

# Uma Proposta para o Ensino de Calorimetria Utilizando a Plataforma Arduino em uma Sequência Didática Diversificada

A Proposal for Teaching Calorimetry Using the Arduino Platform in a Diversified Didactic Sequence

ANDRÉ LUÍS DE ALMEIDA SILVA<sup>1</sup>, WILSON DE SOUZA MELO<sup>1</sup>, ALYSSON MIRANDA DE FREITAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Naturais, Colégio de Aplicação João XXIII, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

---

## Resumo

O ensino de princípios, proposições, teorias e conceitos relacionados à Calorimetria é fortemente influenciado pelas concepções prévias dos aprendizes baseadas em experiências sensoriais que muitas vezes levam a formulações de concepções errôneas e dificultam sua aprendizagem. Na literatura, verifica-se que há uma escassez de trabalhos com propostas didáticas baseadas em metodologias ativas para o ensino de Calorimetria, sobretudo de trabalhos com propostas de atividades experimentais. Neste trabalho, propõe-se uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica para o ensino de Calorimetria. A sequência didática desenvolvida utiliza diversos recursos didáticos, como imagens norteadoras, atividades experimentais, pesquisa da evolução dos conceitos ao longo da história, simulações computacionais e jogos, objetivando uma participação ativa do aprendiz em seu processo de ensino-aprendizagem. Um dos principais objetivos desta sequência é propor uma atividade experimental sobre Calorimetria, para isto utilizamos a plataforma Arduino UNO R3 e o sensor de temperatura DS18B20 para o desenvolvimento de um arranjo experimental com aquisição de dados automatizada, boa precisão e rápido tempo de resposta. A sequência didática foi aplicada em quatro turmas do 2º ano do ensino médio de duas escolas públicas estaduais nos municípios de Bicas e Guarará do estado de Minas Gerais. O trabalho foi desenvolvido no formato de uma pesquisa-ação e a efetividade da UEPS proposta foi analisada por meio de dados qualitativos obtidos nas observações realizadas em sala de aula e nos questionários aplicados compostos por problemas conceituais e quantitativos sobre o objeto de ensino. Os resultados indicam que a sequência didática diversificada elaborada tem o potencial de promover a aprendizagem significativa crítica dos conteúdos de ensino propostos nesta UEPS.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Aprendizagem Significativa Crítica, Calorimetria, Arduino.

---

---

### Abstract

*The teaching of concepts related to Calorimetry is influenced by the learners' previous conceptions based on sensory experiences that often lead to the formulation of misconceptions and make it difficult to learn the concepts. In the literature, it appears that there are few works with didactic proposals based on active methodologies for the teaching of Calorimetry, especially works with proposals for experimental activities. In this work, we propose a potentially meaningful teaching unit based on Critical Meaningful Learning Theory for teaching Calorimetry. The didactic sequence developed uses several didactic resources, such as guiding images, experimental activities, research on the evolution of concepts throughout history, computer simulations and games, aiming at an active participation of the learner in their teaching-learning process. One of the main objectives of this sequence is to propose an experimental activity on Calorimetry, for this we use the Arduino UNO R3 platform and the DS18B20 temperature sensor to develop an experimental arrangement with automated data acquisition, good accuracy and fast response time. The didactic sequence was applied in four classes of the 2nd year of high school in two state public schools in the municipalities of Bicas and Guarará in the state of Minas Gerais. This work was developed in the form of an action-research and the effectiveness of the proposed UEPS was analyzed using qualitative data obtained from observations made in the classroom and applied questionnaires composed of conceptual and quantitative problems about the teaching object. The results indicate that the diversified didactic sequence developed has the potential to promote a critical meaningful learning of concepts related to Calorimetry.*

**Keywords:** *Physics teaching, Critical Meaningful Learning, Calorimetry, Arduino.*

---

## I. INTRODUÇÃO

O ensino de Física atualmente praticado, tanto na educação básica como no ensino superior, é baseado no modelo narrativo no qual o professor transmite os conteúdos a serem aprendidos de forma predominantemente expositiva e tem como referencial bibliográfico um livro-texto. Nesse processo de ensino, o aprendiz não possui um papel ativo em sua aprendizagem, cabendo-lhes apenas copiar os conteúdos, que já estão no livro-texto, memorizá-los e reproduzi-los nas avaliações que trazem questões semelhantes as apresentadas em sala de aula. Por vezes, os professores buscam inovar trazendo outros recursos didáticos como projetores multimídia e experimentos porém sem planejar uma sequência de atividades baseadas em uma metodologia ativa de ensino, e assim, mesmo com a inserção destes recursos pedagógicos, a prática de ensino continua fundamentada no modelo tradicional (MOREIRA, 2011a).

O modelo tradicional de ensino que tem-se hoje estabelecido é consequência de uma situação muito mais complexa do que simplesmente a prática adotada pelos professores em sala de aula. Para contribuir com a melhoria deste quadro, visando auxiliar a atuação dos professores, foi desenvolvida neste trabalho uma unidade de ensino potencialmente significativa sobre Calorimetria tendo como referencial metodológico a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (MOREIRA, 2000).

Em seu trabalho, Moreira (2000) chama a atenção para o fato de que o conhecimento prévio dos estudantes é uma das variáveis que mais influenciam em seu processo de ensino-aprendizagem. Particularmente, na Calorimetria, o conhecimento prévio dos alunos são baseados em experimentações sensoriais do cotidiano que muitas vezes levam à formulação de uma concepção errônea dos fenômenos. Por isso, quando não trabalhadas de forma adequada adotando-se uma metodologia ativa de ensino, as concepções prévias muitas vezes dificultam a aprendizagem de conceitos relacionados à Calorimetria. Assim, a unidade de ensino desenvolvida busca utilizar diversos recursos didáticos como experimentações, simulações computacionais, pesquisa da evolução dos conceitos ao longo da história e jogos, a fim de proporcionar um papel ativo aos estudantes na construção de seu conhecimento.

É consenso entre os professores que a experimentação possui papel fundamental no ensino de Física. As atividades experimentais, além de possibilitar a observação dos fenômenos, trabalham outras habilidades como utilização de instrumentos e procedimentos de obtenção e análise de dados, e tornam o ensino mais atrativo. Entretanto, a realização de atividades experimentais ainda é uma realidade distante em diversas escolas principalmente devido à falta de estrutura. Como tentativa de contornar esse problema, muitos professores tem a iniciativa de levar para sala de aula experimentos de baixo custo. Porém, atividades experimentais de Calorimetria, geralmente, são mais difíceis de executar pois existem alguns fatores que introduzem significativas fontes de erros na experimentação. Por exemplo, os termômetros comumente utilizados, como os de álcool ou mercúrio, levam um tempo maior para realização das medidas e apresentam maior dificuldade na leitura dos dados, e os calorímetros muitas vezes não possuem um bom isolamento térmico e permitem trocas de calor com o meio externo. Essas fontes de erro muitas vezes conduzem a um resultado diferente do esperado e levam os professores a abandonarem a realização dessas práticas, com isto, a lacuna de experimentos didáticos sobre Calorimetria torna-se ainda maior.

