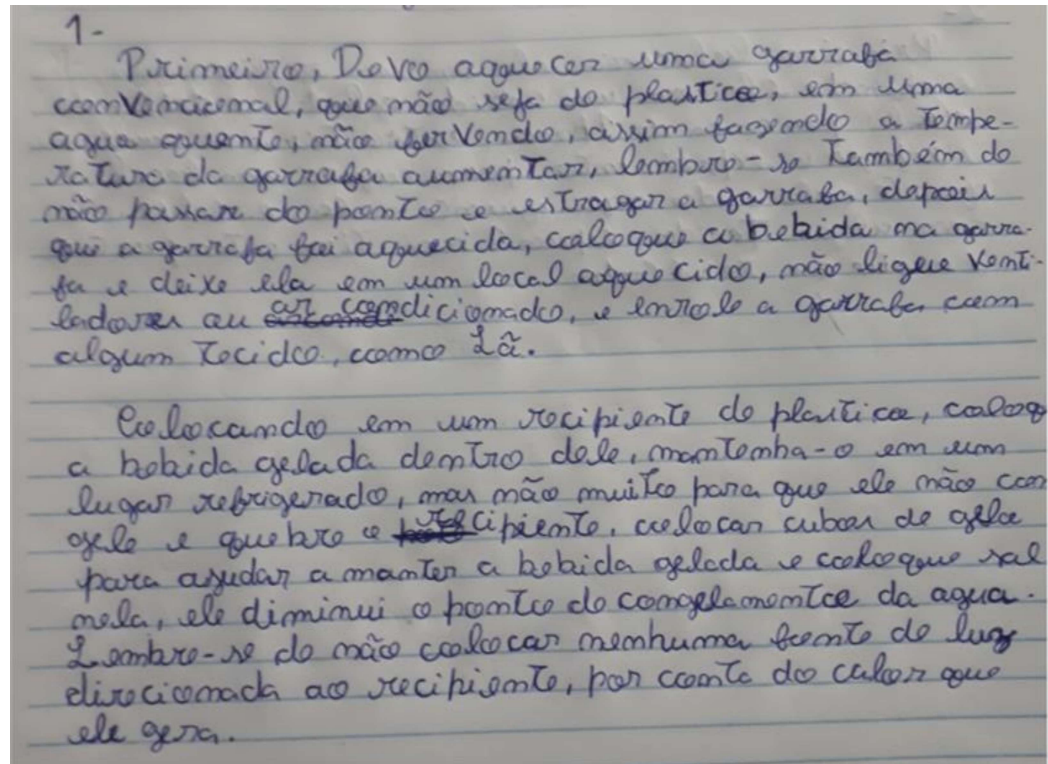
Esse aluno foi indagado pessoalmente e ele relatou que os raios solares que ele quis expressar foi o fato de evitar radiação térmica, nesse caso podemos perceber a concepção que o corpo escuro não absorve calor.

Para o aluno D, podemos perceber a preocupação em aquecer a garrafa para que seja possível colocar o líquido em seu interior e manter a garrafa em um **local aquecido**,



reforçando que não deve ser ligado o ventilador ou ar-condicionado. Para a bebida gelada ele segue a mesma concepção, como mostra a figura 19.

Figura 19: Resposta do aluno D para a primeira atividade 1 da atividade da SEI.



Fonte: O autor

É possível perceber que o aluno se preocupa pouco em isolar o corpo do meio externo a fim de evitar a troca de calor com ele. Mas podemos perceber que o aluno sabe que o meio externo influenciará na variação de temperatura do líquido, o que mostra que o aluno conhece o processo de troca de calor entre os corpos. Ele no final das respostas, para a bebida quente destaca que enrolaria a garrafa em um tecido de lã, a fim que o corpo não perca calor para o meio externo. Para a bebida fria ele faz distinção dos processos, ou seja, usa outro recurso e no final ele se preocupa em não deixar o corpo perto de uma fonte de luz que gera calor sobre ele. A classificação mais adequada ao aluno é uma como resposta embasada cientificamente e parcialmente correta a respeito da atividade.

Como dito anteriormente, a maioria dos alunos conseguiu absorver o conteúdo nas aulas anteriores à aplicação, abandonando de fato suas concepções e somente três alunos seguiram com elas. O aluno C, como a maioria dos alunos, não fez a separação das categorias solicitadas a ele, como a aluna A e a aluna B. Essa falta de estruturação de texto pode ser devido ao baixo número de realizações de trabalhos científicos durante a vida escolar como é relatada

por Borges (2002), dessa forma as práticas experimentais devem ser apresentadas aos alunos de forma gradativa, tendo poucos trabalhos e a baixa cobrança por uma estrutura textual de melhor qualidade. Outro fator que pode ter influenciado nessa falta de estrutura dos relatórios foi o prazo de duas aulas de 50 para eles conduzirem seus trabalhos, tendo a preocupação maior em entregar uma resposta para a pergunta, do que fazer uma organização do texto.

Para essa atividade, no geral, os alunos tiveram, um bom engajamento com a atividade proposta a eles. Eles fizeram durante a aula e no mesmo dia, ou seja, até as 23:59 horas do mesmo dia da aplicação em sala. Eles mandaram fotos, vídeos das atividades, e mostraram um bom envolvimento com a atividade proposta. Na primeira aplicação da atividade da SEI, que ocorreu no dia 07/07/2021 no sistema híbrido, a aula contou com 15 alunos sendo 10 presenciais e 5 online, onde foi possível obter 12 atividades entregues. Podemos considerar que a participação na atividade foi satisfatória, pois 80% dos alunos que participaram entregaram as atividades no prazo, sendo que somente 20% dos que participaram durante a aula não conseguiram entregar a atividade devido a diversas situações, como não terem os materiais suficientes para a realização da prática, terem entendido o que foi pensado durante as aulas estava errado, não valendo a pena em fazer o procedimento prático e também em terem relatado procedimentos que não seriam viáveis de serem realizados em casa.

Alguns alunos tiveram o trabalho de reescrever o que tinha pensado no momento de enviarem somente as fotos das práticas. Nessa tarefa, vale destacar o engajamento dos alunos mais uma vez com a prática proposta a eles. A aluna A foi um dos alunos que tiveram o trabalho de escrever novamente e enviar as fotos, mesmo fazendo alterações no que foi relatado no momento da aula, o que mostra o envolvimento deles com a atividade. Podemos observar abaixo a atividade que a aluna A mandou juntamente da foto que foi solicitada.

#### *Relatório de calorimetria*

##### *Questão 1- experimento:*

*Suponha que necessite armazenar uma bebida “quente” em recipiente que não seja uma garrafa térmica, indicando todo procedimento a fim de manter a bebida o “mais quente” possível.*

*Para esse experimento você vai precisar de:*

- 1) Uma garrafa de vidro ou de plástico.*
- 2) Um copo de isopor, (geralmente utilizado em bares para colocar*

*garrafas de cerveja).*

### *3) Água gelada*

*Experiência:*

- *Coloque a garrafa de plástico ou de vidro dentro do copo de isopor com tampa, em seguida tampe o copo de isopor.*



- *Em seguida tampe o copo de isopor e aguarde alguns minutos.*

*Com passar de alguns minutos pode perceber que a água demora um pouco mais para se esquentar, isso acontece pois quando a garrafa de vidro está dentro do copo de isopor ela se assemelha à uma garrafa térmica impedindo a transferência de calor com o meio externo do ambiente.*

*Observação: esse processo se dá para os dois tipos de experimentos tanto para preservar a temperatura da água gelada e também para temperatura da água quente.*

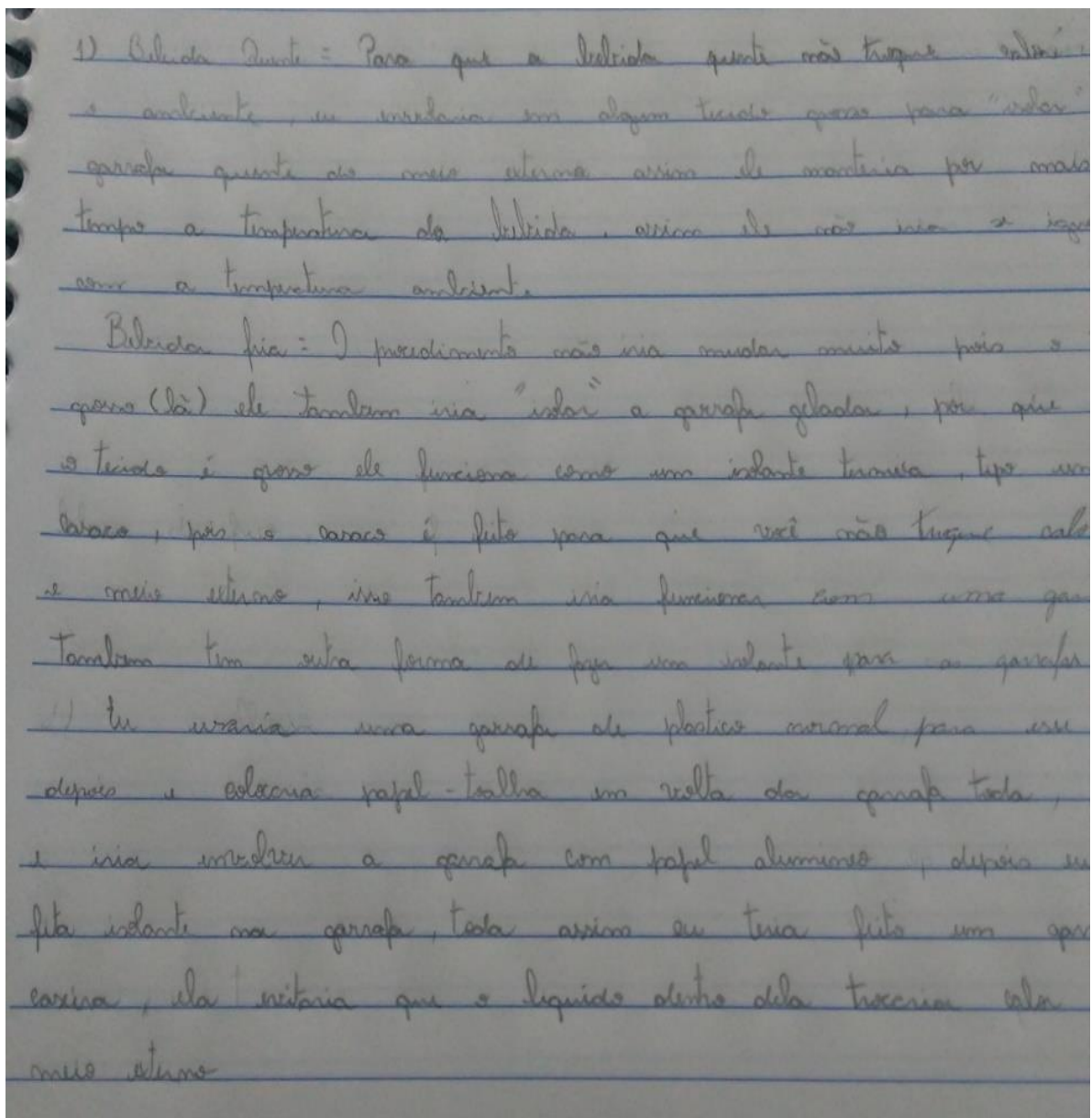
É possível perceber na atividade que a aluna teve um pouco mais de trabalho, pois ela conseguiu citar os instrumentos utilizados na prática e conseguiu descrever melhor o procedimento adotado. A aluna conclui que o método adotado para conservar a bebida quente possui o mesmo método da bebida gelada.

As respostas dadas à primeira atividade foram muito parecidas nas 3 categorias, pois os alunos que receberam a classificação como resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade foram alunos que sabiam que tinham que isolar sua garrafa do meio externo, como foram mostrados em algumas figuras a utilização de toalhas, cobrir com papel alumínio, colocar dentro de um ambiente fechado, como o micro-ondas, forno de fogão e outros. A classificação como concepção alternativa foi similar à classificação citada anteriormente as concepções são muito parecidas, e o outro aluno relatou o uso de diferentes materiais para ambos os sistemas, pois usaria o isopor para bebidas geladas e papel alumínio para bebidas quentes, uma vez que o isopor não tolera calor, e assim iria derreter o isopor.

Para a classificação de resposta embasada cientificamente e parcialmente correta a respeito da atividade também foram respostas parecidas. Três alunos que receberam essa

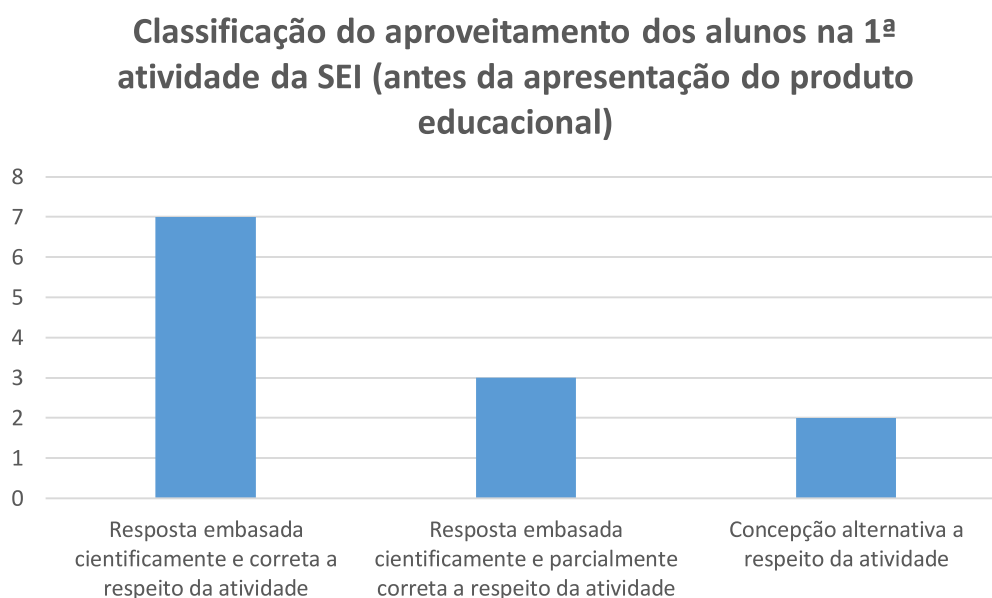
classificação apresentaram deslizes nos momentos finais de suas respostas. Como foi o caso do aluno E, que estava apresentando uma resposta com embasamento teórico correto, quando ele cita fazer o uso da fita isolante, como o aluno C. Esse aluno também de forma presencial na aula de discussão relatou que o uso da fita foi para tornar o corpo escuro para impedir que o corpo absorvesse calor. O aluno relatou que imaginava que o uso das películas escuras de vidros em carros era para proteger do calor e assim deixar o carro com temperatura amena. Podemos observar a resposta do aluno na figura 20.

Figura 20: Resposta do aluno E parcialmente correta.



Para essa atividade, das 12 atividades entregues, 7 apresentaram resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade, 3 apresentaram resposta embasada cientificamente e parcialmente correta a respeito da atividade e 2 apresentaram a concepção alternativa a respeito da atividade, que foram as respostas envolvendo o corpo escuro, onde os alunos reforçaram presencialmente que protegiam do calor. O gráfico da figura 21 ilustra o rendimento dos alunos nessa primeira atividade.

Figura 21: Classificação do aproveitamento dos alunos referente à primeira atividade da SEI, antes da apresentação do produto educacional.



Fonte: O autor

Pelo gráfico da figura 21 podemos perceber que os alunos apresentaram um desempenho satisfatório na atividade 1, ou seja, 58,3 % dos alunos que fizeram a atividade tiveram a resposta correta, onde 25% tiveram resposta parcialmente correta. As aulas iniciais de conteúdos e a aula de discussões com as perguntas do questionário das figuras 11 e 12 serviram como um suporte para que os alunos tivessem o interesse e conseqüentemente o engajamento com a atividade a eles proposta. Isto é mostrado nas respostas atribuídas à atividade e pelo trabalho em geral, como a montagem da sua prática (garrafa térmica), como o trabalho nos registros, seja por foto ou vídeo, na montagem no word, no powerpoint e outros.

Na próxima subseção será apresentado o desempenho dos alunos novamente para a mesma atividade, só que após os alunos terem assistido ao vídeo do produto educacional.

#### **5.4.2 Atividade 1: Após a apresentação do produto educacional**

No dia seguinte, após o prazo do envio da atividade, os alunos receberam um link com o vídeo do produto educacional que mostra ao aluno um método para obter a capacidade térmica de uma garrafa térmica convencional. Como já foi descrito anteriormente, para essa metodologia, foram utilizados somente como materiais uma garrafa térmica, um sensor de temperatura e uma placa de Arduino. O prazo dado aos alunos para essa atividade foi de 6 dias, para que pudessem novamente adotar estratégias de amenizar a troca de calor entre um corpo a temperatura alta e um corpo a temperatura baixa.

