

INTEGRAÇÃO ENTRE LABORATÓRIO REMOTO E CICLO DE MODELAGEM DE HESTENES: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CALORIMETRIA

OLIVEIRA, Leandro Galdino¹
CORRALLO, Marcio Vinicius²

RESUMO

O ensino de Física no Brasil enfrenta desafios significativos para a realização de atividades práticas, seja pela carência de infraestrutura, seja pela predominância de abordagens pedagógicas tradicionais. Nesse cenário, laboratórios remotos surgem como alternativa ao acesso limitado a laboratórios didáticos; no entanto, seu alto custo e o risco de uso restrito a práticas confirmatórias evidenciam a necessidade de articulá-los a referenciais com maior participação dos estudantes. Este trabalho propõe a integração de um laboratório remoto de baixo custo com uma sequência didática inspirada no ciclo de Modelagem de Hestenes, voltada ao ensino de calorimetria. Parte-se do pressuposto de que os dados experimentais gerados remotamente podem funcionar como gatilhos para processos de modelagem matemática. A pesquisa³ envolve o desenvolvimento de um laboratório remoto baseado em Arduino e uma interface *web*, bem como a estruturação de uma atividade prática em etapas do ciclo de Modelagem. Também espera-se que o comportamento não linear das curvas de aquecimento e resfriamento obtidas durante o contato térmico entre corpos pode confrontar as hipóteses iniciais dos estudantes, estimulando a elaboração de modelos matemáticos mais precisos. É razoável acreditar que a proposta integrada é uma alternativa viável para consolidar a experimentação no ensino de Física, superando barreiras infraestruturais e promovendo práticas que favoreçam a construção de modelos matemáticos e o desenvolvimento do pensamento científico.

Palavras-chave: Laboratório Remoto. Ensino de Física. Ciclo de Modelagem de Hestenes. Atividade Prática Experimental.

INTRODUÇÃO

O ensino de Física enfrenta, no cenário brasileiro, uma tensão persistente entre o reconhecido potencial pedagógico da atividade prática experimental e os múltiplos desafios que limitam sua efetivação. Se por um lado há um amplo entendimento na literatura sobre a importância da experimentação para a aprendizagem de Física, e outras Ciências, o que pode permitir a conexão de conceitos teóricos à prática (Araújo; Abib, 2003), por outro, a realidade da Educação Básica é marcada por obstáculos estruturais e metodológicos. A carência de laboratórios didáticos, um fato evidenciado por dados educacionais (Brasil, 2024), combina-se com a prevalência de abordagens tradicionais de cunho demonstrativo e/ou verificador, em que as propostas das atividades práticas são concebidas de forma a direcionar os estudantes para um resultado experimental já esperado, reforçando um caráter meramente confirmatório da teoria, reduzindo-se a atividade prática a uma mera

¹ Mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto Federal de São Paulo - Campus São Paulo, e-mail: leandro.galdino@aluno.ifsp.edu.br.

² GPITEF - Grupo de Pesquisa em Inovação Tecnológica para o Ensino de Física, Instituto Federal de São Paulo, Campus São Paulo, São Paulo, SP, Diretoria de Ciências e Matemática/subárea – Física, e-mail: corrallo@ifsp.edu.br.

³ É um recorte do projeto de pesquisa, do primeiro autor, do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (ENCiMA) do Instituto Federal de São Paulo – Campus São Paulo.

comprovação de leis e “[...] reforçando a visão ingênua da Ciência devido ao caráter confirmatório” (Corrallo, 2017, p. 27).

Diante desse contexto, os laboratórios remotos emergem como uma alternativa tecnológica que permite estudantes manipularem aparatos físicos reais à distância. Embora, o custo do desenvolvimento e a manutenção de muitos desses sistemas ainda pode ser um impeditivo (Lopes, 2007), este trabalho aborda essa questão ao apresentar o desenvolvimento de um laboratório remoto (LR) de baixo custo, que utiliza tecnologias mais acessíveis e de código aberto, como a plataforma de prototipagem Arduino⁴, com o objetivo de ampliar o acesso à experimentação.