Estudos mostram que o número de publicações sobre Calorimetria e Termodinâmica em periódicos são consideravelmente inferiores às outras áreas do ensino de Física. Analisando as publicações em dois periódicos nacionais no período de 1992 a 2001, Araújo e Abib (2003) mostraram que apenas 4,3% das publicações com propostas de atividades experimentais tratavam da Calorimetria (ARAÚJO; ABIB, 2003). Silva e Errobidart (2019), em seu trabalho sobre a investigação da produção científica nacional sobre o ensino de Termodinâmica, que analisou publicações no período de 2013 a 2016 em periódicos com o extrato Qualis no ensino de Ciências entre A1 e B2, encontrou apenas 26 artigos relacionados ao ensino de Termodinâmica, sendo estes divididos em quatro categorias: (1) História da Ciência no Ensino da Termodinâmica. (2) O papel da experimentação no Ensino de Termodinâmica. (3) Investigações de conceitos espontâneos e científicos da Termodinâmica e suas implicações para o Ensino de Ciências (4) Materiais didáticos para o Ensino de Termodinâmica (SILVA; ERROBIDART, 2019). Dessa forma, um dos principais objetivos deste trabalho é propor uma atividade experimental de Calorimetria visando contribuir para a redução da falta de experimentos didáticos sobre esta temática. Neste produto educacional utilizou-se a plataforma Arduino UNO R3 e o sensor de temperatura DS18B20, uma vez que estes componentes eletrônicos possuem um custo relativamente baixo e possibilitam uma aquisição de dados automatizada, com boa precisão e um rápido tempo de resposta, o que permite a construção de arranjos experimentais de fácil manipulação e com maior exatidão nos resultados (ROSA

et al., 2016).

Esta unidade de ensino potencialmente significativa foi desenvolvida no âmbito do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) sendo composta por recursos didáticos diversificados como uma proposta de trabalho dos conteúdos de Calorimetria priorizando uma metodologia ativa de ensino (SILVA, 2019). Esta sequência didática diversificada foi aplicada em quatro turmas do segundo ano do ensino médio de duas escolas públicas estaduais nos municípios de Bicas e Guarará do estado de Minas Gerais.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

O processo de ensino-aprendizagem de Física, assim como de outras ciências, na maioria das escolas ainda é centrado em um modelo tradicional no qual o professor transmite os conteúdos aos alunos de forma expositiva, tendo como referência o livro-texto. Este modelo privilegia o discurso centralizado no professor e restringe a participação ativa do aluno em seu processo de aprendizagem. Ainda que outros recursos didáticos, como projetores multimídia ou mesmo experimentos demonstrativos, sejam introduzidos no processo de ensino, se o professor não faz o abandono da narrativa para que o aluno assuma o protagonismo de seu processo de aprendizagem, o modelo de ensino estabelecido pouco, ou em nada, se difere do tradicional (MOREIRA, 2011a).

Apesar de ser bem aceito pela sociedade em geral, este modelo de ensino privilegia uma aprendizagem mecânica, ou seja, a nova informação é assimilada de forma literal, sem uma incorporação efetiva à estrutura cognitiva do aprendiz por meio de uma interação com seus conhecimentos prévios. Como resultado, temos uma aprendizagem baseada na memorização, de curto prazo, que não estimula a criatividade e muito menos a criticidade dos estudantes (MOREIRA, 2011a).

Em contraposição à aprendizagem mecânica há a aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel, que se caracteriza pela incorporação de novos conhecimentos aos conhecimentos prévios do aprendiz, denominados de subsunçores. O conhecimento adquirido é incorporado efetivamente à estrutura cognitiva do aprendiz, uma vez que ao interagir com os subsunçores, seus conhecimentos vão reconciliando-se integrativamente, tornando-se diferenciados e estáveis. Ao contrário da aprendizagem mecânica, a aprendizagem significativa proporciona uma retenção do conhecimento mais duradoura, uma maior compreensão e capacidade de aplicação do conhecimento à novas situações (MOREIRA, 2011a).

O conhecimento prévio dos estudantes é uma das variáveis que mais influenciam em sua aprendizagem. Além disso, a promoção de uma aprendizagem significativa deve considerar que o aprendiz precisa ser o protagonista deste processo e apresentar uma pré-disposição para aprender, uma vez que este perceba a relevância dos novos conhecimentos. Dessa forma, os materiais educativos devem ser potencialmente significativos, ou seja, devem priorizar a participação ativa do aprendiz na construção de seu conhecimento e apresentar situações-problemas contextualizadas para que o aprendiz as perceba como relevantes em seu dia-a-dia e tenha a intenção de aprender (MOREIRA, 2000). Nesta perspectiva, adotou-se como referencial metodológico neste trabalho a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica com o objetivo de construir uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) sobre Calorimetria (MOREIRA, 2011b).

O estudo foi conduzido seguindo-se os parâmetros de uma pesquisa-ação na qual foi elaborada uma sequência didática diversificada para o ensino de Calorimetria. A sequência didática foi aplicada em quatro turmas do ensino médio de duas escolas públicas estaduais nos municípios de Bicas e Guarará no estado de Minas Gerais. A pesquisa-ação pode ser sucintamente definida como formas de tentativas continuadas, sistematizadas e empiricamente fundamentadas de se aperfeiçoar a prática (TRIPP, 2005). Embora este tipo de pesquisa possa ser questionado em função do envolvimento do pesquisador com os grupos e pessoas envolvidos no estudo (GIL, 2007), acreditamos que no campo educacional a pesquisa-ação pode ser uma importante ferramenta para o aprimoramento das práticas de ensino dos professores. Por esta razão, entendemos que este tipo de pesquisa é coerente com o referencial teórico adotado, uma vez que o professor elaborou e analisou a eficácia de uma UEPS sobre Calorimetria na tentativa de aprimorar sua própria prática e promover uma aprendizagem significativa.

Uma UEPS é uma sequência de atividades didáticas que tem por objetivo facilitar a aprendizagem significativa de conteúdos específicos do conhecimento. Sua construção é fundamentada em oito aspectos sequenciais que orientam o desenvolvimento das atividades, podendo estas envolver diversos recursos didáticos. O primeiro passo para a construção de uma UEPS é a definição do tópico específico a ser abordado, a escolha do conteúdo que se pretende ensinar. O segundo passo envolve a elaboração de uma atividade que proporcione ao aprendiz externalizar o seu conhecimento prévio para que então as demais atividades da sequência didática sejam elaboradas considerando-se seus conhecimentos prévios. No terceiro passo deve-se propor uma situação-problema a nível introdutório que atue como um organizador prévio e prepare o aprendiz para o conhecimento que se pretende ensinar. No quarto passo, realizado o levantamento dos conhecimentos prévios e as preparações iniciais, deve-se apresentar o conteúdo a ser ensinado levando-se em consideração a diferenciação progressiva (MOREIRA, 2011b).