A ideia de fazer novamente a aplicação da mesma atividade era de fazer o aluno refletir a metodologia adotada após assistirem ao vídeo. No vídeo do produto educacional não é mostrado como amenizar o processo de troca de calor, mas mostra um comparativo entre a variação de temperatura entre dois sistemas bastante distintos. Nesse trecho do vídeo é mostrado dois recipientes, uma garrafa térmica e copo de vidro envolto de água e gelo. Nestes recipientes, adicionamos água aquecida a uma mesma temperatura inicial. Ambos os sensores (na garrafa e no copo) mostram instantaneamente a variação sofrida pela temperatura no decorrer do tempo, onde é exaltado no vídeo o equilíbrio térmico atingido na garrafa e rápida troca de calor mostrado na curva do gráfico, gerando uma grande discrepância nos gráficos.

Para essa prática foi observado uma melhora no desempenho das respostas e na qualidade dos trabalhos. Os alunos tiveram alguns obstáculos nesse período, como já estarem praticamente de recesso escolar, uma vez que, só estavam indo às aulas aqueles que necessitavam fazer a recuperação semestral. A data da aplicação caiu na semana que antecedeu a aplicação do PISM, programa pelo qual eles possuem muito interesse, devido ao fato de ser uma universidade pública e perto da cidade que residem.

A Aluna A que teve uma classificação como resposta embasada cientificamente corretas a respeito da atividade, mudou a resposta anteriormente dada no momento da aula, quando enviou a foto com o relatório, como mostrado anteriormente, onde foi dado um destaque pelo engajamento da aluna com a atividade. Nessa atividade ela elaborou as suas respostas novamente usando o programa Word, sendo que não fez nenhuma alteração com relação ao segundo envio dela, somente acrescentando no trabalho dela a comparação feita entre a sua atividade com a de outro aluno.

*“Calorimetria*

*Questão 1- experimento:*

*Suponha que necessite armazenar uma bebida “quente” em recipiente que não seja uma garrafa térmica, indicando todo procedimento a fim de manter a bebida o “mais quente” possível.*

*Para esse experimento você vai precisar de:*

- *Uma garrafa de vidro ou de plástico.*
- *Um copo de isopor, (geralmente utilizado em bares para colocar garrafas de cerveja).*
- *Água gelada.*

*Experiência:*

- *Coloque a garrafa de plástico ou de vidro dentro do copo de isopor com tampa, em seguida tampe o copo de isopor.*
- *Em seguida tampe o copo de isopor e aguarde alguns minutos.*



*Conclusão:*

*Com passar de alguns minutos pude perceber que a água demora um pouco mais para se esquentar, isso acontece pois quando a garrafa de vidro está dentro do copo de isopor ela se assemelha à uma garrafa térmica impedindo a transferência de calor com o meio externo do ambiente.*

*Observação: esse processo se dá para os dois tipos de experimentos tanto para preservar a temperatura da água gelada e também para temperatura da água quente.*

*Comparação entre relatórios.*

*Podemos perceber que nosso trabalho, mesmo usando a mesma metodologia, deu resultados distintos. Para uma explicação óbvia, os materiais que usamos foram um pouquinho diferentes, além de seus tamanhos e pesos”.*

Como podemos perceber a aluna fez uma alteração em relação à primeira resposta dada a questão, apresentando uma resposta que pode ser considerada também como uma resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade, uma vez que adotou uma maneira de isolar a bebida do meio externo, utilizando o isopor para que se evitasse trocas de

calor. Outro detalhe importante foi a aluna destacar que o procedimento adotado em seu experimento serve tanto para a bebida gelada, quanto para a bebida quente. O final onde a aluna destaca que foram utilizados materiais diferentes e com tamanhos e pesos diferentes, reforça que a aluna apresenta um conhecimento científico a respeito da atividade proposta, uma vez que ela sabe que o material e a massa influenciam no valor da capacidade térmica. Pode-se destacar o engajamento dela pelo fato de apresentar um bom trabalho, digitado, com fotos, uma boa estruturação do texto e por ter consultado um aluno sobre os procedimentos adotados por ela.

Outro aluno que apresentou uma resposta que também pode ser classificada como uma resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade foi o aluno F. Esse também apresentou uma boa proposta para sua prática, tendo um bom engajamento com a atividade, com um trabalho digitado, com várias fotos, detalhando toda sua prática. Esse aluno apresentou anteriormente uma concepção alternativa juntamente com o aluno C, sendo que dessa vez ele, através do vídeo, conseguiu abandonar sua concepção de troca de calor, apresentando assim, uma resposta satisfatória para a questão. Abaixo podemos observar a prática que seria adotada pelo aluno F.

*“Resolução do meu experimento:*

*Fiz dois experimentos (tentando manter uma bebida gelada sem utilizar geladeira ou garrafa térmica, e a mesma coisa com a bebida quente).*

*Começarei explicando pela bebida quente, que no caso, eu usei o café quente, como na foto a seguir.*



*Para tentar manter a bebida quente, eu logo pensei que teria que isolar a bebida do meio externo, pois fazendo isso eu estaria evitando a troca de calor com o meio ambiente, ou seja, evitando que a bebida esfrie, então fiz três coisas que isolaria a bebida, como verão nas imagens a seguir*





*Como podem ver nas imagens, eu peguei um pedaço de plástico, e coloquei em volta do copo, só que apenas isso não seria suficiente, pois é uma camada bem fina de plástico, então eu peguei uma toalha média, e enrolei a toalha no copo que já estava enrolado no plástico, ainda assim, pensei que daria pra melhorar e deixar ainda mais isolado, logo eu peguei o copo de café quente, que estava enrolado com uma camada fina de plástico, e uma toalha média grossa, e coloquei dentro do micro-ondas, desligado obviamente, como verão nas imagens a seguir*



*e ficou ali o café quente, durante exatamente 40 minutos que eu marquei com o cronômetro do meu celular, a primeira foto mostra a bebida dentro do micro-ondas, e a segunda é o micro-ondas fechado com a bebida dentro, como vocês puderam perceber, eu fiz de tudo para isolar o máximo possível a troca de calor com o meio externo, pois assim poderia se igualar com a temperatura ambiente, que é o que ocorre na troca de calor, como já diz no nome eles trocam calor, logo se um é mais quente que o outro, o mais quente vai ceder calor*

*até ficar com a mesma temperatura que o ambiente, e foi assim que cheguei em todo esse raciocínio, concluindo, após os 40 minutos o café continuou muito quente, assim como estava no momento em que eu o coloquei no copo.*

*Agora vou explicar sobre meu experimento com a bebida gelada, que foi basicamente o mesmo procedimento.*

*Começando coloquei a água que estava bem gelada no copo, após isso coloquei o pedaço de plástico, o plástico era do mesmo tipo que o que foi usado no café quente, um plástico com a camada fina, apenas enrolando o copo com a água gelada, e também enrolando ele com a mesma toalha, que eu utilizei no experimento anterior, como verão nas imagens a seguir.*



*foram utilizados três passos, como podem ver nas imagens acima, eu expliquei já no experimento anterior, que não pode haver troca de calor com o meio externo, ou seja, cobrir o máximo que deu o copo, utilizando o plástico e a toalha, e após isso coloquei dentro do micro-ondas desligado, assim evitando mais ainda a troca de calor com o meio externo.*



*Como podem ver, estão as fotos da água gelada dentro do micro-ondas, e assim ficou lá durante exatamente 40 minutos, e a água ainda estava muito gelada, assim como estava quando foi colocada no copo.*

É possível observar que o foco principal do aluno foi em isolar a bebida do meio externo, mostrando um conhecimento científico para a atividade proposta e mostrando bastante dedicação à atividade proposta.

O aluno C mostrou muita dedicação no trabalho após assistir o vídeo do produto, teve bastante engajamento com a atividade novamente. O aluno fez vários registros de fotos, mostrando com bastante detalhes todo procedimento adotado, e também fez uma apresentação no PowerPoint, ficando um trabalho muito organizado. Vale destacar que o aluno não possuía um termômetro e para a atividade ele efetuou a compra, para que conseguisse lograr êxito na atividade, conseguindo assim verificar a variação de temperatura sofrida pelo corpo com o passar do tempo, como mostrado nas figuras 22, 23 e 24.

Figura 22: Respostas do aluno C para a primeira atividade do segundo questionário. Parte 1.

Fig. 1



Fig. 3



Fig. 2



Fig. 4



Fonte: O autor

Figura 23: Respostas do aluno C para a primeira atividade do segundo questionário. Parte 2.

Fig. 5

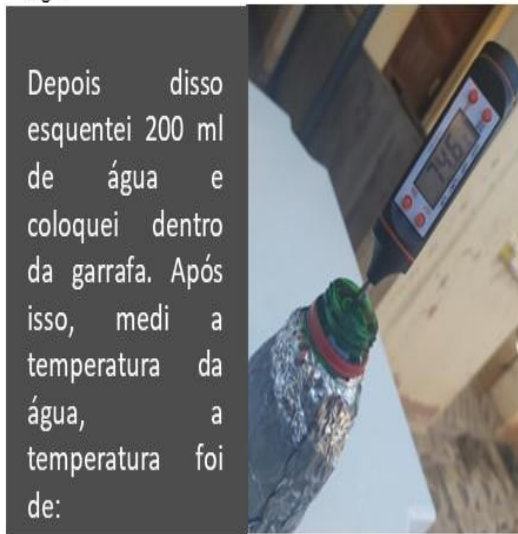


Fig. 6

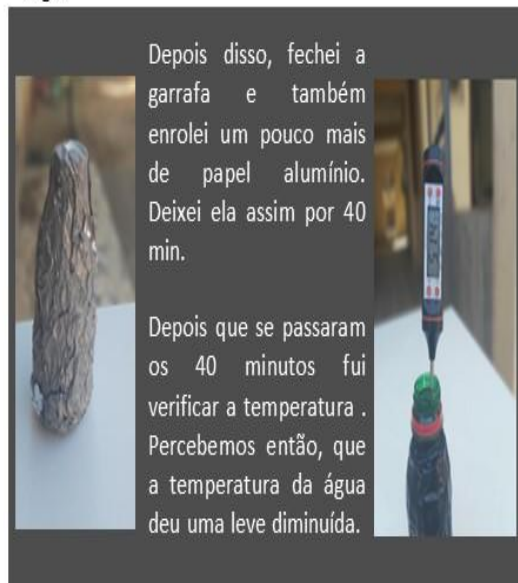
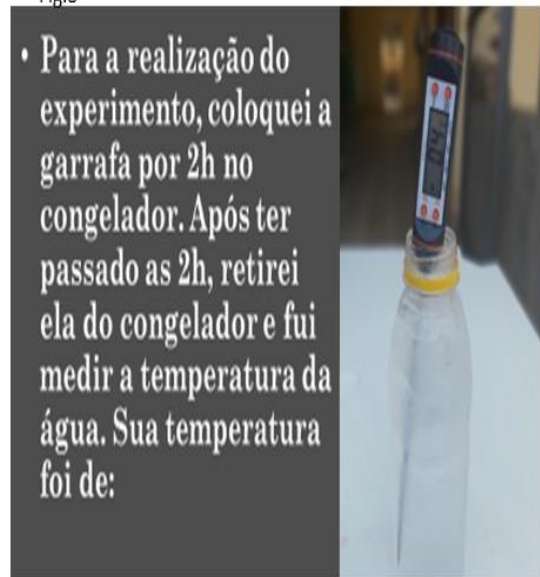


Fig. 8



Fonte: O autor.

Figura 24: Respostas do aluno C para a primeira atividade do segundo questionário. Parte 3.



Fonte: O autor

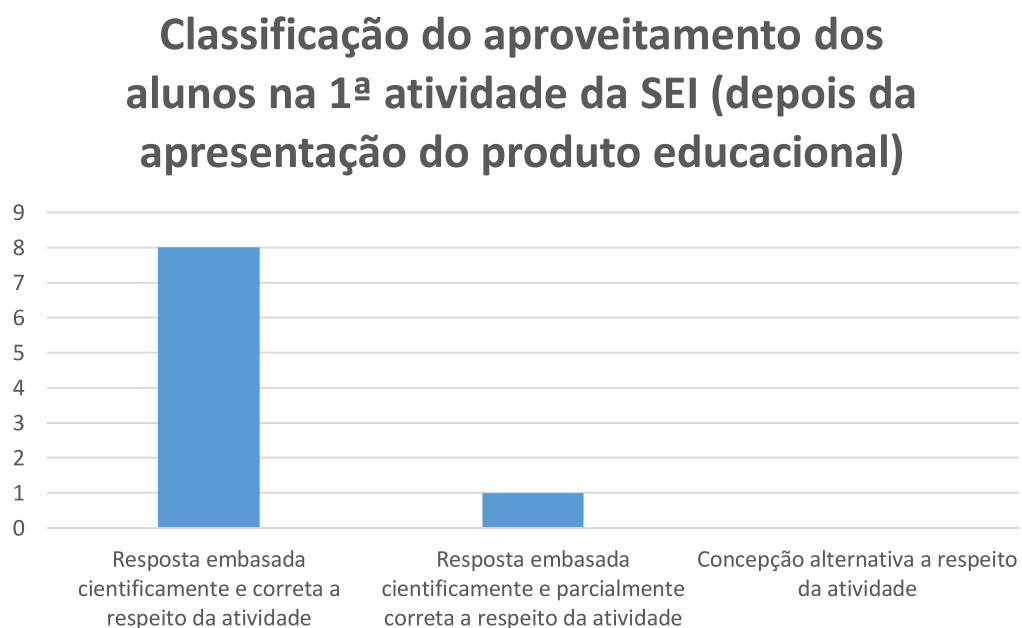
Para essa atividade, podemos classificar a resposta do aluno como resposta embasada cientificamente e parcialmente correta a respeito da atividade. Anteriormente a resposta do aluno tinha recebido a classificação como uma concepção alternativa a respeito da atividade, pois utilizou fita isolante para tornar o corpo escuro, no qual achava que ajudaria a minimizar no processo de troca de calor. O aluno não explicou o motivo de usar a mesma garrafa da prática anterior, antes de assistir o vídeo do produto, mas agiu de maneira correta em isolar ela com o papel alumínio, a fim de proteger a garrafa pelo processo de radiação térmica e ao envolver a garrafa com a toalha, para que evite o processo de troca de calor por condução.

Assim, para essa atividade, podemos observar uma boa evolução do aluno com relação à atividade proposta em comparação a resposta anterior e destacar novamente o engajamento do aluno com a atividade.

O destaque para atividade após a apresentação do vídeo é que os estudantes não entregaram nenhum trabalho com concepções alternativas a respeito da atividade. Mesmo tendo

um número menor de atividades entregues após assistirem o vídeo, fica como um registro positivo, pois a atividade foi aplicada em um período de recesso escolar, em data próxima à do PISM. Assim a atividade contou com 9 respostas entregues, (3 alunos não conseguiram efetuar a entrega da atividade), mas contou com uma classificação de 8 atividades que podem ser classificadas como resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade e somente 1 como resposta embasada cientificamente e parcialmente correta a respeito da atividade. Não foi recebida nenhuma atividade que apresentou a classificação como concepção alternativa. O gráfico da figura 25 mostra o índice de aproveitamento para a atividade, após os alunos terem assistido ao vídeo.

Figura 25: Classificação do aproveitamento dos alunos referente à primeira atividade da SEI após a apresentação do produto educacional.



Fonte: O autor

Pela análise da figura 25, podemos observar um melhor rendimento em comparação ao gráfico da figura 21. Além da evolução conceitual observada, os estudantes elaboraram um trabalho mais bem apresentável, com registros de fotos, vídeos e uma organização textual em documentos como o Word e Powerpoint. Esse destaque nos resultados mostra um indício que a SEI foi exitosa em conseguir despertar o interesse dos alunos no processo de ensino aprendizagem.

Os estudantes realizaram as atividades investigativa, seguindo procedimentos que envolviam formulação de hipóteses, planejamento de experimento, confirmação das hipóteses e conclusões. Eles testaram materiais para isolamento térmico de bebidas, executaram o experimento e coletaram dados sobre a conservação da temperatura. Ao final, tiraram conclusões baseadas nas observações feitas.

#### 5.5. ATIVIDADE 2: DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE TÉRMICA DO CALORÍMETRO ARTESANAL.

Para essa atividade foi formulada uma segunda pergunta cujo o objetivo era que os alunos conseguissem obter a capacidade térmica da garrafa térmica artesanal criada por eles, ou as garrafas térmicas que eles possuíam em casa. Essa segunda atividade, assim como a primeira, os alunos fizeram sem assistirem ao vídeo do produto educacional. Nesta atividade, os alunos encontraram mais dificuldades, uma vez que alguns não tinham termômetro na primeira atividade (antes da aplicação do vídeo), dificultando assim, efetuarem os registros das temperaturas iniciais e finais da bebida na prática. Essa atividade possui um grau de dificuldade maior que a atividade anterior, pois exige do aluno um conhecimento mais profundo do assunto de calorimetria e necessitando de uma matemática e principalmente das concordâncias entre as unidades envolvidas na prática proposta.

