

LABORATÓRIO REMOTO DE CIÊNCIAS: ASPECTOS DO PLANEJAMENTO DE UMA ATIVIDADE SOBRE A DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO SOM ORIENTADO PELA DESIGN-BASED RESEARCH

SCIENCE REMOTE LAB: ASPECTS OF THE PLANNING OF AN ACTIVITY ON SOUND PROPAGATION SPEED USING DESIGN-BASED RESEARCH

Thiago C. Caetano¹, Isabela Dutra de Oliveira², Yan Luiz Openheimer³

¹Instituto de Física e Química/Universidade Federal de Itajubá, tccaetano@unifei.edu.br

²Programa de pós-graduação em Educação em Ciências/Universidade Federal de Itajubá, isabeladutradeoliveira@unifei.edu.br

³Bolsista de Iniciação Científica – Engenharia de Controle e Automação/Universidade Federal de Itajubá, d2021002637@unifei.edu.br

Resumo

Neste trabalho apresentamos alguns aspectos do desenvolvimento de uma atividade experimental realizada com estudantes do ensino superior em uma universidade pública brasileira durante a pandemia de COVID-19, a qual baseou-se em um experimento do Laboratório Remoto de Ciências e teve como objetivo a determinação da velocidade de propagação do som no ar. Experimentos com acesso remoto permitem que o utilizador manipule equipamentos em uma bancada de laboratório e monitore tudo em tempo real. Em particular, os itens do acervo do laboratório em questão podem ser acessados gratuitamente em qualquer momento através do endereço <https://labremoto.unifei.edu.br>. Trazemos uma breve descrição relativamente ao laboratório e sobre a disciplina em que a atividade foi realizada. A elaboração da proposta foi norteadada por referenciais que apontam para os benefícios de atividades investigativas do ponto de vista da aprendizagem. Por essa razão, buscou-se um procedimento que requeresse a coleta de dados – leitura de instrumentos de medidas e de grandezas no experimento – e um aparato instrumental que conferisse aos estudantes certa liberdade de escolha concernente ao planejamento dos procedimentos. Os resultados obtidos pelos estudantes são apresentados e revelaram que eles seguiram corretamente as orientações básicas para a utilização do aparato experimental, na medida em que estes valores possuem ordem de grandeza comparável ao valor teórico da literatura. Isso sugere que o recurso apresenta boa qualidade tanto do ponto de vista dos resultados científicos quanto do ponto de vista técnico.

Palavras-chave: Laboratório Remoto de Ciências, Experimentos Remotos, Atividades Experimentais.

Abstract

This work presents aspects of the development of an experimental activity carried out with higher education students at a Brazilian public university, based on an experiment from the Science Remote Laboratory, and aimed to determine the sound's propagation

speed in the air. Remote-accessible experiments allow users to manipulate equipment on a laboratory bench and monitor everything in real-time. In particular, the items from the mentioned laboratory's collection can be accessed charge-free at any time at <https://labremoto.unifei.edu.br>. We present a brief description of the laboratory and the discipline in which the activity was carried out. The elaboration of the proposal was guided by research that has pointed out the benefits of investigative activities from the learning perspective. That's why a procedure was sought that required data collection – reading of measuring instruments and magnitudes in the experiment – and an instrumental apparatus that would give students a certain freedom of choice regarding the planning of the procedures. The results obtained by the students are presented and revealed that they correctly followed the basic guidelines for using the experimental apparatus, as these values have an order of magnitude comparable to the theoretical value from the literature. This suggests that the resource has good quality both from the point of view of scientific results and from a technical point of view.

Keywords: Science Remote Labs, Remote Experiments, Experimental Activities.

Introdução

Há cerca de uma década nosso grupo iniciou o projeto então intitulado “Laboratório Remoto de Física” na Universidade Federal de Itajubá – Brasil (UNIFEI), ao qual iremos nos referir simplesmente por labremoto deste ponto em diante. O projeto consiste no desenvolvimento de experiências didáticas que podem ser controladas de maneira remota através da internet e que podem ser monitoradas em tempo real de diversos ângulos diferentes, os quais podem ser comutados pelo usuário através da interface web do experimento – todos os experimentos podem ser acessados gratuitamente a qualquer momento através do endereço <https://labremoto.unifei.edu.br>.

A motivação para esse trabalho surgiu a partir do contato com inúmeras pesquisas que apontam para a falta de recursos, de equipamentos e de infraestrutura como alguns dos fatores que têm contribuído para que atividades experimentais não sejam utilizadas em sala de aula com a frequência que se poderia esperar (Pena e Ribeiro Filho, 2009). Mais recentemente, nos anos de 2020 e 2021, também percebeu-se que podem existir outras circunstâncias segundo as quais experiências controladas remotamente constituem um recurso didático mais adequado, mais viável, como foi o caso do cenário com o qual nos deparamos durante a pandemia.

Na UNIFEI, a partir de 17 de março de 2020, implementou-se aquilo que ficou conhecido como Regime de Tratamento Excepcional (RTE). Naquele momento, apenas as disciplinas teóricas tiveram continuidade no formato online, pois percebeu-

se que as propostas relacionadas às atividades de caráter prático/experimental eram ainda muito incipientes e que seria prematuro implementá-las sem que tivessem ocorrido discussões mais amplas e cuidadosas sobre o assunto, pensando tanto em termos de recursos como de preparação dos docentes.