Na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, a diferenciação progressiva é o princípio que estabelece que a apresentação dos conteúdos deve ser realizada de forma hierárquica, devendo-se os conhecimentos mais gerais serem apresentados no início do ensino e, posteriormente, diferenciados progressivamente em conhecimentos mais específicos. Desta forma, conceitos mais amplos devem ser apresentados já nos primeiros momentos para que, na sequência do processo, suas especificidades sejam trabalhadas (MOREIRA, 2011b).

O quinto passo retoma a estruturação dos conhecimentos apresentando-se novas situações-problemas em níveis maiores de complexidade. No sexto passo busca-se continuar a diferenciação progressiva com situações-problemas mais complexas porém com uma perspectiva integradora. As principais características dos conteúdos são retomadas porém buscando-se a reconciliação integrativa através da apresentação de novos significados. A reconciliação integrativa é o princípio programático da matéria que propõe relacionar conceitos, ideias ou proposições, analisar suas semelhanças e diferenças com o objetivo de eliminar suas inconsistências e promover a ancoragem desses novos significados aos conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 2011b).

Por fim, o sétimo passo corresponde a avaliação da aprendizagem através da UEPS. Esta deve ser composta de uma avaliação formativa e uma somativa. A avaliação formativa é realizada ao longo do desenvolvimento da UEPS, buscando-se evidências de aprendizagem

durante todas as atividades realizadas em grupo ou individuais. A avaliação somativa é uma avaliação individual que deve ser aplicada ao final do sexto passo compostas por questões através das quais o aprendiz deverá demonstrar compreensão sobre o tópico de ensino da sequência didática. O oitavo passo é a avaliação da efetividade da UEPS, sendo esta considerada exitosa apenas se os aprendizes apresentarem evidências de uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011b).

### III. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CALORIMETRIA

Com base no referencial teórico da Aprendizagem Significativa Crítica, de Marco Antonio Moreira, construiu-se uma sequência didática composta por atividades diversificadas, como experimentação, pesquisa histórica, simulação computacional, e jogos, a fim de desenvolver diferentes habilidades dos estudantes e promover uma aprendizagem significativa de conceitos relacionados a Calorimetria, como a diferenciação conceitual entre calor e temperatura, calor específico, capacidade térmica, troca de calor e temperatura de equilíbrio (MOREIRA, 2000). A sequência didática foi estruturada em sete etapas, conforme apresentado no quadro 1, observando-se os aspectos sequenciais para a construção de uma unidade de ensino potencialmente significativa (MOREIRA, 2011b).

A primeira etapa foi elaborada para realizar o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes e, a partir deles, estruturar as demais atividades da sequência. Os alunos receberam um conjunto de imagens norteadoras, apresentadas na figura 1, que retratavam algumas aplicações e situações que observa-se no cotidiano, como por exemplo, a sensação térmica de se pisar em um piso cerâmico e um piso de madeira, o cobertor que é capaz de nos manter aquecidos em um dia frio, o calor radiado por uma panela quente, e outras. Em seguida, foram solicitados para compor uma produção textual externalizando suas experiências e seus conhecimentos sobre o tema relacionado às imagens. Posteriormente, o professor mediou uma discussão na qual os alunos puderam compartilhar seus conceitos e foram apresentados a outras situações-problemas.

Após a análise dos textos produzidos, verificou-se, como era esperado, que os estudantes apresentavam concepções distorcidas a respeito do conceito de calor e temperatura, associando calor com temperaturas elevadas, definindo calor como energia e formulando explicações baseadas em sensações térmicas. Por isso, optou-se na segunda etapa por realizar uma atividade a um nível introdutório, na qual pudessem reavaliar seus conceitos.

Os alunos foram divididos em equipes de cinco integrantes e foram orientados a realizar uma pesquisa sobre a evolução histórica do conceito de calor. A atividade foi realizada no laboratório de informática da escola e cada equipe teve a disposição três computadores para a realização da pesquisa. Os alunos encontraram textos e vídeos sobre o conceito de calor em diferentes contextos históricos e atuais. Ao final, foi realizada uma discussão na qual o professor e os alunos organizaram os conceitos em uma linha do tempo, apresentando-se das antigas às novas concepções. Esta etapa foi pensada para que os conteúdos a serem ensinados nesta sequência didática fossem introduzidos aos estudantes e que a atividade de pesquisa da evolução histórica do conceito de calor proporcionasse uma organização prévia de suas concepções a fim de dar significado aos novos conhecimentos.

**Quadro 1:** Resumo da sequência didática.

Etapa	Atividades	Objetivos	Resultados esperados
1	Produção textual a partir da observação das imagens norteadoras.	Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos.	Identificar as concepções prévias dos alunos sobre os conceitos relacionados à Calorimetria e traçar estratégias de ensino sobre o tema.
2	Pesquisa sobre a evolução histórica do conceito de calor.	Proporcionar uma organização prévia dos conhecimentos dos estudantes.	Favorecer a aprendizagem dos novos conteúdos a partir da análise da evolução histórica do conceito de calor.
3	Atividade experimental: medição da variação da temperatura em função do tempo de corpos feitos com materiais diferentes.	Propor uma situação-problema e instigar os estudantes a elaborarem um modelo mental para explicar suas observações experimentais.	Proporcionar a construção dos conceitos de calor específico e capacidade térmica.
4	Aula expositiva.	Apresentar os conteúdos a serem trabalhados levando em conta sua diferenciação progressiva.	Transpor os conhecimentos adquiridos para a formalidade dos conceitos científicos.
5	Atividade computacional com o simulador <i>Formas de Energia e Transformações</i> do projeto <i>PHET simulações interativas</i> .	Promover a reconciliação integradora das concepções prévias com os novos conhecimentos adquiridos através da negociação de significados e interação entre os alunos.	Permitir aos estudantes reificar os conceitos mais abstratos da Calorimetria, facilitando sua aprendizagem.
6	Atividade experimental: equilíbrio térmico e transferência de calor.	Dar continuidade ao processo de diferenciação progressiva por meio da proposição de uma situação-problema mais complexa.	Aplicação dos conceitos trabalhados na sequência didática e dos conhecimentos experimentais adquiridos para determinação da quantidade de calor absorvida pelos corpos e sua temperatura de equilíbrio.
7	Avaliação lúdica com o jogo <i>Computador do Saber</i> .	Avaliar evidências de aprendizagem significativa.	Tornar o processo avaliativo mais descontraído, com maior engajamento dos estudantes, e também um instrumento de aprendizagem.



**Figura 1:** Conjunto de imagens norteadoras para a atividade de produção textual.

A terceira etapa envolveu uma atividade experimental projetada para a abordagem dos conceitos de calor específico e capacidade térmica. Os estudantes realizaram a medição da variação da temperatura em função do tempo de corpos feitos de materiais diferentes e analisaram suas curvas de aquecimento. Com esta atividade, pretendia-se propor uma situação-problema que permitisse aos alunos elaborar um modelo mental baseado em suas observações experimentais que levasse a construção desses conceitos, sem que o professor apresentasse formalmente esses conteúdos nesse momento. Com isto, a função desta atividade era atuar como um organizador prévio dos conhecimentos e das percepções dos estudantes relativos a esses conceitos para sua apresentação mais detalhada na etapa seguinte.