##### **5.5.1 Atividade 2: Aplicação antes da apresentação do produto educacional**

A segunda atividade do questionário foi uma atividade que exigia bastante do aluno, na qual teriam que construir uma prática para que fosse possível determinar a capacidade térmica da garrafa térmica artesanal criada por eles. O aluno teria que, em um primeiro momento, descrever mentalmente o experimento durante a aula, relatando os materiais utilizados, as hipóteses e verificar essa prática assim que chegarem nas suas casas, realizando registros em fotos ou vídeos.

Para essa atividade os alunos tinham um conhecimento superficial do conteúdo de calorimetria que foi passado nas aulas 1 e 2 anteriormente à aplicação do conteúdo. A atividade proposta pode ser considerada de nível 2 de acordo com a tabela da figura 9 pois para essa atividade foi dado ao aluno somente os conhecimentos prévios de calorimetria, fornecendo uma atividade aberta ao aluno. Essa pergunta foi formulada com sua estrutura similar à pergunta do artigo (Borges, 2002). A pergunta do problema do trabalho faz a descrição de como a garrafa é



constituída e a finalidade, a fim que o aluno investigue e consiga descobrir a capacidade térmica de sua garrafa térmica, seja a sua artesanal ou a sua que é utilizada em casa.

Com a análise das respostas, percebe-se que os alunos ficaram presos à fórmula da capacidade térmica,  $C = \frac{Q}{\Delta T}$ , não conseguindo substituir o calor por  $m \cdot c \cdot \Delta T$ , como o caso do aluno G, que veremos na figura 26. Também não fizeram uma aproximação com a garrafa térmica para um sistema adiabático, que de fato estão certos, mas como queríamos achar um valor aproximado para a capacidade térmica, o aluno poderia assumir a garrafa como um sistema real mais próximo de um ideal, ou seja, assumindo que o sistema era adiabático para um instante pequeno de tempo. Podemos observar algumas respostas dos alunos antes de assistirem ao vídeo do produto educacional:

Figura 26: Respostas do aluno G à segunda atividade do primeiro questionário.

2) Com um material condutor térmico, envolveria a garrafa para ela aquecer homogeneamente. Sendo a capacidade térmica igual à quantidade de calor dividida pela variação de temperatura, pegaria um líquido à mesma temperatura da garrafa mediria sua temperatura. Ela, receberia 300 J a ela com uma fonte de calor e mediria novamente a temperatura do líquido. Considerando  $x$  a temperatura inicial e  $y$  a temperatura final, a fórmula seria  $C = \frac{300J}{x-y}$  (obs: esperar o líquido atingir o equilíbrio térmico com a garrafa)

$C = \frac{300J}{x_1 - x_2}$

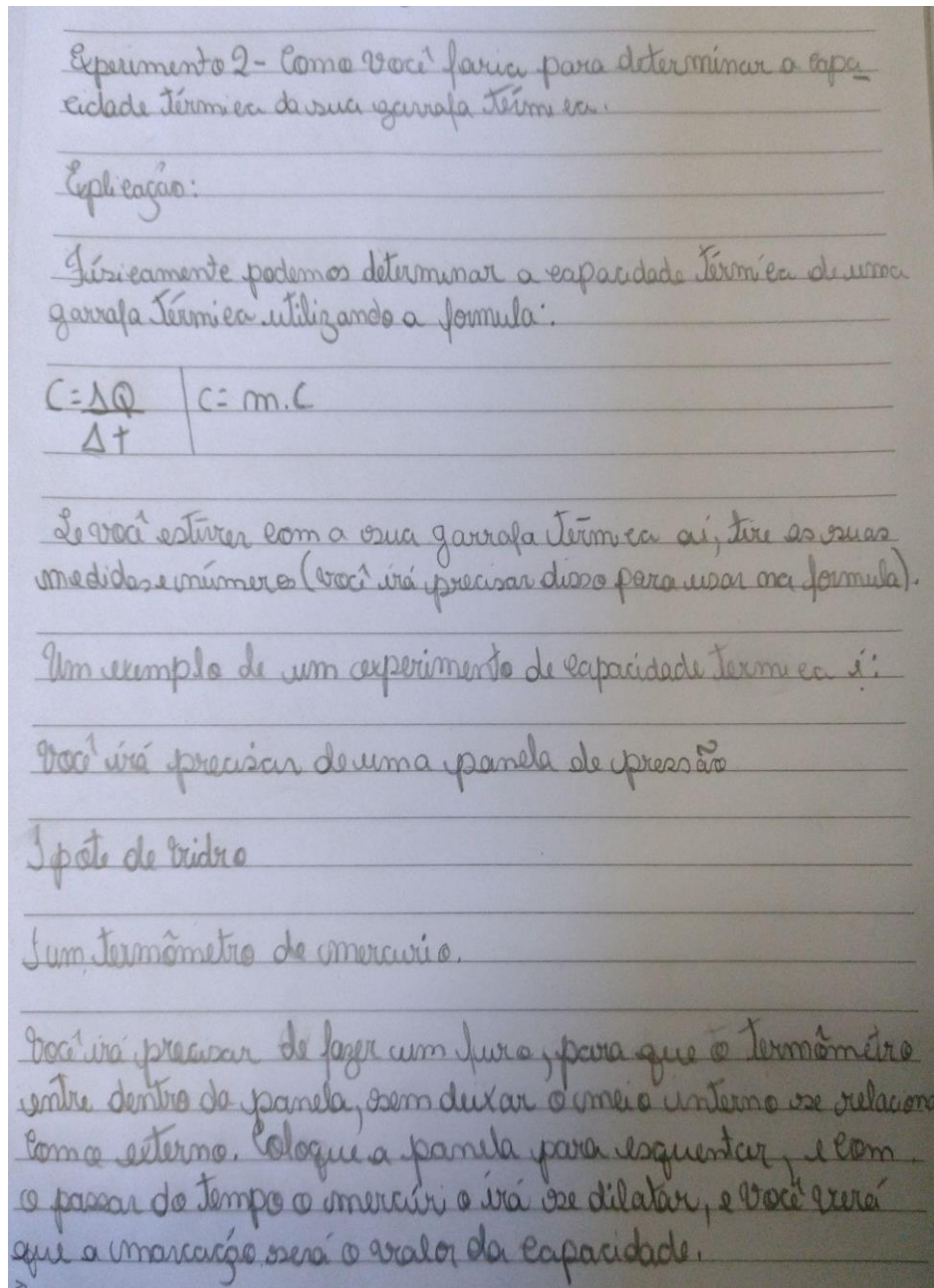
The diagram illustrates the experimental setup. It shows a rectangular 'material condutor' (thermal conductor) surrounding a bottle. Inside the bottle is 'líquido' (liquid). An arrow labeled '300J' points to the bottle, indicating energy input from a 'fonte de calor' (heat source). Below the bottle, it is noted that the 'líquido à mesma temperatura da garrafa' (liquid at the same temperature as the bottle). To the right, the final state shows the 'líquido com temperatura final' (liquid with final temperature). A note says 'mistura' (mixture). The formula  $C = \frac{300J}{x_1 - x_2}$  is written above the diagram.

O aluno G estava presencialmente quando elaborou essa hipótese, não relatando separadamente tudo que foi pedido para ser feito na organização textual, mas colocou de forma explicativa a metodologia que ele iria adotar para conseguir realizar a prática. Esse aluno, criou mentalmente sem nenhum instrumento, e atribuiu um valor numérico para o calor ficando a dúvida de que se talvez tivesse um termômetro em sala e os objetos necessários, e ele conseguiria ou não determinar a capacidade térmica de sua garrafa. Mas analisando o que ficou escrito, podemos perceber que o aluno atribuiu um valor para o calor e não relatou que poderia ser obtido o valor dele, tendo a massa da água, o calor específico da água e as variações de temperaturas, ficando assim, uma classificação como uma resposta embasada cientificamente e parcialmente correta a respeito da atividade. É possível perceber que o aluno apresenta um conhecimento científico e não conseguiria êxito com sua prática, já que não seria possível medir o calor que foi mencionado no texto.

O aluno G não enviou as fotos da prática 2, apresentando uma justificativa na escola dois dias depois ao prazo de entrega. Ele relatou que não tinha termômetro em casa para realizar a foto dele, e que iria ver com os familiares se conseguiria recurso financeiro para que pudesse comprar um termômetro para realizar a prática novamente, só que agora, após ter assistido ao vídeo. Como mencionado anteriormente, não foi somente ele, 7 alunos também não tinham o termômetro para realizarem a atividade que foi proposta. Mas vale destacar o engajamento dos alunos com as atividades, principalmente os alunos que estavam presencialmente, pois foi possível testemunhar a dedicação e o empenho com a atividade, onde, alguns alunos não saíram para o intervalo para completarem a atividade da SEI e esse aluno foi um deles.

A Aluna A que tinha dado uma resposta embasada cientificamente e parcialmente corretas a respeito da atividade para atividade 1 no questionário anterior à aplicação, para a resposta da atividade 2 desse mesmo questionário, ela mostrou novamente o embasamento científico sobre troca de calor, mostrando-se preocupada em isolar o corpo do meio externo, reforçando a classificação recebida anteriormente. Mas para a atividade 2, que é a analisada, a aluna mostrou conhecimento das fórmulas que seriam necessárias para a realização de sua prática, assim como a maioria dos alunos, quase todos já foram escrevendo as fórmulas inicialmente, sem utilizar o raciocínio adequado para a atividade proposta. Podemos observar a resposta da aluna A para a atividade, na figura 27.

Figura 27: Resposta da aluna A para a segunda atividade da primeira atividade da SEI.



Fonte: O autor

Como é possível perceber, a aluna detalha separadamente os materiais utilizados e os procedimentos que seriam adotados na realização da sua prática. A aluna pensou numa estratégia ousada, ela relata em fazer um furo em uma panela de pressão e nesse furo colocar um termômetro para que pudesse ser registrada a variação de temperatura do líquido durante a realização de sua prática.

O principal fato é que podemos observar que a aluna fez o seu experimento mentalmente, mas confundiu capacidade térmica com temperatura, assim como alguns alunos,

também fizeram essa confusão. Outros alunos em suas respostas entendiam que a capacidade térmica estaria relacionada ao fato do corpo “aguentar” ou “não aguentar” calor, ou seja, conseguir atingir uma ou outra temperatura. A aluna, no final de sua resposta, deixou claro que iria fazer o registro da capacidade térmica com o uso do termômetro que estaria fixado no furo da panela de pressão, assim, pode-se considerar um erro conceitual grave, pois como sabemos, a capacidade térmica é a razão entre a troca de calor sofrida pelo corpo pela variação de temperatura.

Para essa atividade, que tinha como objetivo determinar a capacidade térmica da garrafa térmica, pode-se classificar a resposta da aluna em concepção alternativa a respeito da atividade, pois esses alunos na aula de discussão relataram que tinham a concepção de que a capacidade térmica era a temperatura que o corpo iria conseguir “aguentar”, ou seja, uma temperatura limite.

A aluna enviou a foto da panela e o termômetro como solicitado dois dias depois na escola. Ela relatou que enviou pelo fato de ter sido pedido, mas que ela tinha pensado errado porque não seria possível realizar a prática. Para isto ela iria ter que estragar a panela da sua mãe pois tinha pensado em soltar a válvula para inserir o termômetro, mas nunca mais iria confiar na panela ao colocar novamente a válvula nela. Outro ponto destacado pela aluna foi o fato de ela ter mencionado o termômetro de mercúrio e que em sua casa não teria, daí na foto ela mandou com o que tinha. Um ponto positivo para isso tudo foi o engajamento da aluna com a atividade, apesar de saber que errou, ela teve o comprometimento e enviou a foto do registro de como seria a sua prática, como mostra a figura 28.

Figura 28: Aluna A mostrando como iria executar a sua prática.



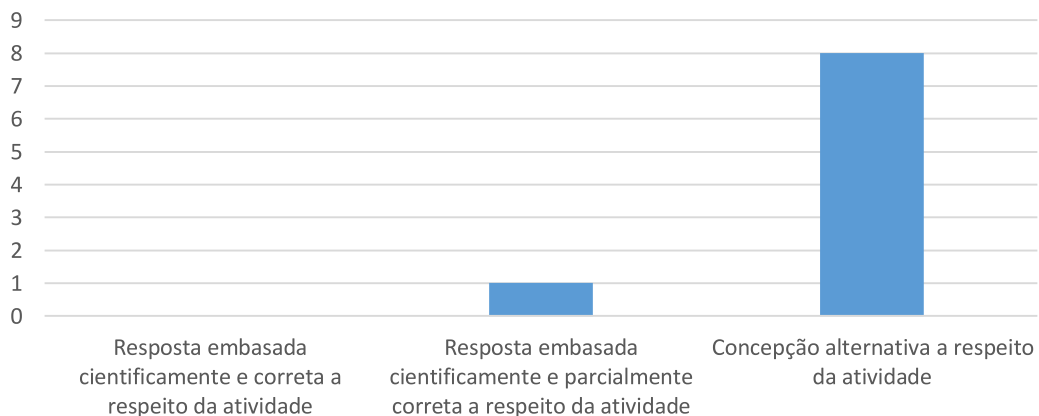
Fonte: O autor

Podemos concluir que as atividades da 1ª aplicação e a 2ª aplicação apresentaram algumas dificuldades devido à pandemia. A aplicação do produto ocorreu com a metade da turma em casa e outra metade em sala de aula. A atividade experimental necessita de instrumentos para que o aluno consiga a realização dela, para que possa validar suas hipóteses. Como a atividade é investigativa, não foi possível pedir aos alunos que comprassem o termômetro, pois iríamos de fato interferir no raciocínio, ou seja, deixando de ter assim uma atividade investigativa.

Para essa atividade, a classificação das respostas com embasamento científico correto foi considerada somente uma resposta. As demais questões, como já foi mencionado, os alunos apresentaram muitas concepções alternativas sobre o assunto, como, a confusão entre temperatura e capacidade térmica, ou seja, relatando que era somente medirmos a temperatura e registrar esse valor para que pudesse ter o valor da capacidade térmica da garrafa térmica, que foram reforçados nas aulas de discussões de resultados. Outros alunos relataram que era a temperatura máxima que o corpo atingiria. Somente um aluno apresentou uma resposta que pode ser considerado como uma resposta embasada cientificamente e parcialmente correta a respeito da atividade, os outros oito alunos apresentaram respostas sem embasamento científico, respostas que podem ser classificadas como incorretas a respeito da atividade. A figura 29, mostra o gráfico da classificação das respostas dos alunos.

Figura 29: Classificação do aproveitamento dos alunos referente a atividade 2 da 1ª atividade da SEI antes do vídeo do produto educacional.

### Classificação do aproveitamento dos alunos na 2ª atividade da SEI (antes da apresentação do produto educacional)



Fonte: O autor

Acredito que o fator principal que interferiu na aplicação foi o prazo dado para os alunos responderem as duas atividades experimentais em somente duas aulas de 50 minutos. Nesse tempo de aula o aluno teve que descrever sobre montagem da sua garrafa térmica artesanal para bebida quente e gelada e ainda teve que descrever os procedimentos para determinar a capacidade térmica, com os levantamentos de hipóteses, registrando os materiais adotados. Os alunos nessa prática trabalharam com muita pressão, que foi o tempo de entrega dos textos, onde pode ter influenciado em seu raciocínio.

Um fato importante que vale destacar foi o engajamento dos alunos com a atividade proposta. Os alunos se dedicaram muito durante a aplicação, onde alguns deixaram de sair para o intervalo para continuarem a responder a atividade da SEI, as atividades foram entregues no prazo, enviadas as fotos ou vídeos das respostas para a atividade da SEI dos alunos presentes e dos alunos que estavam no ensino remoto. As fotos das práticas dos alunos foram enviadas no prazo, ou seja, até as 23:59 do mesmo dia. Com o prazo maior da entrega da atividade, como veremos na próxima seção, a participação da segunda atividade da SEI foi maior, uma vez que ele foi aplicado novamente só que após a aplicação do produto educacional.

### **5.5.2 Atividade 2: Aplicação depois da apresentação do produto educacional**

As atividades da SEI foram aplicadas novamente após a apresentação do vídeo do produto educacional com um prazo maior de entrega. Essa atividade de acordo com Borges (2002), tem um caráter investigativo que pode ser classificado de nível 1, uma vez que foi aplicada após o vídeo do produto educacional, onde mostra como foi medido a capacidade térmica da garrafa térmica.