Entretanto, a simples disponibilização da tecnologia não assegura, por si só, uma contribuição efetiva ao processo de ensino e aprendizagem (Cardoso; Takahashi; Oliveira, 2015), visto o inerente risco de que os LR sejam utilizados apenas para replicar digitalmente os mesmos tradicionais roteiros fechados, subutilizando seu potencial investigativo. Diante disso, considera-se importante articular a utilização dessa tecnologia educacional a um referencial teórico-metodológico de caráter investigativo. Nesse sentido, este trabalho propõe uma sequência didática baseada em modelagem matemática, inspirada no ciclo de Modelagem de Hestenes, como estrutura para a realização de uma atividade experimental apoiada em um LR de baixo custo. Essa metodologia pode ressignificar o papel do experimento, ao deslocar o foco da simples verificação de teorias para um processo investigativo de construção, teste e validação de modelos matemáticos que descrevem fenômenos, promovendo uma participação ativa dos estudantes (Santos; Corrallo; Santos, 2025).

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar o potencial pedagógico da articulação entre LR de baixo custo e uma sequência didática baseada no ciclo de Modelagem de Hestenes. Para isso, são descritos: (i) a arquitetura do LR desenvolvido; (ii) a proposta de atividade prática sobre calorimetria, estruturada segundo esse ciclo; e (iii) a análise dos dados experimentais gerados, ilustrando seu uso na construção e validação de modelos matemáticos.

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho articula o desenvolvimento de uma solução tecnológica com a proposição de uma sequência didática inspirada no ciclo de Modelagem de Hestenes. O LR⁵ de baixo custo é assim denominado por ser significativamente mais acessível em comparação com os LR usualmente utilizados. Isso se deve ao fato de ter como elemento central a plataforma de prototipagem Arduino, que o torna bastante acessível a escolas e professores interessados em implementar essa tecnologia em sua atividade profissional. Sua arquitetura é composta por três camadas integradas, conforme detalhado no Quadro 1.

Já a atividade prática de calorimetria foi estruturada com base em uma adaptação do ciclo de Modelagem de Hestenes, conforme a sequência didática detalhada do Quadro 2.

⁴ Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre, composta por uma placa de circuito programável (*hardware*) e um ambiente de desenvolvimento (IDE) utilizado para escrever e transferir o código para a placa.

⁵ O LR pode ser acessado à distância pelos estudantes, ou ser utilizado pelo professor no mesmo ambiente físico com eles, sendo a interação realizada, inclusive, por meio de seus próprios *smartphones*.

Quadro 1 - Arquitetura do Laboratório Remoto de Baixo Custo

Camada	Componentes e Tecnologias	Função Principal
Hardware	Arduino UNO, sensores DS18B20 ⁶ , módulo relé ⁷ , abolidor de água e câmera web.	Gerenciar os componentes físicos, realizar medições de temperatura e atuar sobre o sistema (aquecimento).
Servidor	Node.js, Express.js, Socket.IO e Serial Port.	Processar as requisições, gerenciar a lógica do experimento e a comunicação em tempo real entre o <i>hardware</i> e o usuário.
Interface	HTML, CSS, JavaScript e Chart.js.	Permitir a interação do usuário com o experimento e visualizar os dados coletados em um gráfico dinâmico via página web.

Fonte: Autoria própria.

Quadro 2 - Etapas da sequência didática inspirada no Ciclo de Modelagem Hestenes

Primeiro estágio: desenvolvimento dos modelos	
Discussão pré-laboratorial	A etapa inicial envolve uma discussão guiada para descrever o sistema em estudo, aqui composto por dois líquidos (A e B) em um calorímetro, separados por recipientes de vidro. Os participantes (separados em pequenos grupos) são incentivados a formular hipóteses qualitativas sobre o comportamento das temperaturas, como a variação da temperatura esperada para o líquido mais quente e para o mais frio, e a discutir como será a taxa de mudança da temperatura. Ao final, espera-se que os grupos esbocem gráficos para representar suas previsões sobre as curvas de temperatura dos líquidos.
Investigação	Neste momento, os grupos são incentivados a analisarem os dados experimentais reais coletados a partir do LR. Sugere-se que observem as curvas de temperatura, comparando-as com os esboços previamente feitos, e verifiquem como as temperaturas mudam ao longo do experimento e se tendem a uma temperatura de equilíbrio (T_q). Com base na análise da forma das curvas, espera-se que os grupos discutam e talvez possam propor modelos matemáticos (funções lineares, polinomiais, exponenciais, dentre outras funções), que, de alguma forma, possam prever o fenômeno observado.
Discussão pós-laboratorial	Nesta etapa, os grupos são convidados a compartilhar e discutirem os modelos matemáticos que propuseram. Cada proposta é analisada coletivamente, avaliando seus pontos, as características principais do gráfico (valores inicial e final, bem como a forma da curva) e os parâmetros envolvidos na definição da função.
Segundo estágio: validação e refinamento do modelo	
Validação e refinamento	Neste momento, sugere-se que os grupos discutam como os modelos propostos podem ser aprimorados ou refinados. É importante enfatizar que a modelagem é um processo criativo que envolve simplificações e que os modelos podem ser continuamente melhorados à medida que a compreensão do fenômeno aumenta. Com base nos dados disponibilizados pela aplicação web, os grupos podem utilizar ferramentas computacionais, como o <i>software</i> SciDAVis ⁸ , para encontrar a curva que melhor se