Conforme posto anteriormente, um dos objetivos deste trabalho é trazer uma proposta de atividade experimental de Calorimetria visando preencher essa lacuna de falta de experimentações nesta temática e assim proporcionar um processo de ensino-aprendizagem mais atrativo para estudantes e professores. Provavelmente, uma das razões para a escassez de atividades experimentais em Calorimetria são as limitações dos termômetros convencionais. A precisão, o longo tempo para a realização das medições e a maior dificuldade na leitura das medidas, são alguns desses limitadores que dificultam a inserção de experimentos deste tipo, sobretudo no ensino básico. Entretanto, atualmente encontra-se sensores eletrônicos com custo relativamente baixo que possibilitam o desenvolvimento de arranjos experimentais de fácil manipulação, com boa precisão, um rápido tempo de resposta, e aquisição de dados automatizada (ROSA et al., 2016).

O aparato experimental foi construído utilizando uma placa Arduino UNO R3, dois



sensores de temperatura DS18B20, uma protoboard de 400 pontos, dois resistores de  $4,7k\Omega$  e cabos jumper de conexão. Optou-se por utilizar a placa UNO R3 e os sensores DS18B20 por estes oferecerem uma boa precisão para nosso experimento e um rápido tempo de resposta, porém cabe ressaltar que a montagem pode ser adaptada com outros sensores e placas que estiverem a disposição. A figura 2 mostra o esquema da montagem do aparato experimental. Os sensores DS18B20 são conectados à placa arduino através de três fios, um vermelho (Vcc) que é a alimentação do sensor, um branco (sinal) que realiza a transmissão dos dados, e um preto (GND) que é o referencial de tensão igual a 0V do circuito. Os sinais dos sensores 1 e 2 foram conectados às portas 2 e 3, respectivamente, e ligados a uma tensão de 5V. Entre os fios de alimentação e de dados, é necessário ligar um resistor pull-up de  $4,7k\Omega$  a fim de garantir o correto funcionamento do sensor. A figura 3 apresenta o código utilizado para a aquisição de dados utilizando os sensores DS18B20.

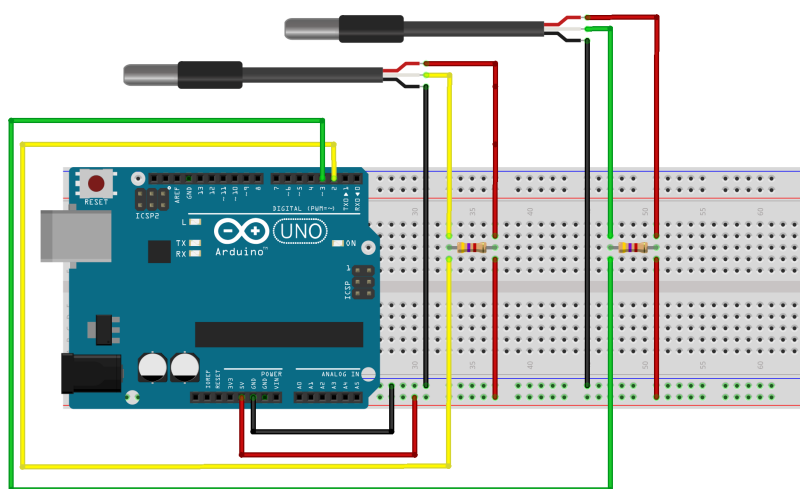


Figura 2: Esquemática da montagem do aparato experimental.

Após serem apresentados ao aparato experimental e se familiarizarem com as funções de cada componente, divididos em grupos de cinco integrantes, os alunos realizaram as medições da temperatura em função do tempo para três corpos de materiais diferentes, sendo estes de cobre, alumínio e cerâmica. Posteriormente, cada equipe recebeu três folhas de papel milimetrado para a construção das curvas de aquecimento dos blocos. A plataforma arduino possibilita a construção automática de gráficos de diferentes formas, entretanto, optou-se por solicitar que os alunos elaborassem os gráficos manualmente com o objetivo de proporcionar um ganho pedagógico com esta atividade. Na sequência, os alunos analisaram e compararam as curvas de aquecimento dos materiais e obtiveram suas conclusões.

Na quarta etapa apresentou-se o conteúdo de forma expositiva buscando realizar uma diferenciação progressiva dos conceitos a serem trabalhados. Para isto, foi realizada uma atividade introdutória na qual os alunos participaram apresentando exemplos de fenômenos e aplicações de calorimetria observados no cotidiano e também respondendo às situações postas pelo professor. A partir dos exemplos discutidos, o professor prosseguiu com a apresentação expositiva do conceito de calor, a diferenciação entre os conceitos de calor, temperatura e energia interna, e os processos de transferência de calor. Em seguida, os alunos foram divididos em grupos de cinco integrantes e foi-lhes proposto um conjunto de

```

1 #include <OneWire.h>
2 #include <DallasTemperature.h>
3 OneWire ourWire1(2); //Estabelece pin 2 como OneWire
4 OneWire ourWire2(3); // Estabelece pin 3 como OneWire
5 DallasTemperature sensors1(&ourWire1); //Declara a variavel para sensor
  1
6 DallasTemperature sensors2(&ourWire2); //Declara a variavel para sensor
  2
7 void setup() {
8 delay(1000);
9 Serial.begin(9600);
10 sensors1.begin(); //Inicia o sensor 1
11 sensors2.begin(); //Inicia o sensor 2
12 }
13 void loop() {
14 sensors1.requestTemperatures(); //Envia comando para ler a temperatura
15 float temp1= sensors1.getTempCByIndex(0); //Obt m a temperatura em C
  do sensor 1
16 sensors2.requestTemperatures(); // Envia comando para ler a temperatura
17 float temp2= sensors2.getTempCByIndex(0); //Obt m a temperatura em C
  sensor 2
18 Serial.print("Temperatura 1 = ");
19 Serial.print(temp1);
20 Serial.print(" C");
21 Serial.print(" Temperatura 2 = ");
22 Serial.print(temp2);
23 Serial.println(" C");
24 delay(5000);
25 }

```

**Figura 3:** Código utilizado para a aquisição de dados com os sensores DS18B20.

atividades qualitativas e quantitativas, com o objetivo de proporcionar uma transposição de seus conhecimentos para a formalidade dos conceitos científicos.

O uso de simuladores no ensino de Física tem-se popularizado nos últimos anos. Muitas vezes estes são utilizados como uma alternativa a falta de laboratórios nas escolas e, em outras, são utilizados para a realização de experimentos mais custosos ou que necessitam de maiores cuidados por apresentar algum perigo. Outro aspecto positivo da utilização de simulações no ensino de Física é proporcionar uma visualização de fenômenos mais abstratos, que seria inviável em um experimento real, facilitando sua aprendizagem (ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2012). Atividades experimentais e computacionais apresentam vantagens e desvantagens uma em relação a outra, entretanto, suas possibilidades se complementam, de modo que a integração entre essas atividades permite ao aluno explorar as potencialidades de ambos recursos (VIDAL; MENEZES, 2019).