Os alunos se envolveram ativamente na atividade, apresentando trabalhos bem estruturados com fotos, vídeos e apresentações em slides, mostrando uma evolução na escrita científica. Suas respostas revelaram uma mudança significativa em relação à primeira aplicação da SEI, demonstrando um melhor entendimento do conteúdo.

O aluno F foi o único que apresentou uma resposta que podemos classificar como uma resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade com sucesso na atividade, pois esse aluno conseguiu chegar no valor e com as unidades adequadas. Vejamos a resposta do aluno apresentada no Word:

*Relatório da Experiência da Garrafa Térmica*

*Materiais Utilizados:*

*Garrafa térmica, água (quente) e uma panela.*

*Objetivo: Determinar a Capacidade Térmica da garrafa.*

*Conclusão: Chegamos ao resultado que a capacidade térmica utilizada é de 34,6 cal/°C.*

*Desenvolvimento: Primeiramente eu esquentei a água até que ela atingisse o valor de 53,2°C, após isso coloquei a água na garrafa térmica, tampei e esperei alguns minutos. Logo depois quando medimos a temperatura podemos constatar que chegou a 50,3°C, então utilizando a temperatura ambiente da água (25,2°C), o calor específico (1cal/g°C), e a massa de 300g, conseguimos montar uma função para chegar ao resultado:*

$$300.1.(50,3 - 53,2) + C.(50,3 - 25,2) = 0$$

$$300. (-2,9) + C(25,1) = 0$$

$$-870 + 25,1C = 0$$

$$C = 870 / 25,1 = 34,6 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

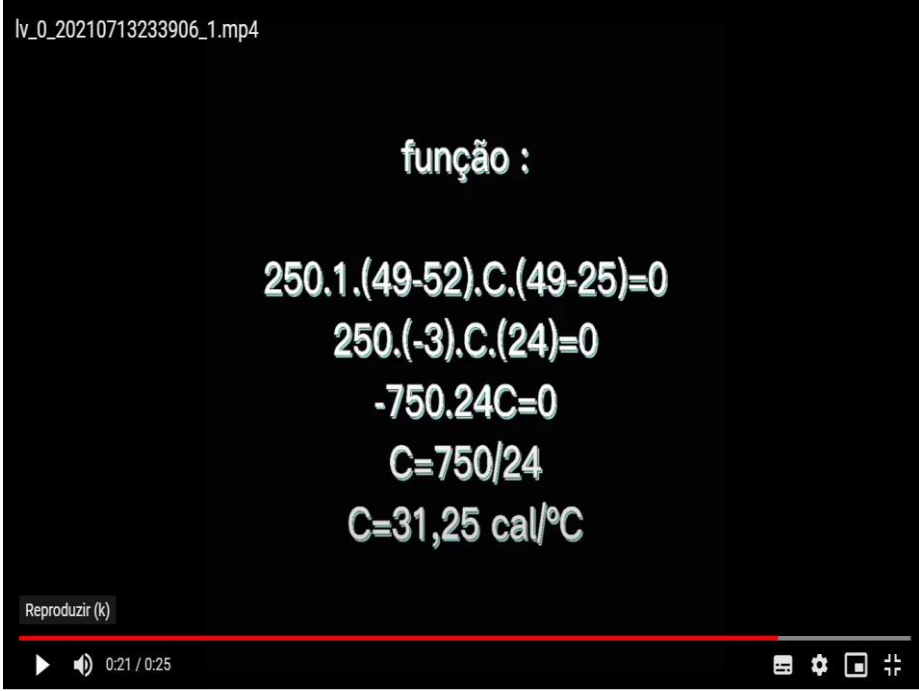
*Com isso conseguimos observar que a capacidade térmica da garrafa em questão é de 34,6 cal/°C, o que pode variar dependendo da garrafa utilizada.*

*Comparação de Experimentos Quando comparamos com o valor encontrado dos demais alunos, conseguimos perceber que este valor variou em suma devido a diferença de material/garrafa térmica.*

É notório que esse aluno compreendeu a explicação do vídeo, conseguindo determinar o valor da capacidade térmica, trabalhar os valores com suas unidades e ainda soube fazer a comparação de maneira correta, destacando a diferença no tipo de material que são produzidas as garrafas. Para ele é possível classificarmos como resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade.

Os outros alunos chegaram a um valor desenvolvendo cálculos, mostrando até mesmo uma maneira de calcular a capacidade térmica diferente da apresentada no vídeo, calculando a quantidade de calor separado e substituindo este na fórmula da capacidade térmica. O problema foi que esses alunos não deixaram explícito a unidade que eles utilizaram, para saber qual a unidade encontrada para a capacidade térmica. Como podemos observar alguns trabalhos não citados anteriormente.

Figura 30: Resposta da segunda questão da segunda atividade da SEI do aluno H.



lv\_0\_20210713233906\_1.mp4

função :

$$250.1.(49-52).C.(49-25)=0$$
$$250.(-3).C.(24)=0$$
$$-750.24C=0$$
$$C=750/24$$
$$C=31,25 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

Reproduzir (k)

0:21 / 0:25

Fonte: O autor

O aluno H elaborou um vídeo, mostrando os materiais utilizados, parte do procedimento adotado por ele e o desenvolvimento do cálculo. O vídeo mostra somente o aluno adicionando a água quente no interior da garrafa térmica, como mostra a figura 31.

Figura 31: Imagem do procedimento do aluno H.



Fonte: O autor



Acredita-se que a massa utilizada foi em gramas, sendo 250g pela quantidade colocada no vídeo. Ele não estava presente no dia da primeira aplicação, só respondendo o segundo questionário. Esse aluno teve um problema de saúde não podendo estar no dia da aula e teve o interesse em participar da segunda atividade da SEI e da aula de discussão de dados e resultados. Assim como outros alunos, esse também mostrou um engajamento com a atividade não avaliativa, montando e editando o vídeo, mostrando o processo de descoberta da capacidade térmica de sua garrafa térmica.

Esse aluno mandou um relatório também no formato doc juntamente com o vídeo, explicando um pouco melhor o que ele fez. Nesse documento ele coloca uma observação que esse arquivo foi enviado caso o som do vídeo não funcionasse em sua execução. Isso destaca o interesse do aluno em apresentar uma atividade ao professor de maneira que ele consiga entender o que ele quer transmitir na sua prática, como podemos observar no que foi descrito no texto.

*Para essa experiência iremos utilizar*

*Uma garrafa térmica*

*Um canecão e 250 g de água*

*Preparando:*

*Depois de ferver a água*

*Ela atingiu uma temperatura de aproximadamente 49 graus*

*Adicionei a água a garrafa, fechei e deixei ela por certo espaço de tempo.*

*Agora montando a nossa função para descobrirmos a capacidade térmica, podemos observar que nosso resultado é  $31,25 \text{ cal/C}^{\circ}$*

*(Caso não saia som no vídeo)*

Como é possível perceber, o aluno não fez o registro no vídeo do momento em que realiza a medição da temperatura, não anexa a foto no documento digitado e também não lista os materiais necessários, mas pelo valor relatado nas contas do texto, não deve ter sido termômetro usual, que normalmente é utilizado para aferir temperaturas de pessoas. A resposta desse aluno pode ser classificada em uma resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade.

O aluno I que não tinha conseguido desenvolver os cálculos anteriormente, mesmo tendo o conhecimento científico, ficou preso na fórmula  $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$ , não conseguindo achar a capacidade térmica de maneira correta. Podemos observar o slide com o desenvolvimento da prática do aluno I, mostrado na figura 32.

Figura 32: Resposta da segunda questão da segunda atividade da SEI do aluno I.

The image shows two slides from a PowerPoint presentation. The left slide is titled 'Cálculo da quantidade de calor' and shows the formula  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ , followed by the calculation  $Q = 120 \cdot 0,35 \cdot 405$  and the result  $Q = 42.405 = 17.010$ . The right slide is titled 'Cálculo capacidade térmica' and shows the formula  $C = \Delta Q / \Delta T$ , followed by the calculation  $C = 17.010 / 405 = 0,042$ .

Fonte: Aluno I

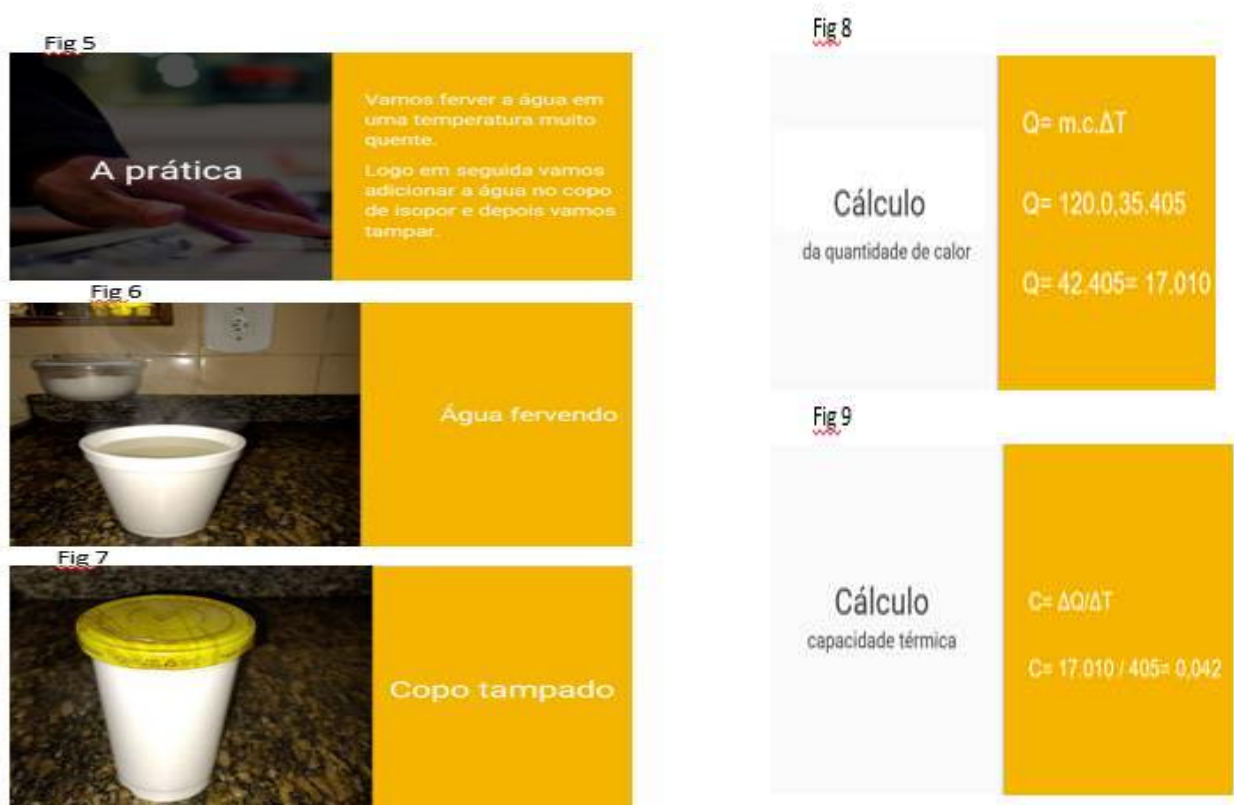
Para a segunda atividade da SEI ele apresentou esse desenvolvimento em uma apresentação de Power Point, onde ele adicionou água quente em um copo de isopor, informando a capacidade do copo (240mL), a massa de água foi de 120g e o calor específico que o aluno usou foi do isopor que é 0,35 cal/g. °C, sendo que estava estudando a quantidade de calor cedida pela água, onde seria necessário o valor do calor específico da água. Também não foi possível identificar qual unidade de medida ele utilizou para a temperatura, ou se ele esqueceu de colocar a vírgula, chegando em um resultado que não é possível para comparação com outros resultados. Vejamos o que foi feito na figura 33.

Figura 33: Trabalho do aluno I. Parte 1.



Fonte: O autor

Figura 34: Trabalho do aluno I. Parte 2

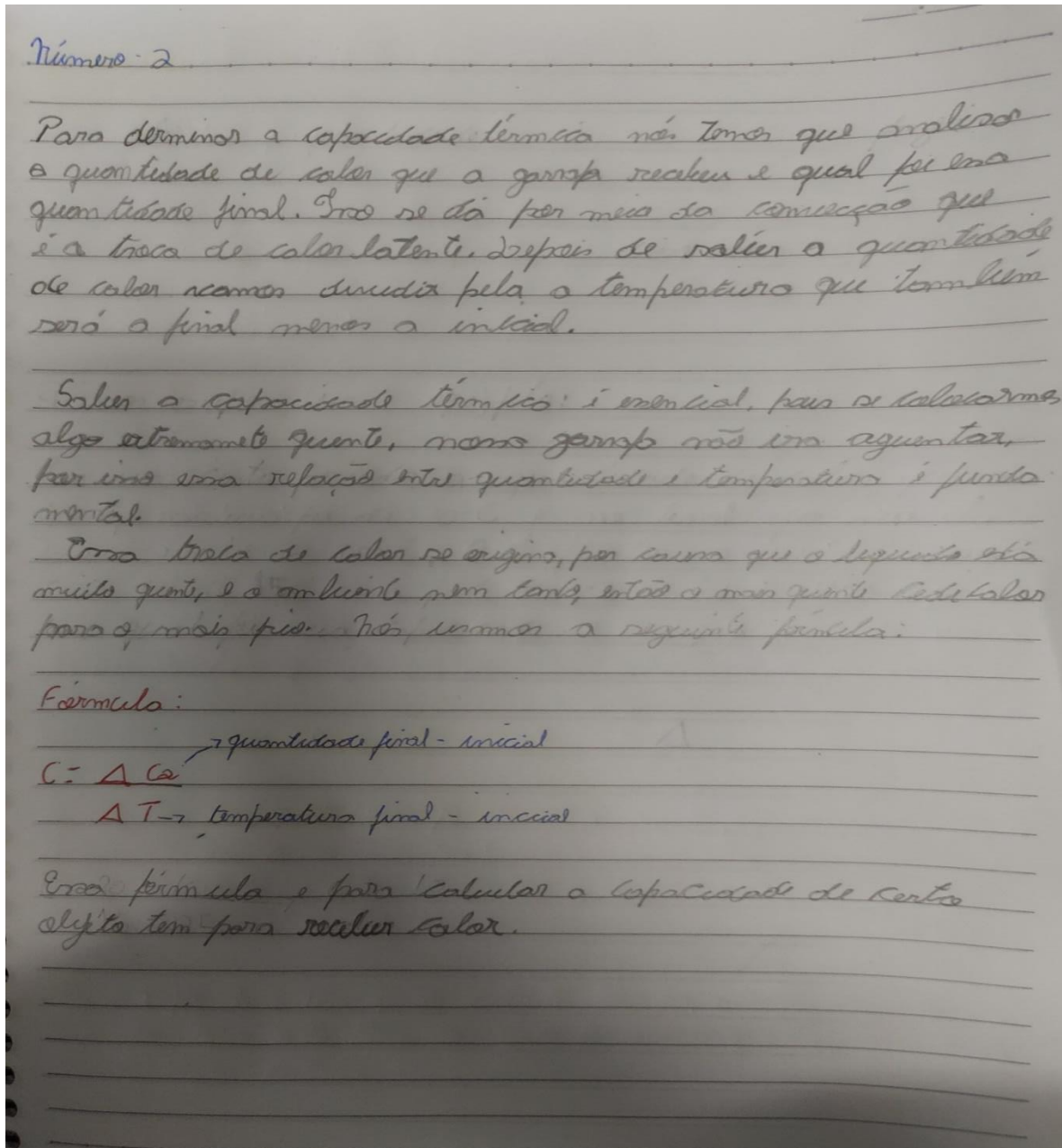


Fonte: O autor

Como é possível observar o aluno I não achou de forma correta a capacidade térmica pelos fatores mencionados acima, como erro de execução, erro de unidades de medidas. Outro fator importante é que o aluno não apresentou a foto do termômetro que ele utilizou e como ele foi utilizado durante a prática. Mas podemos notar que o aluno compreendeu alguns conceitos apresentados no vídeo, uma vez que anteriormente ele tinha relatado vários erros conceituais, como o corpo aguentar ou não o calor recebido por ele, como isso sendo a capacidade térmica.

O aluno, que estava presencialmente no dia da primeira aplicação, até relatou a equação que era necessária para determinar a capacidade térmica, mas não mostrou que poderia descobrir esse calor pela quantidade de calor cedida pela água durante a realização do seu experimento da segunda aplicação. A visualização do vídeo do produto educacional ajudou a mostrar como é possível achar a troca de calor entre os corpos, sendo assim fundamental para a descoberta da capacidade térmica. Assim, pela melhora nos conceitos físicos apresentados nessa segunda atividade, é possível classificar a resposta do aluno como uma resposta embasada cientificamente e parcialmente correta a respeito da atividade. Podemos observar a resposta do aluno I na primeira atividade da SEI na figura 35.