⁶ Sensor digital de temperatura que pode ser integrado ao Arduino.

⁷ Dispositivo que pode ser integrado ao Arduino para controlar digitalmente o acionamento do ebulidor de água.

⁸ É um aplicativo gratuito para análise dados e plotagem de gráficos. Disponível em: <https://scidavis.sourceforge.net/>. Acesso em: 06 jul. 2025.

ajuste aos dados, bem como as constantes envolvidas no fenômeno em estudo. Após essa análise, espera-se que os grupos retornem à discussão geral e reflitam sobre a validade e os limites de cada modelo encontrado.

Fonte: Inspirado em Santos, Corrallo e Santos (2025, p. 5).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da atividade prática com o LR fornece os dados empíricos que servem como ponto de partida para o processo de modelagem. O gráfico da Figura 1, plotado em tempo real na página *web* do LR, a partir dos dados coletados pelos sensores DS18B20, é o elemento central da **etapa de Investigação** do ciclo proposto, veja Quadro 2. É nesse momento que o LR pode corroborar a metodologia, ao fornecer as evidências que podem confrontar as hipóteses iniciais dos grupos.

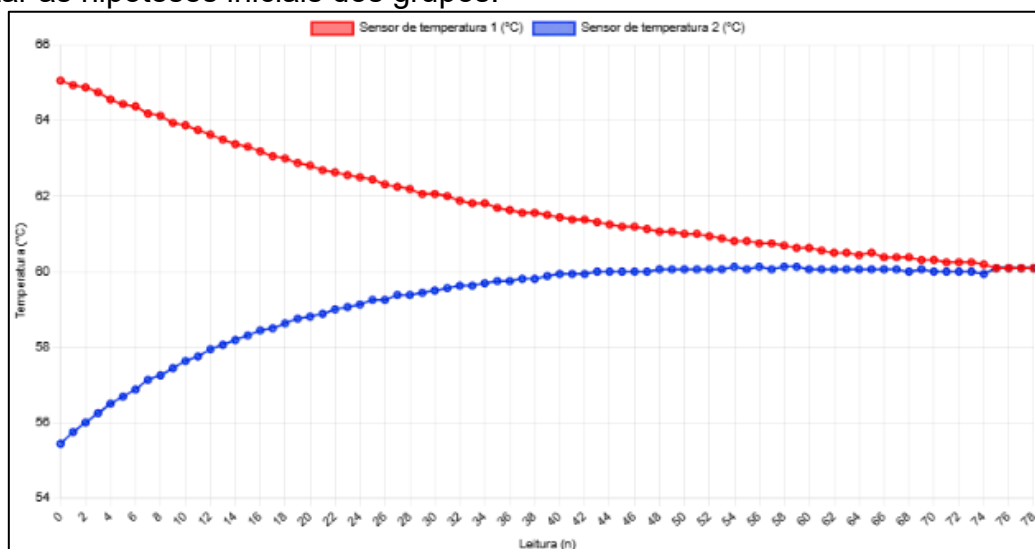


Figura 1 - Gráfico de Temperatura (°C) vs. Leitura (n) gerado pela interface *web* do LR

Fonte: autoria própria.

Os dados obtidos no experimento de calorimetria registram a interação térmica entre uma massa de água de maior temperatura⁹ e outra de menor temperatura, ambas inseridas em um calorímetro. O gráfico apresentado na Figura 1 revela um comportamento característico: as curvas de temperatura não são lineares. Ao contrário, a variação é mais acentuada no início e diminui progressivamente à medida que o sistema se aproxima do equilíbrio (T_q).