Com o intuito de permitir aos estudantes reificar conceitos mais abstratos como calor e integrar as potencialidades dos recursos experimentais e computacionais, realizou-se na

quinta etapa uma atividade de simulação computacional. Foi proposto aos estudantes, divididos em grupos de cinco integrantes, organizar uma apresentação de algum conhecimento adquirido fazendo o uso do simulador *Formas de Energia e Transformações*, mostrado na figura 4, do projeto *PHET simulações interativas*. Esta atividade teve como objetivo promover a reconciliação integradora dos conceitos trabalhados, estimulando a interação e a negociação de significados entre os estudantes.

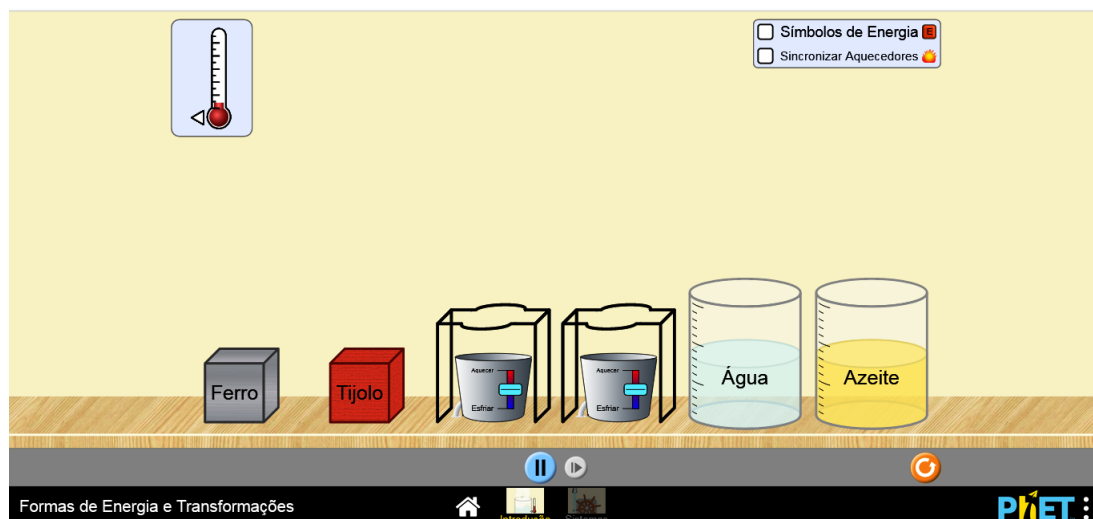
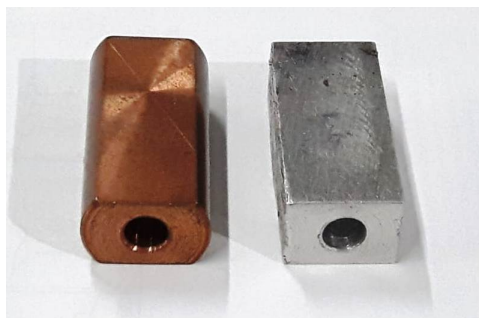


Figura 4: Tela do simulador *Formas de Energia e Transformações* (PHET Interactive Simulations, 2021).

Na sexta etapa, realizou-se outra atividade experimental buscando dar continuidade ao processo de diferenciação progressiva através da proposição de uma nova situação-problema, com um maior nível de complexidade, a fim de promover uma reconciliação integrativa dos conhecimentos. Nesta atividade, foi utilizada uma balança, uma lâmparina e, novamente, o aparato experimental com a placa arduino UNO R3 e os sensores DS18B20 (figura 2), e proposto aos estudantes duas situações-problemas. Na primeira, dois blocos, um de cobre e outro de alumínio, mostrados na figura 5, foram rapidamente aquecidos com uma lâmparina, mantendo-se suas temperaturas sempre inferiores à  $125^{\circ}\text{C}$  que é o limite superior de leitura do sensor, e foi pedido aos alunos para estimarem a quantidade de calor absorvida por cada bloco. Na segunda, os alunos aqueciam um dos blocos e o colocava em contato com outro, que estava aproximadamente à temperatura ambiente, e monitoravam suas temperaturas até atingirem o equilíbrio térmico. Ao final da atividade, os grupos elaboraram um breve relato sobre as observações realizadas no experimento.

É importante ressaltar que este aparato experimental deste produto educacional tem outras potencialidades que podem ser exploradas para propor situações-problemas mais complexas aos estudantes, como por exemplo, estimar o calor cedido e o calor absorvido por cada bloco, estimar o calor específico de um determinado bloco, e outras. Entretanto, optou-se por desenhar como objetivo principal desta sequência didática promover uma abordagem mais conceitual das grandezas físicas da Calorimetria. Isto porque, conforme posto anteriormente, os conhecimentos prévios dos estudantes são baseados em experimentações sensoriais cotidianas que os tornam mais difíceis de serem ressignificados pelos aprendizes, dificultando a ancoragem de novos conhecimentos a estes subsunçores.



**Figura 5:** Blocos de cobre e alumínio com perfuração para encaixe do sensor.

A avaliação da aprendizagem dos estudantes foi realizada de forma continuada, através dos registros de todos os trabalhos realizados ao longo da implementação da sequência didática, e também por uma atividade final somativa aplicada na sétima etapa. Com o objetivo de tornar a avaliação um momento mais descontraído e também um instrumento de aprendizagem, optou-se por fazer uma atividade lúdica utilizando um conhecido brinquedo infantil de perguntas e respostas denominado *Computador do Saber*. O jogo é composto por uma base sobre a qual são postas fichas contendo perguntas e suas respectivas respostas sobre determinado tema. Um jogador seleciona uma pergunta para seu adversário utilizando uma peça que é encaixada no tabuleiro girando o seu ponteiro para o número da pergunta selecionada. Após a resposta do adversário, a peça é encaixada no campo das repostas e gira automaticamente para a resposta correta da questão. O mecanismo para fazer o ponteiro girar para a resposta correta é por meio da força magnética entre os ímãs dispostos na base e no ponteiro do brinquedo.

Fez-se uma adaptação das fichas de perguntas e respostas do jogo, como mostrado na figura 6, e utilizou-se cartões de perguntas e respostas sobre o tema Calorimetria identificados por números para que o participante selecionasse a questão sem conhecer seu conteúdo previamente. Os estudantes foram divididos em equipes de cinco integrantes. O representante de uma equipe selecionava o número de uma pergunta posicionando o ponteiro no tabuleiro do jogo e, na sequência, fazia a leitura da pergunta no cartão correspondente ao número selecionado. O representante da equipe adversária respondia a pergunta selecionando o seu cartão de resposta. Posteriormente, a resposta era conferida encaixando o ponteiro no tabuleiro que girava apontando a alternativa correta. As equipes podiam escolher entre si um representante para responder à pergunta selecionada pela equipe adversária, entretanto, o representante não poderia se repetir na próxima rodada, a fim de garantir a participação de todos os integrantes.