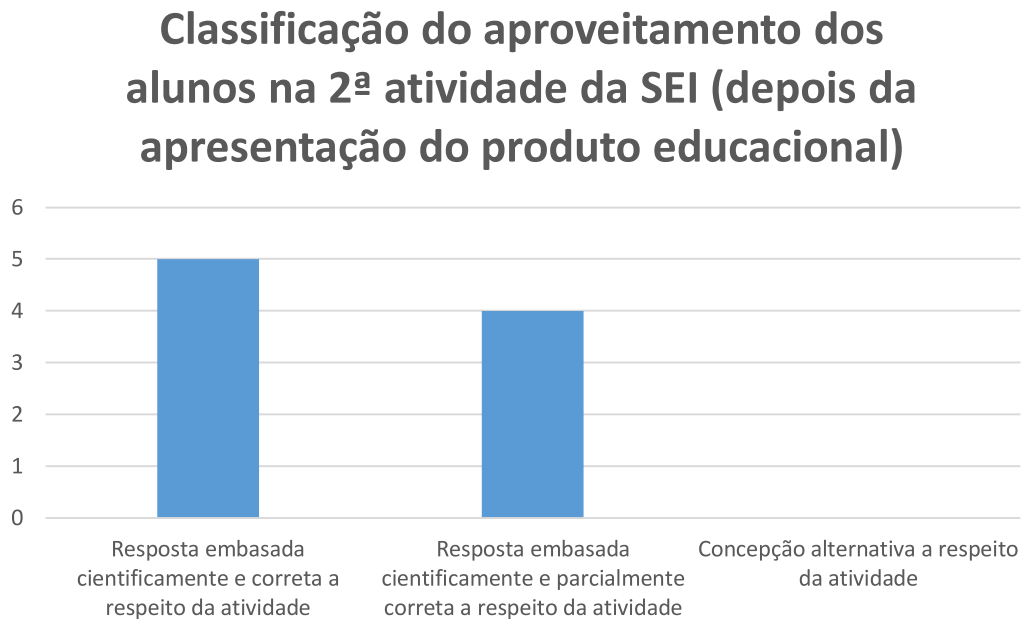
Figura 35: Resposta dada anteriormente pelo aluno I na primeira atividade da SEI.



Fonte: O autor.

Para a atividade analisada foi obtido 5 respostas que podem ser classificadas como resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade, 4 como uma resposta embasada cientificamente e parcialmente correta a respeito da atividade e nenhuma resposta que podemos classificar como uma concepção alternativa a respeito da atividade. Nessa atividade estavam presentes os mesmos 9 alunos da atividade anterior. Podemos ver os resultados no gráfico da figura 36.

Figura 36: Classificação do aproveitamento dos alunos referente a atividade 2 da 2ª atividade da SEI depois do vídeo do produto educacional.



Fonte: O autor

Na comparação dos resultados nas respostas apresentadas antes e depois do vídeo do produto educacional, é possível observar uma melhora em relação aos conceitos físicos nas respostas. Nessa aplicação o que chamou a atenção é que nenhum aluno apresentou uma resposta errônea para a atividade, onde sempre mostrou coerência em tudo aquilo que estava escrevendo, o que fez aumentar o número de respostas embasadas cientificamente corretas a respeito da atividade de zero para cinco e manteve o número de respostas embasadas cientificamente e parcialmente corretas a respeito da atividade. Alguns fatores podem ter ajudado nesse desempenho, como o tempo maior para realizar à prática, a sugestão apresentada na proposta do vídeo, tempo para adquirirem os termômetros e a troca de ideia entre os amigos.

## 5.6. ATIVIDADE 3: REFLEXÃO SOBRE AS PRÁTICAS

A reflexão sobre a prática é fundamental pois permite ao aluno confrontar suas hipóteses a buscar solução ou melhoria para sua prática com a troca de ideias com os amigos da turma que também realizaram a atividade. Para esse trabalho cada aluno irá achar um valor diferente para a capacidade térmica, pois é uma grandeza física que depende da massa e do tipo de material, ou seja, do calor específico do objeto. Para a aula de discussões foi separado um

tempo de dois dias para que eles fizessem exatamente essa comparação de resultados, ou seja, faltando um dia para entrega das atividades após o vídeo, foi aberta uma atividade no google classroom para que pudessem consultar os amigos que já tinham entregue a atividade sobre os procedimentos que ele usou e se o procedimento adotado foi melhor ou pior que o do amigo. A pergunta da atividade da SEI foi a seguinte:

*Após a realização da prática faça uma comparação da sua prática com a adotada pelo seu amigo e com a prática proposta no vídeo, descrevendo se houve diferença ou semelhança entre elas, indicando qual metodologia entre as duas, seria a mais adequada para a tarefa. Os valores encontrados para capacidade térmica das garrafas necessariamente têm que ser iguais? Faça um texto justificando a resposta.*

Link do vídeo: [https://youtu.be/\\_wEbx03RrZM](https://youtu.be/_wEbx03RrZM)<sup>13</sup>

Os alunos que estavam no modo presencial puderam comparar suas respostas com os alunos que também estavam presentes e aqueles que estavam no remoto puderam comparar com os amigos que também estavam no remoto. Foi feita essa exigência para que durante a aula de discussões que foi realizada em sala gerasse mais diálogo e participação. Os estudantes que estavam no sistema presencial podiam trocar ideias durante a aula e os que estavam no remoto podiam escutar o áudio de cada um melhor do que quem estava presencial.

Na aula final, ou seja, na aula de discussão, os alunos se mostraram bastante interessados, uma vez que eles já estavam praticamente de recesso escolar, e estavam indo à escola somente os alunos que deveriam fazer recuperação semestral. Essa aula ocorreu numa quarta-feira e foram 8 alunos, numa turma que totaliza 15 alunos. Essa aula foi bastante produtiva, os alunos foram deixados o mais à vontade possível, sempre se reforçando que podiam perguntar o que eles quisessem, dando toda liberdade para que a aula fosse para esclarecer todas as dúvidas da atividade.

As comparações realizadas pelos alunos foram bastante interessantes, podemos citar a discussão da aluna A que foi realizada com o aluno I, como podemos ver abaixo:

---

<sup>13</sup> Disponível em < [https://youtu.be/\\_wEbx03RrZM](https://youtu.be/_wEbx03RrZM) > Acessado em 24/09/2023 às 18:25.

*Relatório 2- Comparação entre relatórios.*

*Alunos:* [REDACTED]

*Podemos perceber que nosso trabalho, mesmo usando a mesma metodologia, deu resultados distintos. Para uma explicação óbvia, os materiais que usamos foram um pouquinho diferentes, além de seus tamanhos e pesos.*

*Exemplo:*

*Ele usou uma garrafa de vidro, e eu como não tinha uma garrafa de vidro, usei uma de plástico (para a demonstração).*

*Com certeza a metodologia dele é a mais adequada, pois ele usou uma garrafa de vidro (que seria mais adequada para esse experimento), ou seja, juntando o experimento todo corretamente, poderíamos concluir que o líquido gelado iria se esquentar mais lentamente, devido a capacidade térmica que se obteve na garrafa.*

*Outra diferença foi que nossos cálculos deram resultados diferentes, devido o tamanho dos objetos que foram utilizados. Os resultados serão diferentes pois, nem todas as coisas são iguais, as capacidades serão diferentes, pois cada objeto tem sua própria capacidade, mas em alguns casos ela pode variar.*

A aluna A apresentou um conhecimento muito interessante para o problema, pois ela conseguiu identificar que as massas dos objetos e o tipo de material que foram adotados iriam fazer variar a capacidade térmica da garrafa adotada por ela. Para essa aluna, em relação as suas respostas anteriores, é de se considerar uma boa evolução conceitual sobre o assunto, em que sua resposta pode ser classificada como uma resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade.

Como citado anteriormente o aluno que também recebeu essa classificação de resposta foi o aluno F. Ele relata certamente que o tipo de material iria influenciar nos valores para as capacidades térmicas encontradas. O aluno relata que:

*Comparação de Experimentos*

*Quando comparamos com o valor encontrado dos demais alunos, conseguimos perceber que este valor variou em suma devido a diferença de material/garrafa térmica.*



Outra comparação recebida interessante foi a do aluno I com uma aluna, que até o momento não foi mencionada. Essa comparação está descrita abaixo:

*Resenha sobre a 2ª versão do trabalho de física*

*Vou estar comparando minha prática com a da aluna [REDACTED]. Ambos tiveram a mesma ideia de qual material usar, no caso foi o copo de isopor.*

*Foi usado a mesma metodologia, assim como no vídeo apresentado, mesma fórmula tudo certo, porém os resultados obtidos foram diferentes.*

*E por que isso aconteceu?*

*Podemos dizer que como foi usado as mesmas coisas, o que gerou essa diferença foi a medida de água utilizada.*

*Medidas diferentes podem causar pequenas alterações, mas isso não muda o resultado final.*

*E qual foi esse resultado?*

*Como o isopor é um grande isolante térmico, então o líquido dentro dele apresentado vai demorar muito mais tempo para esfriar.*

*As ondas de calor do líquido não vão ser trocadas com a do meio ambiente. Podemos dizer que o meio externo não vai influenciar o meio interno.*

*O copo de isopor vai cumprir a mesma função da garrafa térmica, fazendo com que o líquido permaneça quente por um período de tempo maior.*

*Os valores encontrados para capacidade térmica das garrafas necessariamente têm que ser iguais?*

*Não. Pois a capacidade térmica da garrafa vai depender da quantidade de calor recebida.*

*Cada líquido vai estar em uma temperatura diferente, gerando assim uma diferença na capacidade térmica de cada garrafa*

*ALUNO: [REDACTED]*

*ALUNA NA QUAL FOI REALIZADA A COMPARAÇÃO: [REDACTED]*

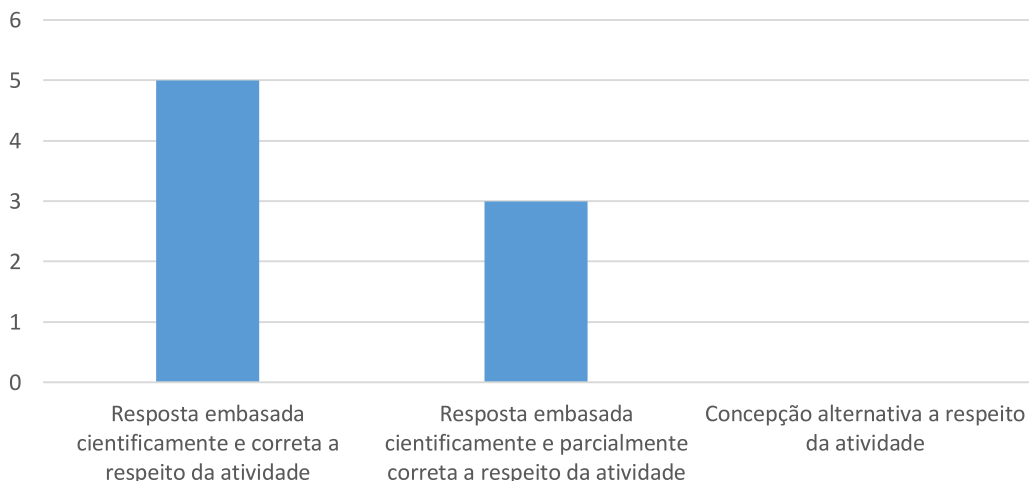
Como podemos perceber a aluna A fez a comparação com esse aluno e ele não fez a comparação com ela, ele escolheu outra aluna para comparar resultados. O aluno I mostrou que absorveu bastante os conhecimentos sobre os processos de trocas de calor, deixando bem claro que o isopor adotado por eles em suas práticas é um bom material isolante, que este isola o meio interno do meio externo. No final de sua comparação ele relata corretamente que a

capacidade não necessariamente tem que ser igual à da colega, pois ambos podem apresentar massas diferentes, ou seja, podendo gerar mais ou menos proteção do meio externo, deixando a capacidade térmica diferente. A justificativa apresentada por ele não foi adequada, pois o aluno relata que irá depender da quantidade de calor. A resposta apresentada pelo aluno pode ser classificada como uma resposta embasada cientificamente e parcialmente correta a respeito da atividade.

Nessa atividade dos 9 alunos que tinham entregues a 2ª atividade da SEI, um não enviou essa comparação de resultados, ou seja, foi recebido somente 8 análises de resultados. Das 8 recebidas, 5 podem ser consideradas como resposta embasada cientificamente correta a respeito da atividade e as outras 3 outras três, como resposta embasada cientificamente e parcialmente correta a respeito da atividade. A figura 37 mostra os dados apresentados graficamente.

Figura 37: Análise das respostas entre os alunos para a atividade 2 da 2ª atividade da SEI.

### Análise da comparação das respostas dos alunos para a 2ª atividade da SEI

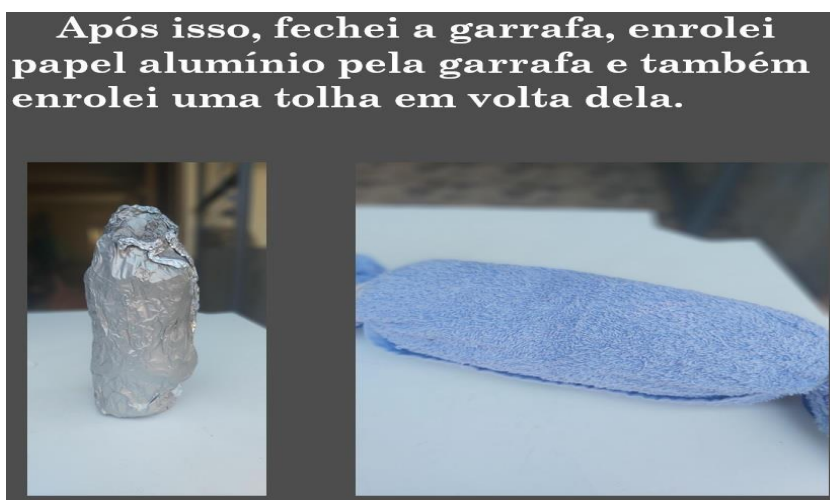


Fonte: O autor.

Os alunos ficaram surpresos com a relação apresentada no vídeo, sendo a primeira coisa que relataram foi que não tinham pensado que, em um sistema adiabático, na troca de calor entre dois corpos, todo calor cedido por um corpo será absorvido pelo outro corpo, e que como a garrafa térmica é uma das coisas que mais se aproxima de um recipiente adiabático.

Eles relataram que não sabiam que podiam usar essa aproximação. Outro relato importante, foi do aluno C, afirmando que ele não irá comprar garrafinha térmica de água pois irá sempre levar água gelada para escola com a que ele fez na prática dele. Esse relato indica que a SEI aplicada foi exitosa em despertar o interesse do estudante pelo conteúdo e que, embora a ideia de construir uma garrafa térmica para levar à aula possa não ser muito prática, o aluno conseguiu relacionar o assunto da SEI com as aplicações práticas em seu cotidiano.

Figura 38: Procedimento que ele adotou como exemplo.



Fonte: O autor

Aproveitando a empolgação desse aluno, realizamos uma pergunta, questionando o porquê de ele ter utilizado papel alumínio? A resposta do aluno foi correta, dizendo que teria a finalidade de conservar a temperatura do líquido evitando a troca de calor pelo processo de radiação térmica. Seguida dessa resposta, coloquei a turma para pensar, se essa ordem adotada pelo aluno, papel alumínio e toalha, seria melhor que toalha e papel alumínio. Todos os alunos presentes pararam para pensar na pergunta feita, e o próprio aluno respondeu que talvez o contrário seria o mais correto, pois o papel alumínio colocado por ele, não teria muita finalidade, uma vez que o papel alumínio era para evitar o processo de radiação térmica.

E aí realizamos a pergunta para turma, se eles concordavam ou não com esse raciocínio do aluno. Todos eles pensaram um instante de tempo e concordaram com o que o aluno disse, então foi reforçado que a ordem não iria influenciar em nada, e que assim ele teria o mesmo resultado para a sua prática. Desta maneira, o aluno relatou que iria repetir essa prática para poder transportar água com gelo de casa para a escola, para beber água gelada durante as manhãs.

Uma boa parte da aula foi tomada pelo assunto Arduino, os alunos ficaram encantados com o que foi apresentado no vídeo, realizando diversas perguntas sobre o custo da placa do Arduino, sensores, se existem mais tipos de sensores, se eles conseguiriam montar sozinhos e outras. Como sabemos, essa geração gosta muito de tecnologia, de coisas atrativas, como a interface que foi apresentada a eles, na comunicação do Arduino com o Excel. Um aluno, que está no início do curso de programação, relatou que já comprou duas placas de Arduino e que irá montar um projeto com eles. Disse ainda que não conhecia a comunicação da placa com o Excel. No final da aula, foi apresentado aos alunos presentes o produto educacional, ou seja, a garrafa térmica com o sensor de temperatura fixo, a placa do Arduino e um outro sensor de temperatura que não estava fixo na garrafa, para que pudessem observar melhor.