A não linearidade do gráfico constitui o principal gatilho pedagógico da atividade. Ao compararem o gráfico real com seus esboços iniciais, os estudantes podem experimentar um conflito cognitivo, favorecendo a reflexão e a reconstrução de suas ideias. É importante que analisem a forma da curva e, assim, possam reconhecer que um modelo de reta simples é insuficiente para descrever o fenômeno. Essa constatação pode gerar a necessidade de buscar modelos matemáticos mais sofisticados, como funções quadráticas, exponenciais, logarítmicas ou hiperbólicas, podendo gerar uma discussão sobre qual função melhor se ajusta aos dados e qual o significado físico dos parâmetros de cada modelo. Nesse momento, o professor pode sugerir o uso de ferramentas computacionais para ajudar na escolha da curva que melhor se ajusta aos dados experimentais. Assim, o LR, associado a uma sequência didática inspirado no ciclo de Modelagem de Hestenes, não atua como um mero ilustrador de uma teoria, mas como uma ferramenta que pode produzir as evidências necessárias para um processo genuíno de investigação e construção de modelos.

⁹ A água é aquecida por meio do acionamento pelo usuário do ebulidor de água, via página *web* (interface).

CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO

A construção do LR, integrando a plataforma de prototipagem Arduino e uma interface *web*, pode ser uma alternativa viável e replicável para democratizar o acesso a atividades práticas experimentais. Contudo, a principal contribuição deste estudo reside em demonstrar como a tecnologia, quando alinhada a uma metodologia participativa, como o ciclo de Modelagem, pode enriquecer a prática experimental. Os dados não lineares gerados pelo laboratório não são apenas um resultado, mas pode se transformar em um gatilho pedagógico que impulsiona a discussão e a necessidade de construção de modelos matemáticos mais elaborados.

Espera-se que a articulação entre o LR e a sequência didática baseada no ciclo de Modelagem de Hestenes contribua para a transição do ensino de Física de um modelo transmissivo para uma abordagem mais participativa, na qual os estudantes possam formular hipóteses e testar modelos. A proposta demonstra que, com recursos acessíveis, é possível promover práticas experimentais em que os estudantes participem ativamente do processo científico, superando a lógica da mera verificação.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira De; ABIB, Maria Lúcia Vital Dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) **Censo da Educação Básica 2023**: notas estatísticas. Brasília, DF: INEP, 2024.

Disponível em:

https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_escolar_2023.pdf. Acesso em: 09 jul. 2025.

CARDOSO, Dayane Carvalho; TAKAHASHI, Eduardo Kojy; OLIVEIRA, Thiago Mirando de. Possibilidades e Limitações Relacionadas ao Uso de um Experimento Remoto em uma Abordagem Investigativa. *In*: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC, 2015. Águas de Lindóia, SP. **Anais [...]**. Águas de Lindóia, SP: ABRAPEC, 2015. Disponível em: <https://www.abrapec.com/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=TAKAHASHI>. Acesso em: 09 jul. 2025.

CORRALLO, Marcio Vinicius. **Atividades práticas experimentais para o ensino de Física**: uma investigação utilizando a Teoria do Núcleo Central. 2017. 229 f. Tese (Doutorado) - Programa: Ensino de Ciências (Modalidade Física) - Instituto de Física, Instituto de Biociências, Instituto de Química, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

LOPES, Sara Patrícia de Medeiros Lacerda. **Laboratório de Acesso Remoto em Física**. 2007. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2007.

SANTOS, Cristiane Caldeira Mendes dos; CORRALLO, Marcio Vinicius; SANTOS, Sarah Cristina Rilko dos. EXPLORANDO A PROPORCIONALIDADE POR MEIO DA MODELAGEM COM PLUVIÔMETRO DE BÂSCULA AUTOMATIZADO. *In*: XXVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2025. Niterói, RJ. **Anais [...]**. Niterói, RJ: Sociedade Brasileira de Física, 2025. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/388504306_EXPLORANDO_A_PROPORCIONALIDADE_POR_MEIO_DA_MODELAGEM_COM_PLUVIOMETRO_DE_BASCULA_AUTOMATIZADO. Acesso em: 09 jul. 2025.