As questões utilizadas nessa avaliação foram questões qualitativas e quantitativas comumente encontradas em livros-texto e exames de seleção para ingresso em instituições de ensino superior. Apesar de não ser o foco deste trabalho, o objetivo desta atividade foi proporcionar uma avaliação de como os estudantes estavam transpondo os conhecimentos adquiridos para a formalidade matemática e conceitual dos conteúdos escolares tradicionais.

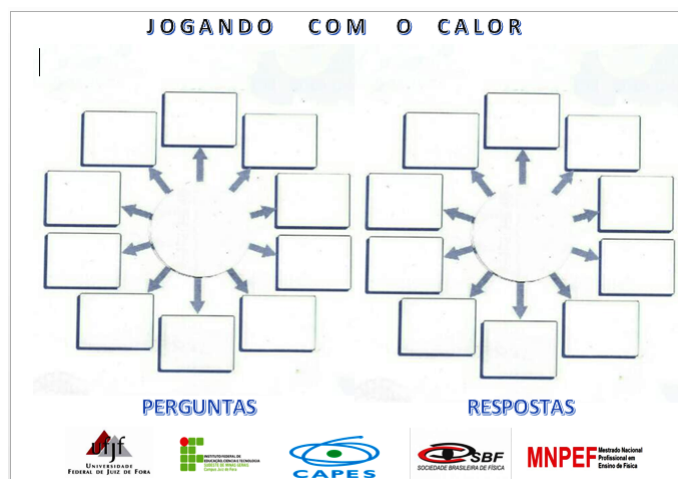


Figura 6: Folha de rosto do jogo.

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento do conhecimento prévio dos estudantes foi realizado na primeira etapa da sequência didática através da avaliação da produção textual dos estudantes sobre o tema relacionado às imagens norteadoras, ilustradas na figura 1. Percebeu-se que os conhecimentos prévios dos estudantes são derivados de experiências sensoriais que temos no nosso dia-a-dia, que os conduzem à concepções conceituais distorcidas das grandezas físicas. Entre estas, destaca-se a associação do conceito de calor com a temperatura, de forma que calor é associado com temperaturas elevadas e "frio" a temperaturas baixas, como mostra o fragmento da resposta de uma aluna na figura 7. Esta foi a concepção prévia predominante entre os estudantes. Outras concepções espontâneas observadas nas análises dos textos estavam relacionadas a sensação térmica de um piso cerâmico estar a uma temperatura mais baixa do que um piso de madeira e de que um cobertor é capaz de produzir calor e assim esquentar uma pessoa.

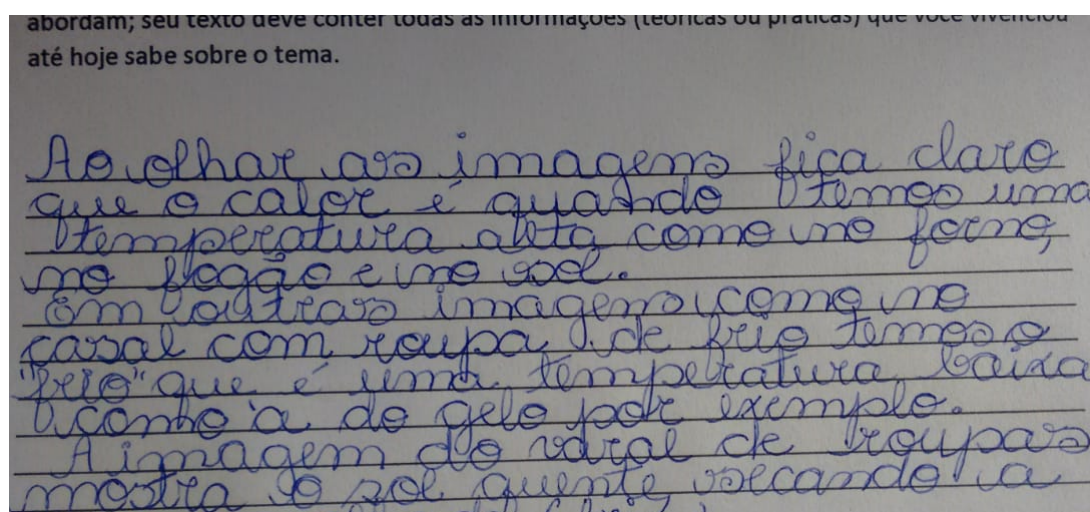


Figura 7: Produção textual: associação do conceito de calor com temperatura.

Na atividade de pesquisa da evolução do conceito de calor ao longo da história, realizada na segunda etapa e projetada para proporcionar uma organização prévia de suas concepções, os estudantes encontraram e estudaram alguns vídeos e textos sobre o tema. A seguir, estão os endereços eletrônicos de alguns deles.

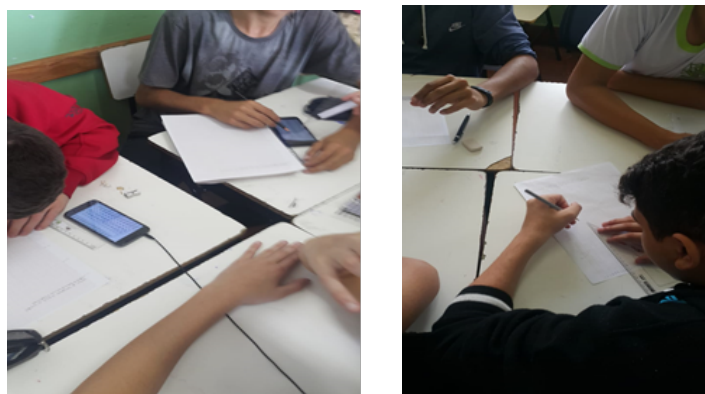
- A Teoria do calórico.  
<<https://www.youtube.com/watch?v=qqgBcAtgQG4>>
- Conceitos de calor através da história.  
<<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/conceitos-calor-atraves-historia.htm>>
- Calor e temperatura.  
<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/calor-temperatura.htm>>
- História do conceito de calor.  
<<http://saladafernanda.blogspot.com/>>
- Teoria do calor.  
<<https://www.youtube.com/watch?v=OeMQk5CphEs>>

Após a pesquisa dos alunos, o professor conduziu a discussão em sala de aula solicitando inicialmente que os grupos apresentassem brevemente os conteúdos encontrados em suas pesquisas. Posteriormente, o professor discutiu os conceitos apresentados organizando-os em uma linha do tempo, de forma que os alunos puderam perceber a evolução conceitual do calor ao longo da história.