A aplicação do produto de maneira híbrida foi uma experiência desafiadora e de grande aprendizagem. É de conhecimento de todos, a pandemia que passou pelo mundo, criou muitos obstáculos em várias profissões e com os professores, não foi diferente. O desafio foi enorme. Trabalho somente em escolas da rede privada, os alunos no geral, conseguiram acompanhar bem as aulas, pois a grande maioria possui celular, computadores e principalmente internet de boa qualidade, para que fosse possível assistir às aulas remotas sem travamento.

Antes da aplicação, realizamos com os alunos uma feira de ciência totalmente remota, essa feira contou com o acompanhamento do meu coorientador Bruno Gonçalves. Essa feira foi muito motivante e contou a participação de quase todos os alunos da turma. Nela os alunos aguardavam respeitosamente o amigo apresentar seu experimento de casa, escutando o amigo relatando quais materiais foram utilizados, qual era o objetivo da experiência, a conclusão e outros, com seus microfones desligados durante a apresentação. Essa feira me deu mais segurança para as aplicações. Ali percebi que era possível e mais, era muito interessante, o aluno à vontade na própria casa, mostrando seu experimento com a atenção de todos.

O ensino por investigação é totalmente possível de ser adotado de maneira remota, uma vez que os alunos gostam bastante de serem desafiados, mas quando é colocado de maneira estimuladora, motivadora, levando o aluno a buscar um resultado de forma que ele investigue, comprove e valide a sua hipótese dado ao problema. Como é de conhecimento, é possível demonstrar ciência utilizando materiais recicláveis e de baixo custo, como objetos que os alunos têm em sua própria casa. Assim é possível que o aluno busque em seu conforto, sendo da maneira que ele achar melhor proceder para uma tal investigação. Muitos alunos ficam acanhados quando entram em um laboratório de física ou até mesmo em uma aula, onde o professor irá apresentar um experimento a eles. O aluno acha que experimento é algo de

resultado certo, ou seja, tudo que o professor fará sentido para um valor que será encontrado, diferentemente de uma validação de hipóteses de maneira remota pelo aluno.

O engajamento dos alunos para a atividade foi considerado satisfatório. No primeiro dia da aplicação do questionário foram reservadas duas aulas para que eles pudessem registrar suas práticas para as duas perguntas contidas. No momento em que aguardavam, eles preencheram as atividades da SEI. Foi notável o empenho e a dedicação que eles tiveram com o primeiro contato. Como podemos observar a foto (figura 39) tirada dos alunos, quando estavam respondendo a atividade da SEI.

Figura 39: Alunos que estavam presentes durante a aplicação do 1º questionário.



Fonte: O autor

Uma outra coisa que nos chamou atenção foi no momento do intervalo. Ao término da primeira aula, os alunos foram autorizados a sair para ir para o intervalo. Alguns alunos como vamos observar nas fotos da figura 40, não quiseram sair e perguntaram se podiam continuar a pensar e responder durante o intervalo.

Figura 40: Alunos respondendo o questionário durante o intervalo.



Fonte: Autor

Como é possível observar, eles estavam bastante empenhados em responder o questionário de maneira satisfatória, recusando o lanche que iria ser feito naquele horário destinado ao aluno. Esse fato nos deixou bastante motivados, pois era possível observar o interesse, que é a peça-chave para uma boa aprendizagem.

Para a atividade que ficou como tarefa de casa, o questionário 2, pode-se considerar um bom engajamento dos alunos novamente, mesmo com 3 alunos que não participaram. Os alunos que participaram se envolveram bastante com a atividade, comprando termômetros, mostraram o passo a passo nas tarefas, gravaram vídeos mostrando como fizeram suas atividades e outros. No geral, desde o início até o término da aplicação, foi satisfatória a participação dos alunos, pelo engajamento que eles tiveram, pela construção de suas práticas e o desenvolvimento que tiveram do primeiro questionário para o segundo.

Uma razão para essa boa participação, talvez seja a motivação pelo ingresso no Pism e Enem. Essa turma particularmente é muito interessada em ingressar em uma universidade pública. Como na cidade de Três Rios as universidades públicas existentes, carecem de opções de cursos, os estudantes buscam seus estudos na UFJF. Quase todos os alunos da escola no ensino médio vão todos os anos fazer o Pism e a escola destina meses de aulas gratuitas aos alunos direcionadas para o Pism I, II e III. O Enem também é uma motivação para quase todos os alunos do ensino médio e para esses alunos principalmente, pois é uma turma muito dedicada e centrada em seus objetivos.

A metodologia do ensino por investigação é uma alternativa ao ensino tradicional interessante de ser aplicada no contexto do ensino remoto, entretanto ela é um pouco prejudicada em um aspecto, a dificuldade que o aluno pode encontrar em casa com a carência de certos objetos para a investigação. Esse aspecto é fundamental para que o aluno consiga de fato apresentar resultados coerentes para seus estudos. Na aplicação do produto, a maioria dos alunos não possuía termômetro para a aferição da temperatura no estudo da calorimetria. Alguns alunos compraram, outros pediram emprestado e outros parece não terem feito pela falta do termômetro.

O engajamento dos alunos é fundamental para uma boa aprendizagem, como já mencionado que os alunos tiveram boa participação e interação com a prática, porém acreditamos que poderia ter sido melhor, se algumas coisas fossem alteradas, como por exemplo, a data de aplicação, que ocorreu perto de semana de provas escolares, prova do Pism e recesso escolar. Outra coisa foi a metodologia da aplicação. Como a escola estava funcionando somente de forma remoto, foi então elaborado um vídeo, para que fosse possível os alunos assistissem em suas casas. Na semana anterior à aplicação, a escola passou a atuar no sistema híbrido, assim não sendo possível fazer muitas alterações na metodologia, uma vez que já estava tudo definido entre a escola, entre os alunos e coordenadores. Acreditamos que a apresentação e realização da prática com os alunos presenciais e remotos teriam um maior engajamento e melhores resultados.

Outro fator muito importante foi o fato de a aplicação ter ocorrido em um período em que o combate a pandemia estava melhorando, mas havia muita incerteza das coisas futuras, medo, preocupação com a doença, que ainda estava viva. O trabalho aplicado nesse período contribuiu para que os alunos pudessem por algumas horas, ou até mesmo, dias, esquecer um pouco dos problemas que o mundo viveu, de maneira a se distrair estudando, investigando, melhor dizendo, colocando a mão na massa de uma maneira diferente, mais prazerosa, pois como sabemos, estudo e prazer para muitos, são palavras que não podem se misturar. Os alunos se divertiram bastante com as criações de suas garrafas térmicas, na elaboração de vídeos explicativos, na criação dos roteiros experimentais, ou seja, coisas que os alunos de escola tradicionalista não estão acostumados a fazerem nos dias de aulas.

## 6. CONCLUSÃO

Nesse trabalho, propomos uma SEI que utiliza experimentos e suas análises como principal ferramenta de ensino para o estudo da calorimetria, como a troca de calor entre os corpos e a capacidade térmica. Esta sequência instrucional é projetada para aumentar o envolvimento do aluno por meio de uma atividade investigativa em que os alunos devem elaborar estratégias para criar uma garrafa térmica, amenizando os processos de trocas de calor entre os corpos e a determinação da capacidade térmica da garrafa térmica.

Os alunos demonstraram um alto nível de engajamento nas atividades propostas, comparecendo à escola mesmo fora do horário regular e participando ativamente das discussões em sala de aula. Na primeira atividade, que envolveu a construção de uma garrafa térmica artesanal, os resultados mostraram que 58,3% dos alunos responderam corretamente de acordo com fundamentos científicos e outros 25% responderam de forma parcialmente correta, enquanto 16,7% apresentaram concepções alternativas sobre a atividade. Após a implementação do produto educacional, houve um aumento significativo para 89% de respostas corretas embasadas cientificamente, e nenhum aluno apresentou mais concepções alternativas. Além disso, 11% dos alunos forneceram respostas parcialmente corretas, embasadas em fundamentos científicos.

Na segunda atividade, que envolveu a determinação da capacidade térmica da garrafa, foi observado que apenas 11,1% dos alunos responderam corretamente com base científica, enquanto 88,9% apresentaram concepções alternativas. No entanto, após a implementação de um vídeo educacional, houve uma melhora considerável no desempenho dos alunos. O percentual de respostas corretas embasadas cientificamente aumentou para 55,6%, e não foram mais encontradas concepções alternativas. Além disso, 44,4% dos alunos apresentaram respostas embasadas cientificamente parcialmente corretas.

Conclui-se que a abordagem de ensino baseada na investigação e o produto educacional desenvolvido têm um potencial promissor para promover a aprendizagem dos conceitos de calorimetria abordados. Os alunos demonstraram um engajamento positivo nas atividades, e houve uma melhora significativa no desempenho dos alunos após a implementação do produto educacional. No entanto, ainda há espaço para aprimorar a compreensão científica dos alunos, especialmente na segunda atividade, quando uma porcentagem considerável não conseguiu fornecer respostas embasadas cientificamente corretas ou parcialmente corretas durante a primeira aplicação.



Foi possível ao final do trabalho, evidenciar que a aplicação do produto educacional conseguiu alcançar bons resultados e atingiu os objetivos propostos. Foi possível apresentar aos alunos essa metodologia ao inserir as práticas investigativas; ficou evidente através da aplicação do produto educacional a apresentação de atitudes científicas e a apresentação de resultados que permite concluir a construção do conhecimento científico sobre o tema apresentado. Em sala ficou caracterizado o interesse pelo tema abordado, pelo fato de ser abordado um assunto do cotidiano de todos.

Por fim, acreditamos, que para o ensino médio, o ensino por investigação é uma metodologia que é estimuladora, pois instiga, incentiva e assim possibilita qualificar o ensino no país. Hoje, em sala de aula é possível notar a falta de interesse de muitos alunos, falta não por não querer aprender, mas, por não ser provocado, estimulado e incentivado a aprender e compreender a ciência em geral. O professor ao adotar uma metodologia voltada para a realidade que o aluno vive, trazendo o aluno para o seu cotidiano, faz com que ocorra uma aproximação dele junto ao professor criando uma relação professor-aluno que irá provocar construção do conhecimento científico.

## REFERÊNCIAS

- ARDUINO. <https://store-usa.arduino.cc/>. **Arduino**, 20 jul. 2023. Disponível em: <<https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?selectedStore=us>>.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física. **Caderno Brasileiro em Ensino de Física**, ago. 2007. 194-223.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro em Ensino de Física**., Dezembro 2002. p.291-313.
- CARVALHO, A. M. P. D. **Ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. São Paulo: Ensino de ciências por investigação, 2012.
- CARVALHO, A. M. P. D. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: \_\_\_\_\_ **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: CENCAGE Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. D. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Dezembro 2018.
- DE MENEZES LEÃO, N. M.; KALHIL, J. B. Concepções alternativas e os conceitos científicos: Uma Contribuição Para o Ensino de Ciências. **Latin-American Journal of Physics Education**, 9, 2015.
- DEBOER, G. E. **Historical Perspectives On Inquiry Teaching In Schools**. netherland: Scientific Inquiry and Nature of Science, 2006.
- GASPAR, A. **Física,V.2**. São Paulo: àtica, 2002.
- GOMES, L. C. A ascensão e queda da teoria do calórico. **Caderno Brasileiro em Ensino de Física**, 2002. 1030-1073.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física.9.ed.v.2**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- HILDEBRANDT, J. L.; BATTISTEL, O. L. Modelo para transmissão de calor em condutor cilíndrico. **Disciplinarum Scientia**, 2001. 133-151.
- INTEGRATED, M. programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. **DS18B20**, jul. 2019. Disponível em: <<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ds18b20.pdf>>.
- LEITE, L. **Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências**. Lisboa: Departamento do Ensino Secundário (Ed). Cadernos didáticos de Ciências, 2001.
- MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de física, Dezembro 2018. 73-80.
- MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, 05 Março 2021.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica 2:** Fluidos, Oscilações e ondas, calor. 4 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002, p.156.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica 2:** Fluidos, oscilações e ondas, calor. 4 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002, p.170.

PIAGET, J. **Tomada de Consciência.** São Paulo: Melhoramentos e Editora da USP, 1977.

PIAGET, J. **Fazer e Compreender.** São Paulo: Melhoramentos e Editora da USP, 1978.

RAMALHO, J. F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. T. **Os Fundamentos da Física 1:** Mecânica. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

SERWAY, R. A. E. J. J. J. W. **Princípios de Física:** Mecânica Clássica. São Paulo: Thomson, v. 1, 2006.

SERWAY, R. A. E. J. J. J. W. **Princípios de Física:** Movimento Ondulatório e Termodinâmica. São Paulo: Thomson, v. 2, 2006.

VIGOTSKY, L. **A Formação Social da Mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1984.

## **APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL**

A seguir, apresentamos o manual do produto educacional desenvolvido neste trabalho.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**Mauricio De Almeida Cezario Junior**

**Sequência de ensino por investigação para o  
estudo de Calorimetria com a construção de  
calorímetros artesanais**

Juiz de fora  
2024

**Maurício de Almeida Cezario Junior**

# **Sequência de ensino por investigação para o estudo de Calorimetria com a construção de calorímetros artesanais**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: Proposta de uma sequência de ensino por investigação para o estudo de calorimetria com a construção de calorímetros artesanais, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 – UFJF / IF Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Alysson Miranda de Freitas  
Coorientador: Dr. Bruno Gonçalves

Juiz de Fora  
2024

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio financeiro e institucional fornecido durante a realização desta dissertação. Através do suporte concedido, pude desenvolver e aprimorar minhas habilidades de pesquisa, ampliar meus horizontes acadêmicos e alcançar resultados significativos.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

## SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO .....	5
2. O PRODUTO EDUCACIONAL .....	6
2.1 PRIMEIRA ATIVIDADE DA SEI .....	6
2.2 SEGUNDA ATIVIDADE DA SEI .....	8
2.3 TERCEIRA ATIVIDADE DA SEI .....	9
3. MONTAGEM EXPERIMENTAL DA GARRAFA TÉRMICA .....	13
3.1. LISTA DE MATERIAIS .....	13
3.2 ARDUINO .....	14
3.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA PLACA ARDUINO UNO .....	15
3.4 SENSOR DE TEMPERATURA .....	16
3.5 A MONTAGEM DO PRODUTO EDUCACIONAL .....	17
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	22
REFERÊNCIAS .....	23
APÊNDICE A – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO DA PLATAFORMA ARDUINO .....	24



## 1. APRESENTAÇÃO

O objetivo principal desse produto é proporcionar uma aprendizagem efetiva dos conceitos relacionados às trocas de calor e capacidade térmica, por meio de uma metodologia de ensino baseada na investigação e na exploração de situações práticas e reais. Além disso, busca-se promover uma discussão acerca dos sistemas adiabáticos e não-adiabáticos, com o intuito de analisar as aproximações realizadas na física para sistemas ideais.

Esse produto educacional possibilita aos professores a aplicação no ensino à distância, proporcionando aos alunos a oportunidade de vivenciar e compreender de forma significativa os fenômenos térmicos, mesmo em um contexto não presencial. O trabalho possibilita aos professores fazer a aplicação da metodologia de maneira presencial também, uma vez que a atividade conta com um produto físico que pode ser apresentado aos alunos durante as aulas.

As atividades experimentais têm como objetivo desafiar as concepções prévias dos alunos sobre trocas de calor. Utilizando materiais simples e de baixo custo, os alunos são encorajados a construir experimentos que possibilitarão a compreender melhor os conceitos sobre calor e temperatura, estimulando discussões em sala de aula. A elaboração e aplicação do material educacional são embasadas nos referenciais teóricos que se utilizam da metodologia do ensino por investigação (BORGES, 2002; CARVALHO, 2018).

Na primeira atividade, os alunos são orientados a criar recipientes para armazenar bebidas quentes e geladas, com o objetivo de minimizar a troca de calor com o ambiente externo. O objetivo desta atividade é promover a aprendizagem dos conceitos de transmissão de calor a partir da investigação que os estudantes devem realizar sobre materiais isolantes para serem usados em seu experimento. Na segunda atividade, é proposto uma nova atividade investigativa para que os alunos elaborem hipóteses e desenvolvam um plano de trabalho para determinar o valor aproximado da capacidade térmica do recipiente térmico utilizado como “calorímetro” da atividade anterior. Posteriormente, os alunos são convidados a assistirem ao vídeo do produto experimental e são solicitados novamente a reconstruírem seus calorímetros artesanais e a determinar sua capacidade térmica.

## 2. O PRODUTO EDUCACIONAL

A sequência de ensino investigativo (SEI) desenvolvida leva em consideração que os alunos já foram apresentados aos conteúdos formais relacionados ao tema abordado. Isso é desejável, uma vez que a sequência didática envolve uma investigação aprofundada sobre o assunto, e é importante que os estudantes possuam alguns conhecimentos básicos para que sejam capazes de propor hipóteses, testá-las e elaborar conclusões com base nos resultados obtidos. Dessa forma, a SEI busca propor um problema em aberto aos alunos, permitindo que eles apliquem os conhecimentos adquiridos para resolvê-lo e promover uma aprendizagem mais efetiva destes conteúdos.

### 2.1 PRIMEIRA ATIVIDADE DA SEI

A primeira pergunta da 1ª atividade da SEI tem como objetivo, fazer com que os alunos busquem, soluções para conservar a temperatura da bebida por um maior intervalo de tempo. Mas nessa atividade será realizada a distinção de dois casos, justamente para que possa ser testado e avaliado a concepção do aluno em relação a troca de calor entre dois sistemas diferentes. O primeiro era fazer com que o aluno conservasse a temperatura de um corpo “quente” e em seguida conservar a temperatura de uma bebida “gelada”. A primeira pergunta é a seguinte:

“Suponha que necessite armazenar uma bebida “quente” em recipiente que não seja uma garrafa térmica, elabore uma prática com um relatório (contendo introdução, objetivos, materiais utilizados, desenvolvimento, discussão de resultados e conclusão), indicando todo procedimento a fim de manter a bebida o “mais quente” possível. Agora imagine que tenha uma bebida bastante “gelada” e deseja conservar ela “gelada” por um longo tempo. Qual seria o procedimento? Faça outro relatório, similar ao da bebida “quente”. (Obs: insira fotos dos objetos utilizados e dos procedimentos adotados) ”.

O objetivo desta questão é apresentar uma atividade investigativa experimental aos alunos para que eles possam colocar em prática seus conhecimentos sobre os processos de transferência de calor. Essa atividade permite ao aluno desenvolver todos os aspectos de uma abordagem investigativa como elaborar hipóteses sobre quais materiais isolantes poderiam ser

utilizados, realizar testes para ver o tempo de conservação da temperatura bebida, e concluir se o experimento precisa de ajustes ou não.

Abaixo apresentamos uma sugestão para conduzir a aplicação desta atividade investigativa.

**Introdução:**

- Explicar a dinâmica do ensino por investigação, visto que os estudantes podem não estar familiarizados com este tipo de metodologia ativa.
- Apresentar a atividade ressaltando os passos do ensino por investigação que os estudantes devem seguir para que estes sejam capazes de executar a atividade proposta.

**Planejamento da investigação:**

- Auxilie os alunos na elaboração de um plano de trabalho, caso precise.
- Incentive-os a considerar diferentes abordagens e a prever possíveis resultados.

**Condução do experimento:**

- Forneça orientações e suporte durante a execução da investigação, garantindo que os alunos sigam seus planos de trabalho.
- Esteja disponível para responder perguntas e solucionar problemas que possam surgir durante o processo.

**Interpretação dos resultados:**

- Encoraje os alunos a tirarem conclusões com base em suas análises de dados.

**Comunicação dos resultados:**

- Oriente os alunos na apresentação de seus resultados de forma clara e coerente, elaborando um relatório evidenciando todas as etapas desenvolvidas durante a execução da atividade.
- Avalie o desempenho dos alunos não apenas pelos resultados, mas também pelo processo de investigação e aprendizagem demonstrado.

Ao seguir essas etapas e proporcionar um ambiente de apoio e incentivo, o professor pode facilitar uma experiência de aprendizagem por investigação significativa e enriquecedora

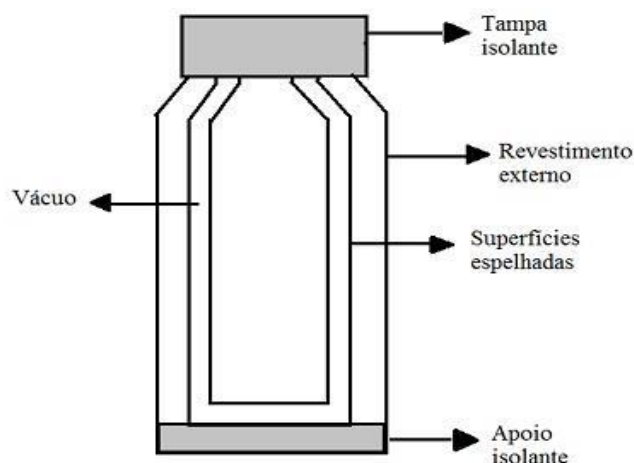
para os alunos. O professor pode aplicar essa atividade de modo presencial, remoto ou híbrido, podendo oferecer prazos variados de entrega, como duas aulas de 50 minutos até uma semana.

## 2.2 SEGUNDA ATIVIDADE DA SEI

A segunda atividade proposta envolve a determinação da capacidade da garrafa térmica presente na casa deles, ou da garrafa construída por eles na primeira atividade.

*“Uma garrafa térmica é constituída por duas camadas com vácuo entre elas, como se uma garrafa estivesse dentro da outra e ambas utilizassem o mesmo gargalo. Essas camadas são feitas de um material isolante térmico, normalmente o vidro, que são espelhadas. Como você faria para determinar a capacidade térmica da sua garrafa térmica? Planeje e execute um experimento que lhe permita fazer isto. Utilize a sua garrafa térmica e faça as medidas que julgar necessárias para resolver esse problema. Escreva em seu relatório o procedimento utilizado, os valores das medidas que você fez e o valor encontrado para a capacidade térmica. (Obs: insira fotos dos objetos utilizados e dos procedimentos adotados)”.*

Figura 1: Figura utilizada como referência para os alunos na pergunta.



Fonte: Imagem retirada do site preparaenem<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Disponível em < <https://www.preparaenem.com/fisica/garrafa-termica.htm> > Acessado em 29/08/22 às 23:46

A pergunta do questionário explica brevemente o funcionamento de uma garrafa térmica (figura 1), fornecendo subsídios aos alunos para formularem suas hipóteses, elaborarem um plano de trabalho e obterem suas conclusões.

Para conduzir esta atividade, apresentamos as seguintes sugestões.

**Introdução:**

- Apresentar novamente a dinâmica do ensino por investigação e apresentar a atividade proposta.

**Planejamento da investigação:**

- Oriente os alunos a elaborar suas hipóteses sobre como medir a capacidade térmica.
- Oriente os alunos a elaborar um plano de trabalho para organizar a execução das tarefas.

**Condução do experimento:**

- Forneça orientações e suporte durante a execução da investigação, garantindo que os alunos sigam seus planos de trabalho.
- Esteja disponível para responder perguntas e solucionar problemas que possam surgir durante o processo.

**Interpretação dos resultados:**

- Encoraje os alunos a analisarem seus resultados e discutirem as possíveis fontes de erro ou imprecisão.

**Comunicação dos resultados:**

- Oriente os alunos na apresentação de seus resultados de forma clara e coerente, elaborando um relatório evidenciando todas as etapas desenvolvidas durante a execução da atividade.
- Avalie o desempenho dos alunos não apenas pelos resultados, mas também pelo processo de investigação e aprendizagem demonstrado.

## 2.3 TERCEIRA ATIVIDADE DA SEI

Ao final da 2ª atividade da SEI, os alunos devem assistir ao vídeo do produto educacional e, na sequência, realizar a terceira atividade da SEI que tem como objetivo fazê-

los refletir sobre suas respostas comparando com as de seus colegas e as instruções apresentadas na execução da prática do vídeo. O vídeo do produto educacional está hospedado na plataforma do YouTube e pode ser acessado através do link disponibilizado. No vídeo é possível observar a discrepância na troca de dois sistemas distintos, o adiabático e o não adiabático e verificar como é possível obter a capacidade térmica da garrafa térmica. A atividade da SEI contará com a seguinte pergunta:

*Após a realização da prática faça uma comparação da sua prática com a adotada pelo seu amigo e com a prática proposta no vídeo, descrevendo se houve diferença ou semelhança entre elas, indicando qual metodologia entre as duas seria a mais adequada para a tarefa. Os valores encontrados para capacidade térmica das garrafas necessariamente têm que ser iguais? Faça um texto justificando a resposta.*

Link do vídeo: [https://youtu.be/\\_wEbx03RrZM](https://youtu.be/_wEbx03RrZM)<sup>15</sup>

Para conduzir a discussão dos resultados em sala de aula após a aplicação das atividades investigativas, o professor pode seguir as seguintes sugestões.

#### **Introdução:**

- Solicite aos estudantes que se dividam em duplas ou pequenos grupos.
- Apresente a experimentação desenvolvida no produto educacional disponibilizada no link e, a seguir, apresente a questão da terceira atividade.
- Antes da discussão, reveja os resultados das atividades e identifique os principais pontos a serem abordados.
- Prepare materiais visuais, como gráficos, tabelas ou fotos, para auxiliar na apresentação dos resultados.

#### **Condução da discussão dos resultados do vídeo do produto educacional:**

- Comece a discussão lembrando o objetivo da atividade e os procedimentos realizados.
- Explique a importância de analisar os resultados e tirar conclusões com base nos dados coletados.
- Exiba os resultados do experimento, seja por meio de apresentações em slides, quadro branco ou utilizando materiais visuais.

---

<sup>15</sup> Disponível em < [https://youtu.be/\\_wEbx03RrZM](https://youtu.be/_wEbx03RrZM) > Acessado em 24/09/2023 às 10:46

- Destaque os principais dados coletados e mostre como foram organizados para facilitar a análise.

**Discussão das atividades desenvolvidas pelos alunos:**

- Solicite aos estudantes, divididos em duplas ou pequenos grupos, que discutam seus resultados em conjunto.
- Incentive a troca de ideias e opiniões entre os alunos, permitindo que compartilhem suas observações e interpretações.

**Discussão das atividades desenvolvidas pelos alunos com o professor:**

- Abra espaço para que os alunos façam perguntas e expressem suas dúvidas.
- Responda às perguntas dos alunos e esclareça quaisquer conceitos ou procedimentos que não tenham ficado claros.

**Conclusão:**

- Encerre a discussão resumindo os principais pontos abordados e destacando as conclusões alcançadas.
- Solicite aos estudantes que elaborem um relatório final descrevendo a comparação de seus resultados com os do seu colega de dupla.

Ao conduzir uma discussão de resultados dessa forma, o professor proporciona aos alunos a oportunidade de analisarem criticamente seus dados, tirarem conclusões significativas e desenvolverem habilidades de pensamento crítico e comunicação científica.

Caso o professor opte por utilizar o vídeo da experimentação disponibilizado no link, o vídeo já conduz a prática ilustrando a diferença na conservação da temperatura da água, aquecidas a uma mesma temperatura inicial, em dois sistemas distintos, uma garrafa térmica e um copo de vidro envolto no gelo. O objetivo deste teste inicial é ilustrar a diferença entre um sistema adiabático e um não-adiabático com relação a troca de calor com o meio externo.

Na segunda parte do vídeo da experimentação, realizamos a determinação da capacidade térmica da garrafa. Para esta prática, adicionamos 200g de água com temperatura inicial de aproximadamente 70,9°C no interior da garrafa e registramos a temperatura no equilíbrio térmico. Com os valores da temperatura inicial da garrafa térmica, que seria a temperatura ambiente, e da temperatura final após o equilíbrio térmico, determinamos a capacidade térmica da garrafa.

Se o professor optar por construir seu próprio experimento utilizando uma garrafa térmica convencional, como feito neste trabalho, ou construindo seu próprio calorímetro artesanal, ele poderá apresentar seu experimento seguindo a mesma sequência do vídeo.



### 3. MONTAGEM EXPERIMENTAL DA GARRAFA TÉRMICA

#### 3.1. LISTA DE MATERIAIS

Para realizar a prática você precisará dos seguintes materiais:

- **Placa Arduino:** Uma placa Arduino, como Arduino Uno, Nano, entre outras.
- **Sensor de Temperatura:** Um sensor de temperatura compatível com Arduino. Os sensores de temperatura mais comuns são o LM35, DHT11, DHT22, DS18B20, entre outros. O sensor utilizado no produto foi o D18B20.
- **Placa de Prototipagem:** Uma placa de prototipagem (breadboard) para facilitar a conexão dos componentes.
- **Cabos Jumper:** Cabos jumper macho-macho para conectar os componentes à placa de prototipagem.
- **Resistores (opcional):** Dependendo do sensor de temperatura utilizado, pode ser necessário o uso de resistores para realizar a leitura correta.
- **Fonte de Alimentação:** Uma fonte de alimentação para alimentar a placa Arduino, que pode ser através de um cabo USB conectado ao computador ou uma fonte externa compatível.
- **Computador:** Um computador com acesso à porta USB para programação da placa Arduino e para visualização dos resultados.
- **Cabo USB:** Um cabo USB para conectar a placa Arduino ao computador.
- **Software Arduino IDE:** O software Arduino IDE instalado no computador para escrever, compilar e fazer o upload do código para a placa Arduino.
- **Broca de 6 mm:** A broca será necessária para ser realizado um furo para que seja possível inserir o sensor em seu interior.
- **Silicone de altas temperatura:** A finalidade é de fazer a vedação na tampa da garrafa, com a finalidade de fixar o fio do sensor e vedar o furo para minimizar a troca de calor com o meio externo.

Com esses materiais, você estará pronto para realizar uma prática envolvendo a medição de temperatura com Arduino e o sensor de temperatura escolhido. Certifique-se de seguir as instruções específicas do sensor de temperatura e adaptar o código conforme necessário para o seu projeto, ou copiar e colar o disponibilizado no manual produto.

Os materiais são encontrados facilmente na internet, em sites específicos de prototipagens, em sites de vendas de diversos produtos e outros. Segue algumas sugestões de sites onde é possível encontrar todos os materiais listados acima.

<https://labdegaragem.com/>

<https://www.eletrogate.com/sensores-e-modulos>

<https://pt.aliexpress.com/>

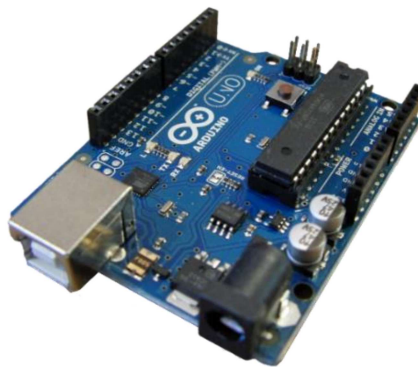
<https://produto.mercadolivre.com.br/>

<https://www.casadarobotica.com/>

### 3.2 ARDUINO

A plataforma Arduino (figura 2) é uma ferramenta que tem contribuído para a ciência, pois é um tipo de microcontrolador que pode ser programado que conta com diversos tipos de sensores (temperatura, pressão, aceleração, campo magnético, humidade, ultrassom e outros) e os atuadores (relés, motores de passo, motores DC, as válvulas e os servo motores), que são controlados por duas portas, a de entrada e a de saída. Este é de baixo custo e possui várias tutoriais na internet, atraindo os alunos que possui afinidade pela robótica e a automação. Outro destaque é o fato dele ser open-source, ou seja, podem ser modificados e utilizados livremente em acordo com as licenças, tanto o hardware quanto o software, diferentemente dos concorrentes, como o Lego e outros. O Arduino pode se comunicar com vários sistemas operacionais, como o Windows, Linux, e MacOS (Arduino, 2023).

Figura 2: Placa do Arduino Uno.



Fonte: Wikipédia<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino>> Acessado em 25/04/2023 às 19:47.

### 3.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA PLACA ARDUINO UNO

O Arduino possui atualmente no mercado grande variedade de modelos, a mais utilizada atualmente é o Arduino Uno R3. A alimentação da placa é realizada pelo conector USB (Universal Serial Bus) que pode ser alimentada por um computador ou por uma fonte externa de tensão de  $9V_{cc}$ . Ela também permite realizar o download de arquivos de recepção ou de transmissão de dados entre o Arduino e o computador. Vejamos no quadro 1 as especificações técnicas da placa do Arduino uno R3 (Arduino, 2023).