Durante o debate, outros questionamentos foram levantados pelos alunos tornando a discussão mais rica. Um aluno questionou que em um dos conteúdos que eles pesquisaram afirmava-se que não existia temperatura abaixo de zero, mas ele já viu em reportagens que nos polos a temperatura fica abaixo de zero. Esse questionamento abriu espaço para se discutir sobre as escalas termométricas e o limite inferior de temperatura na natureza que corresponde a 0K na escala Kelvin. Ao citar-se a escala Kelvin, um estudante afirmou que viu na televisão que o padrão da temperatura Kelvin iria mudar. Esse comentário estendeu o debate, ainda que de forma superficial, para a nova definição da temperatura de 1K na escala Kelvin que havia sido implementada recentemente. A definição anterior estabelecia que, no Sistema Internacional de Medidas (SI), a temperatura de 1K correspondia a  $1/273,16$  da temperatura do ponto triplo da água. Na atual definição, a temperatura de 1K está relacionada à constante de Boltzmann,  $k$ , de forma que 1K corresponde a temperatura que resulta em uma variação da energia térmica  $kT$  de  $1,380649 \times 10^{-23} \text{ J}$  (BIPM, 2019). Outro questionamento levantado havia sido confirmado como uma das concepções prévias dos alunos na atividade de produção textual da primeira etapa. Uma estudante perguntou porque um cobertor nos aquece. Esse questionamento levou a uma discussão sobre condutores e isolantes térmicos.

Na terceira etapa, os estudantes foram apresentados ao aparato experimental para a realização de uma atividade envolvendo uma situação-problema a nível introdutório abordando os conceitos de calor específico e capacidade térmica. Inicialmente, o professor realizou uma explanação sobre a plataforma Arduino, os sensores utilizados e sua funcionalidade, visto

que o objetivo desta sequência didática é utilizar a plataforma como um instrumento de aquisição de dados e não como o objeto principal de ensino. Feita a explicação do experimento, os estudantes realizaram a medição da variação de temperatura de blocos feitos de diferentes materiais, alumínio, cobre e tijolo cerâmico, e posteriormente construíram suas curvas de aquecimento (figura 8). Os estudantes realizaram a medição das massas dos blocos, consultaram o calor específico dos materiais e então analisaram os gráficos da variação de temperatura em função do tempo para cada material.

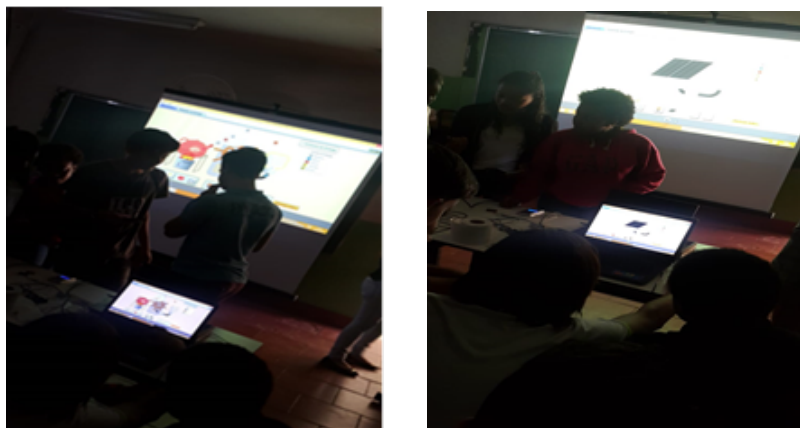


**Figura 8:** Estudantes construindo o gráfico da variação da temperatura em função do tempo.

Com isto, os alunos foram capazes de inferir que o aquecimento mais rápido de determinados materiais estava relacionado ao seu menor calor específico. Também concluíram, analisando as massas dos blocos, que a massa do objeto influencia na variação de sua temperatura quando este é aquecido, de forma que quanto maior for a massa do objeto, maior a quantidade de calor necessária para elevar sua temperatura. Esta atividade experimental foi proposta antes do professor realizar uma discussão formal dos conceitos de calor específico e capacidade térmica, proporcionando desta forma uma organização prévia dos subsunçores e dos novos conhecimentos adquiridos com esta prática, favorecendo assim a aprendizagem desses conceitos durante a apresentação formal dos conteúdos, realizada pelo professor em uma aula expositiva na quarta etapa desta sequência que foi finalizada com atividades qualitativas e quantitativas sobre o tema a fim de analisar como os estudantes estavam transpondo os conhecimentos adquiridos para o formalismo matemático e conceitual dos conteúdos escolares tradicionais.

A reconciliação integradora entre os novos conhecimentos e as concepções prévias dos estudantes foi proposta na simulação computacional realizada na quinta etapa, na qual, divididos em grupos de cinco integrantes, os alunos realizaram uma breve apresentação de algum conhecimento adquirido utilizando o simulador *Formas de Energia e Transformações* da plataforma *PHET simulações interativas*. Em um primeiro momento, os estudantes se familiarizaram com a ferramenta computacional e, posteriormente, foram definidos, com a supervisão do professor, os conteúdos a serem apresentados por cada grupo. As apresentações foram realizadas com um tempo médio de cinco minutos por equipe. Alguns dos conceitos apresentados foram os de capacidade térmica, calor específico, energia térmica e equivalente mecânico do calor.

A atividade experimental realizada na sexta etapa buscava a continuidade do processo



**Figura 9:** Apresentação dos estudantes utilizando o simulador *Formas de Energia e Transformações* da plataforma PHET simulações interativas.

de diferenciação progressiva e abordava os conceitos de transferência de calor e temperatura de equilíbrio térmico. Primeiramente, os estudantes realizaram um experimento no qual estimavam a quantidade de calor recebida por cada um dos blocos de alumínio e de cobre ao serem aquecidos por uma lamparina em um dado intervalo de tempo. Para isso, realizaram a medição das massas dos blocos com uma balança digital, consultaram na literatura o calor específico desses materiais, e a medição das temperaturas iniciais e finais dos blocos após um intervalo de tempo de aproximadamente um minuto. Os blocos fornecidos possuíam massas diferentes, sendo as massas dos blocos de cobre e alumínio aferidas pelos estudantes iguais a 65g e 19g, respectivamente. Os calores específicos encontrados no livro didático para esses materiais e adotados pelos alunos em seus cálculos foram de  $0,214\text{cal/g}^\circ\text{C}$  e  $0,0921\text{cal/g}^\circ\text{C}$ . Posteriormente realizaram a estimativa da quantidade de calor recebida por cada bloco.

Em seguida, os estudantes realizaram um segundo experimento monitorando a temperatura de equilíbrio térmico. Para isso, os estudantes aqueceram um bloco, de sua escolha, a uma temperatura inferior a  $125^\circ\text{C}$  enquanto outro era mantido a temperatura ambiente. Depois, colocaram os dois blocos em contato e observaram a variação de suas temperaturas até atingirem o equilíbrio térmico. Ao final, as equipes elaboraram um relato de suas experiências. Essa prática também levou a questionamentos interessantes dos estudantes a partir de suas observações. Como cada equipe escolheu um determinado bloco para ser aquecido e o aqueceu até uma temperatura diferente, as temperaturas de equilíbrio térmico encontradas pelos grupos foram diferentes, isso possibilitou uma discussão mais rica sobre a transferência de calor entre os corpos quando as equipes apresentaram seus resultados ao demais colegas. Os estudantes também notaram que os corpos perdiam calor para o ambiente e que isto influenciava na temperatura de equilíbrio térmico do sistema, o que estendeu a discussão sobre sistemas adiabáticos ideais e não-ideais.