Quadro 1: Especificações técnicas da placa Arduino UNO R3

<b>Placa</b>	<b>Nome</b>	Arduino UNO R3
	<b>SKU</b>	A000066
<b>Microcontrolador</b>	ATmega328P	
<b>Conector USB</b>	USB-B	
<b>Alfinetes</b>	<b>Pino de LED embutido</b>	13
	<b>Pinos de E/S digitais</b>	14
	<b>Pinos de entrada analógica</b>	6
	<b>pinos PWM</b>	6
<b>Comunicação</b>	<b>UART</b>	Sim
	<b>I2C</b>	Sim
	<b>SPI</b>	Sim
<b>Poder</b>	<b>Tensão de E/S</b>	5V
	<b>Tensão de entrada (nominal)</b>	7-12V
	<b>Corrente CC por pino de E/S</b>	20 mA

	<b>Conector da fonte de alimentação</b>	Plugue de Barril
<b>Velocidade do relógio</b>	<b>Processador Principal</b>	ATmega328P 16 MHz
	<b>Processador Serial USB</b>	ATmega16U2 16 MHz
<b>Memória</b>	<b>ATmega328P</b>	2KB SRAM, 32KB FLASH, 1KB EEPROM
<b>Dimensões</b>	<b>Peso</b>	25g
	<b>Largura</b>	53,4 mm
	<b>Comprimento</b>	68,6 mm

Fonte: Site do Fabricante<sup>17</sup>

O Arduino UNO é uma placa micro controladora baseada no ATmega328P. Ela possui 14 pinos de entrada/saída digital dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM e 6 entradas analógicas, um ressonador cerâmico de 16 MHz, uma conexão USB, um conector de energia, um conector ICSP e um botão de reset. A placa possui o que é necessário para suportar o microcontrolador. É necessário somente conectar à placa a computador com um cabo USB ou ligá-lo com um adaptador AC/DC ou bateria (Arduino, 2023).

### 3.4 SENSOR DE TEMPERATURA

O sensor de temperatura utilizado no trabalho foi o dispositivo DS18B20 (figura 3), que é digital e mede a temperatura em graus Celsius com a resolução de 9 bits (0,5°C) até 12 bits (0,0625°C) e ainda possui para pontos limites a função alarme. O DS18B20 possui a comunicação serial, pela qual, demanda somente de uma linha de comunicação com o microprocessador.

Esse sensor consegue operar entre as temperaturas limites de -55°C até 125°C, cada sensor possui um código serial de 64 bits que possibilita muitos deles a mesma linha serial para se comunicar com o microprocessador (Integrated, 2019).

<sup>17</sup> Disponível em < <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3> > Acessado em 02/05/2023 às 10:28.

Figura 3: Sensor DS18B20



Fonte: Site casa da robótica<sup>18</sup>

### 3.5 A MONTAGEM DO PRODUTO EDUCACIONAL

Com o auxílio de uma furadeira e de uma broca de 6 mm, o sensor foi fixado na tampa da garrafa, sendo realizada a vedação com um silicone próprio para altas temperaturas, como os utilizados na vedação de cabeçote de motores (figura 4).

Figura 4: Tampa da garrafa com o sensor de temperatura.



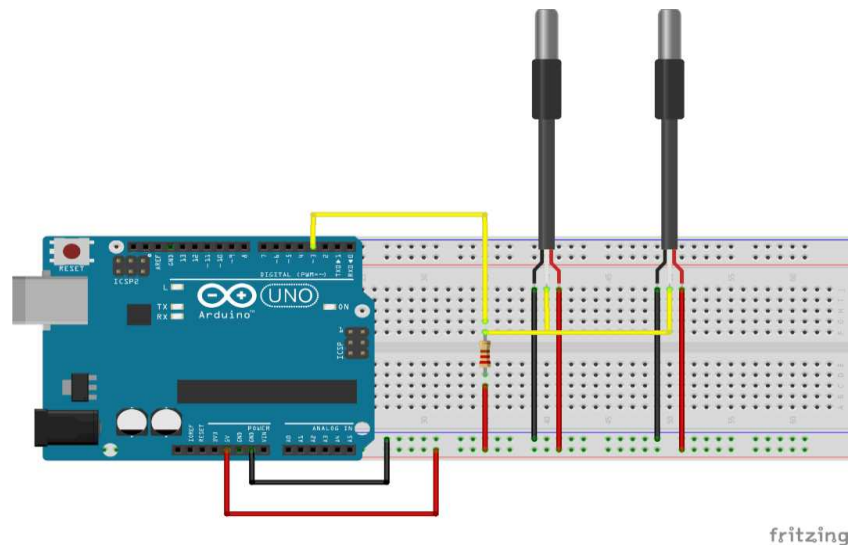
Fonte: Autor

---

<sup>18</sup> Disponível em < <https://www.casadarobotica.com/sensores-e-modulos/sensores/temperatura/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-d-agua-waterproof> > Acessado em 02/05/2023 às 17:24.

A figura 5, mostra o diagrama da montagem com os dois sensores, com o segundo sensor conectado em paralelo ao primeiro. Abaixo, podemos verificar a instalação do sensor na placa protoboard com o Arduino e o computador realizando a coleta dos dados. Após a montagem da garrafa e as ligações dos sensores, como mostrado na figura 46, surge a necessidade de fazer o código para que os sensores possam fazer as medições necessárias.

Figura 5: Ligação do sensor de temperatura no Arduino.



Fonte: Autor

Com o sensor fixado na garrafa, o próximo passo foi realizar a programação para que o sensor pudesse realizar a leitura da temperatura. O código desenvolvido está descrito no apêndice A. Para fazer a comunicação entre o Arduino e o Excel, você pode seguir os passos abaixo:

#### **Preparação do Arduino:**

- Conecte o Arduino ao computador utilizando um cabo USB.
- Escreva ou carregue um código no Arduino que leia os dados do sensor conectado e envie esses dados pela porta serial (UART). Por exemplo, se estiver utilizando um sensor de temperatura, o Arduino deverá ler os valores do sensor e enviá-los pela porta serial.

#### **Instalação do Software e Configuração:**

- Certifique-se de ter o Arduino IDE instalado no seu computador.
- Baixe e instale o driver necessário para o Arduino, se for o caso.

- Abra o Arduino IDE e selecione a porta COM apropriada nas configurações.

#### **Instalação do Add-In para Excel:**

- Abra o Excel.
- Procure na internet e baixe um add-in que permita a comunicação com a porta serial, como o "Serial Port Utility" ou "PLX-DAQ" (uma ferramenta muito comum usada para esse fim).
- Siga as instruções de instalação do add-in.

#### **Configuração do Excel:**

- Após a instalação do add-in, você provavelmente verá uma nova aba ou opção no Excel relacionada à comunicação serial.
- Abra essa aba ou opção e configure as portas de comunicação, velocidade de transmissão (baud rate) e outros parâmetros conforme necessário para se comunicar com o Arduino.

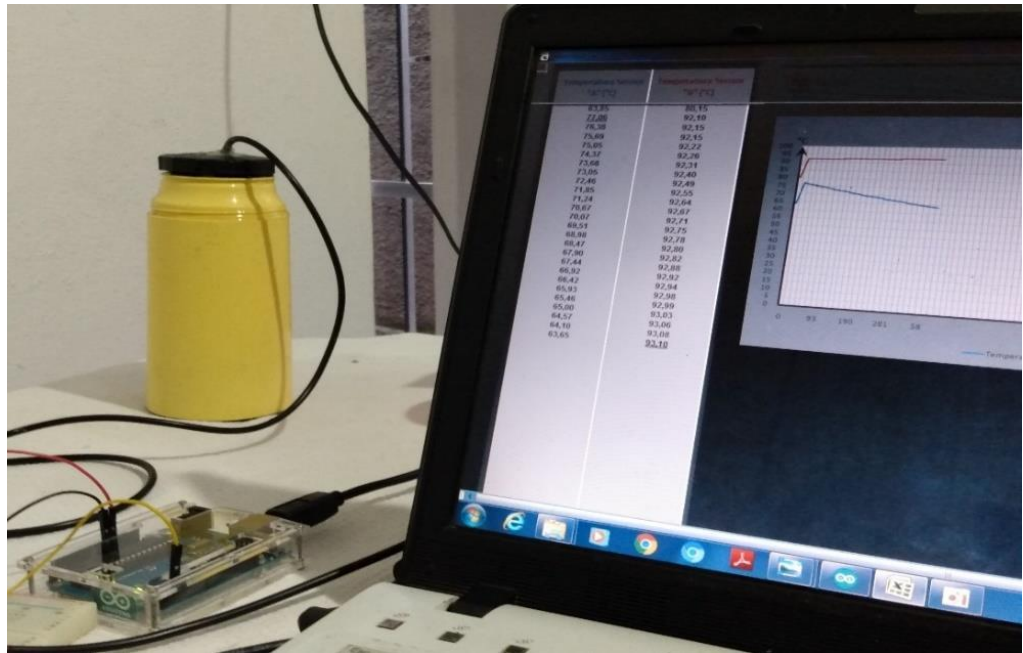
#### **Recebimento dos Dados no Excel:**

- No código do Arduino, certifique-se de enviar os dados pela porta serial no formato esperado pelo add-in do Excel.
- No Excel, inicie a captura dos dados pela porta serial.
- Os dados enviados pelo Arduino serão recebidos pelo Excel e poderão ser exibidos em células específicas ou em tempo real, dependendo da configuração.

Esses são os passos básicos para configurar a comunicação entre o Arduino e o Excel. Lembre-se de adaptar os detalhes conforme necessário para o seu projeto específico e o add-in escolhido.

Nessa comunicação do Arduino com o Excel, foi possível colocar uma interface, com cores, botões, gráfico com plotagem instantânea de ambos os sensores, com coloração diferente para ambos os sensores, como mostra a figura 6.

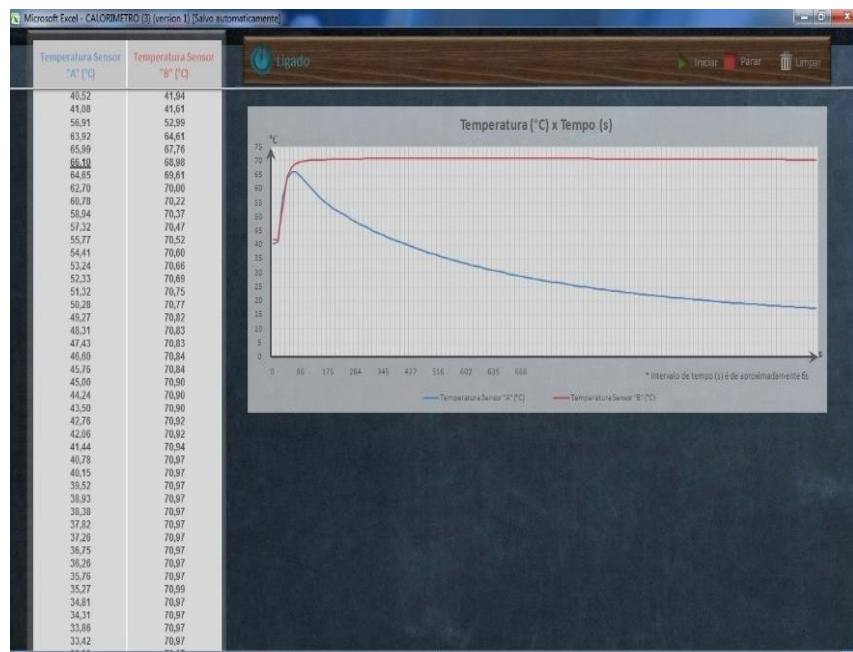
Figura 6: Coleta dos dados



Fonte: Autor

Na figura 7 é possível observar a discrepância entre os dois sistemas bastante diferentes ao final da coleta dos dados.

Figura 7: Interface do Excel na coleta dos dados.



Fonte: Autor



A figura 7 permite verificar os botões de iniciar a coleta de dados, de parar e o de limpar os dados coletados. Nela é possível ver os status, onde mostra ligado ou desligado. O gráfico mostra que as temperaturas estão sendo coletadas em função do tempo, ambos com coloração diferentes, como nas colunas, ao lado esquerdo do gráfico. Nessa apresentação ao aluno sugerimos não apresentar qual é o sensor o da garrafa térmica. Sugerimos apresentar como sensor A e sensor B, a fim que o aluno possa avaliar e tirar suas conclusões sobre qual sensor é o da garrafa térmica.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional desenvolvido neste trabalho traz uma proposta para o ensino de conceitos fundamentais sobre os processos de troca de calor, calorimetria e sistemas adiabáticos e não adiabáticos, fundamentada na metodologia do ensino por investigação. São propostas a realização de atividades práticas, sem roteiros pré-definidos, baseadas na metodologia do laboratório aberto.

Apresentamos um aparato experimental para promover as discussões sobre conteúdos de calorimetria que consiste basicamente na aquisição automática da temperatura de um calorímetro através de um sensor DS18B20 conectado a plataforma Arduino. Esse sistema de aquisição de dados tem significativas vantagens em relação aos termômetros convencionais devido à sua exatidão e a um maior ganho pedagógico com a possibilidade da obtenção das curvas da temperatura em função do tempo construídas em tempo real.

A forma com que as atividades são estruturadas permite aos alunos se envolverem mais com o processo de investigação para a resolução do problema, levando-os a elaborar hipóteses, desenvolverem um plano de trabalho e a analisarem seus resultados obtendo assim suas conclusões. Desta maneira, acreditamos que a SEI proposta tem o potencial de proporcionar a participação ativa dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem e promover uma aprendizagem significativa.

## REFERÊNCIAS

ARDUINO. <https://store-usa.arduino.cc/>. **Arduino**, 20 jul. 2023. Disponível em: <<https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?selectedStore=us>>.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro em Ensino de Física.**, Dezembro 2002. p.291-313.

CARVALHO, A. M. P. D. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Dezembro 2018.

INTEGRATED, M. programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. **DS18B20**, jul. 2019. Disponível em: <<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ds18b20.pdf>>.

## APÊNDICE A – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO DA PLATAFORMA ARDUINO

Neste apêndice, disponibilizamos o código de programação da IDE da plataforma Arduino utilizado na aquisição de dados de temperatura pelos sensores DS18B20.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
//
//
=====
// --- Mapeamento de Hardware ---
#define ONE_WIRE_BUS 3 //sinal do sensor DS18B20

//
=====
// --- Declaração de Objetos ---
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //objeto one_wire
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DeviceAddress sensor1;

//
=====
// --- Protótipo das Funções ---
void mostra_endereco_sensor(DeviceAddress deviceAddress); //Função para mostrar
endereco do sensor

//
=====
// --- Variáveis Globais ---
float tempMin = 999; //armazena temperatura mínima
float tempMax = 0; //armazena temperatura máxima
float intervalo = 0; // Intervalo de tempo de medições
int linha = 0; // variavel que se refere as linhas do excel
char comando; //Excel

//
=====
// --- Configurações Iniciais ---
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARDATA"); // Reset da comunicação serial
  Serial.println("LABEL,Hora,Segundos, Temperatura,Linha"); // Nomeia as colunas
```

```

sensors.begin();

// Localiza e mostra enderecos dos sensores
Serial.println("Localizando sensores DS18B20...");
Serial.print("Foram encontrados ");
Serial.print(sensors.getDeviceCount(), DEC);
Serial.println(" sensores.");

if (!sensors.getAddress(sensor1, 0))
  Serial.println("Sensores nao encontrados !");

// Mostra o endereco do sensor encontrado no barramento
Serial.print("Endereco sensor: ");
mostra_endereco_sensor(sensor1);
Serial.println();
Serial.println();

} //end setup

//
=====
// --- Loop Infinito ---
void loop(){
  if (Serial.available() > 0){
    comando = Serial.read();
  }
  // Le a informacao do sensor
  sensors.requestTemperatures();
  float tempC = sensors.getTempC(sensor1);
  linha++; // incrementa a linha do excel para que a leitura pule de linha em linha

  // Atualiza temperaturas minima e maxima
  if (tempC < tempMin){
    tempMin = tempC;
  }
  if (tempC > tempMax){
    tempMax = tempC;
  }

  /*// Mostra dados no serial monitor
  Serial.print ("Medida no Intervalo de : ");
  Serial.print (intervalo);
  Serial.print ("Segundos");*/

  //inicia a impressao de dados, sempre iniciando

  if (comando == 'i'){
    delay(500);

```

```

    Serial.print (intervalo);
    Serial.print(", ");
    Serial.println(tempC);
}

//Serial.print(", ");
//Serial.println(linha);

/*Serial.print("Temp C: ");
Serial.print(tempC);
Serial.print(" Min : ");
Serial.print(tempMin);
Serial.print(" Max : ");
Serial.println(tempMax);*/

delay(4500);

    intervalo = intervalo + 10; //10 se refere aos 10 segundos parametrizados pela linha de
    código acima delay(10000)

} //end loop

//
=====
=====
// --- Desenvolvimento das Funções ---

//
=====
=====
// --- Função para mostrar endereço do sensor ---
void mostra_endereco_sensor(DeviceAddress deviceAddress){
    for (uint8_t i = 0; i < 8; i++){
        // Adiciona zeros se necessário
        if (deviceAddress[i] < 16) Serial.print("0");
        Serial.print(deviceAddress[i], HEX);
    }
}
}

```