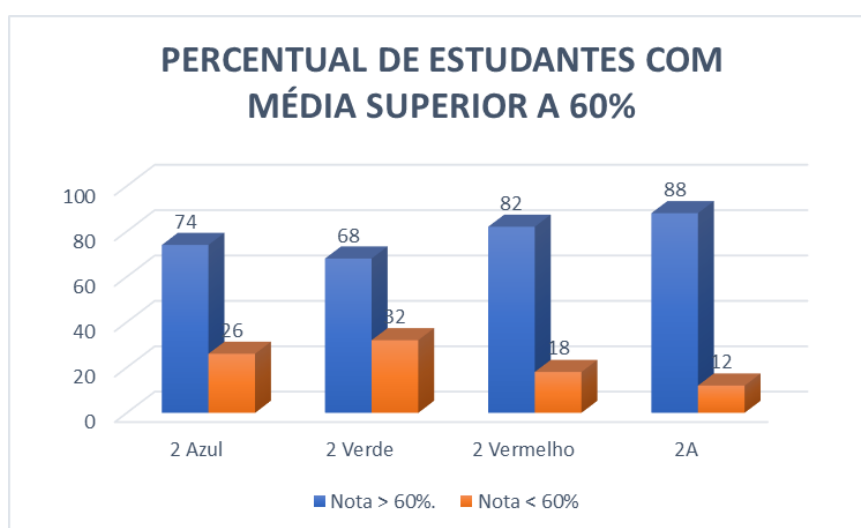
Ao final da aplicação da sequência didática, foi realizada uma avaliação somativa com o jogo *Computador do Saber* para proporcionar uma forma de avaliação mais lúdica. As fichas de perguntas e respostas do jogo foram adaptadas e as questões utilizadas abordavam o tema de Calorimetria de forma qualitativa e quantitativa, comumente encontradas nos livros didáticos do ensino médio.





**Figura 10:** Aplicação da atividade avaliativa utilizando o jogo *Computador do Saber*.

A avaliação da sequência didática se deu de forma continuada sendo analisados o engajamento dos estudantes na realização das atividades, os registros dos trabalhos desenvolvidos e o desempenho dos estudantes na atividade avaliativa do jogo *Computador do Saber*. Observamos que as atividades propostas pelo professor na sequência didática tiveram um bom engajamento por parte dos alunos, e conseqüentemente, uma parte expressiva dos estudantes, em todas as quatro turmas onde foi feita a aplicação da sequência, alcançaram um rendimento acima de 60% de aproveitamento. Além disso, as observações feitas pelo professor durante as discussões realizadas em sala e a análise dos relatórios produzidos com as atividades mostram a evolução conceitual dos estudantes sobre o tema proposto e fornecem indícios de aprendizagem. A figura 11 mostra o percentual de estudantes que obtiveram um aproveitamento superior a 60% no conteúdo de Calorimetria com a aplicação da sequência didática, que é o rendimento mínimo exigido pelas escolas onde foi realizada a aplicação desta unidade de ensino potencialmente significativa.



**Figura 11:** Percentual de estudantes com aproveitamento igual ou superior a 60%.

## V. CONCLUSÕES

Observa-se na literatura uma escassez de trabalhos publicados com enfoque no ensino de Calorimetria, sobretudo de trabalhos voltados para atividades experimentais. Com o objetivo de propor uma atividade prática para o ensino desta temática, foi desenvolvida neste trabalho uma unidade de ensino potencialmente significativa baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Além da atividade experimental, a sequência didática fez o uso de diversos recursos didáticos como imagens norteadoras, simulações computacionais, pesquisa histórica da evolução do conceito de calor e jogos, com o objetivo de tornar o aprendiz o protagonista em seu processo de ensino-aprendizagem e auxiliá-lo na construção de seus conhecimentos estimulando diferentes habilidades. Durante a aplicação da sequência didática diversificada, observou-se uma participação muito ativa dos alunos nas atividades propostas. Dessa forma, a variedade de recursos didáticos utilizados nessa sequência didática se mostrou eficaz em despertar o interesse dos aprendizes pelo conteúdo e pelas aulas de Física. As avaliações formativas realizadas no desenvolvimento da sequência mostraram uma significativa evolução conceitual dos aprendizes sobre os conteúdos e revelaram indícios de aprendizagem significativa. A avaliação somativa final realizada com o jogo Computador do Saber e as avaliações individuais distribuídas ao longo da sequência apontam um bom desempenho dos estudantes na transposição dos conhecimentos adquiridos para o formalismo matemático e conceitual dos conteúdos escolares. O percentual de estudantes que obteve um aproveitamento superior a 60% no objeto de ensino da sequência didática foi consideravelmente alto em todas as turmas, sendo de 74% no 2° Azul, 68% no 2° Verde, 74% no 2° Vermelho e 88% no 2° A. Por fim, os resultados obtidos demonstram que a sequência didática diversificada desenvolvida neste trabalho tem o potencial de promover uma aprendizagem significativa crítica dos conceitos relacionados à Calorimetria.

## VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelo suporte financeiro.

---

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de física: um referencial de trabalho. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 2, p. 341–366, 2012. 29
- ARAÚJO, M. S. T. d.; ABIB, M. L. V. d. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de ensino de física*, SciELO Brasil, v. 25, p. 176–194, 2003. 22

BIPM. *The International System of Units (SI)*. 9. ed. <https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure>: Bureau International des Poids et Mesures, 2019. ISBN 978-92-822-2272-0. 33

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. [S.l.]: Atlas, 2007. 24

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica (critical meaningful learning). *Teoria da Aprendizagem Significativa*, v. 47, 2000. 21, 23, 25

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 4, n. 1, p. 2–17, 2011. 21, 23

MOREIRA, M. A. Potentially meaningful teaching units-pmtu. *Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS*, 2011. 23, 24, 25

PHET Interactive Simulations. *File: Forma de Energia e Transformações*. 2021. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/energy-forms-and-changes](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/energy-forms-and-changes)> – acesso em 25 out. 2021. 30

ROSA, C. T. W. da et al. Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e arduino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 292–305, 2016. 23, 27

SILVA, A. L. de A. *Um proposta para a aprendizagem de Calorimetria utilizando a plataforma Arduino em uma sequência didática diversificada*. Dissertação (Mestrado) — Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, 8 2019. <<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/11456>>. 23

SILVA, G. R. da; ERROBIDART, N. C. G. A produção científica nacional em periódicos sobre o ensino de termodinâmica. *Revista Prática Docente*, v. 4, n. 2, p. 559–577, 2019. 22

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e pesquisa*, SciELO Brasil, v. 31, p. 443–466, 2005. 24

VIDAL, N. F.; MENEZES, P. H. D. Laboratório real x laboratório virtual: possibilidades e limitações destes recursos em uma atividade investigativa para o ensino de eletrodinâmica. *A Física na Escola*, v. 17, n. 2, p. 54–58, 2019. 29