No semestre seguinte, a partir da constatação de que o cenário pandêmico não havia se alterado, a questão ligada às atividades experimentais não pode mais ser negligenciada e as discussões em torno do tema se intensificaram, sendo que diversas alternativas foram aventadas. Os docentes recorreram a propostas de atividades de baixo custo, a simulações computacionais, gravações, vídeos interativos, enfim, a toda uma gama de objetos de aprendizagem baseados em computador – *computer-based*.

O contexto foi uma excelente oportunidade para avaliar como o recurso da experimentação remota seria recebido entre alunos do curso superior e também para que pudéssemos ter uma medida mais clara tanto das suas limitações como das suas potencialidades. Neste trabalho relatamos os aspectos com respeito à aplicação de uma das atividades experimentais que foram realizadas com estudantes dos cursos de engenharia da UNIFEI no primeiro semestre de 2021, durante a pandemia, utilizando um experimento pertencente ao acervo do labremoto.

O “Laboratório Remoto de Ciências”

Apesar do Labremoto ter pouco mais de uma década de existência, o seu desenvolvimento mais expressivo passou a ocorrer apenas após o ano de 2015, quando as obras das novas instalações do Instituto de Física e Química da universidade foram finalizadas e um novo espaço nesse prédio foi concedido para o projeto, com cerca de 75 metros quadrados e toda a infraestrutura necessária para viabilizar a operação remota dos experimentos. Outro fator que contribuiu para acelerar o desenvolvimento do projeto foi a conclusão da fase de estudos iniciais – fase de identificação e testes com diversas técnicas e recursos diferentes para determinar o melhor conjunto para o trabalho. Atualmente denominado “Laboratório Remoto de Ciências”, o espaço conta com um acervo de dez experimentos em pleno funcionamento e mais três em fase de implementação, abrangendo áreas da Física, Química, Matemática e Astronomia.

Uma característica dos experimentos do Labremoto que merece ser destacada tem relação com o fato de serem experimentos mais complexos, que permitem um elevado grau de interação e oferecem a possibilidade de monitoramento em tempo real a partir de câmeras distribuídas pelo experimento – normalmente os experimentos possuem mais de uma câmera. Essas são características que favorecem a realização de atividades investigativas, permitindo que sejam trabalhadas habilidades e competências mais complexas concernentes à aprendizagem em ciências e também sobre os procedimentos e métodos da ciência, diferentemente do que normalmente aconteceria se fossem empregadas atividades de caráter demonstrativo, por exemplo.

Àqueles que desejarem obter informações mais detalhadas sobre os procedimentos empregados no desenvolvimento dos experimentos com acesso remoto, são recomendados os trabalhos de Caetano (2019) e Caetano et al. (2023).

A disciplina “Física Experimental II”

A disciplina tem sido oferecida no segundo ano – terceiro semestre – de diversos cursos de graduação da UNIFEI, entre eles, algumas engenharias e o curso de licenciatura em Física. É uma disciplina de cunho experimental com carga horária de 32 horas-aula distribuída ao longo de 16 semanas do semestre letivo. A sua ementa contempla os tópicos: gravitação, oscilador harmônico, ondas mecânicas, mecânica dos fluidos, temperatura, primeira lei da termodinâmica, entropia e segunda lei da termodinâmica, teoria cinética dos gases e fluidos.

Durante o andamento da disciplina, normalmente são oferecidas seis ou sete atividades experimentais que buscam abordar todos os tópicos da ementa. Em tempos de pandemia, entretanto, essa dinâmica precisou ser modificada e a ementa, adequada tanto ao cronograma quanto aos recursos didáticos disponíveis. Em 2021 foram realizadas cinco atividades experimentais, sendo que três delas foram baseadas em experimentos do acervo do labremoto e as demais, em atividades com materiais acessíveis, de forma que puderam ser realizadas em casa, dadas as instruções necessárias.

A atividade “Determinação da velocidade do som”

A atividade baseou-se na montagem experimental denominada “Acústica” do Labremoto e tem como objetivo a determinação da velocidade de propagação do som

no ar. Para a construção da atividade foi utilizada a ferramenta metodológica denominada Design-Based Research (DBR), segundo a definição apresentada por Guisasola et al. (2017), em que o autor propõe que sejam seguidas seis fases: 1) delineamento ou foco; 2) compreensão do problema; 3) objetivos; 4) concepção da solução/atividade; 5) implementação e 6) avaliação.

Conforme mencionado anteriormente, o foco da atividade está voltado para estudantes do curso superior e o conteúdo refere-se ao tema “ondulatória”. Dadas as características da disciplina, também sabe-se que a abordagem deve ser prática. Essas informações constituem o corpus na primeira fase da DBR. No que diz respeito à compreensão do problema, neste caso em particular, pode-se citar a) a impossibilidade de realizar atividades práticas in loco. Dessa forma, experimentos controlados remotamente são a alternativa mais viável. Por essa razão, optou-se por empregar o experimento intitulado “Acústica”, do Labremoto.

O experimento consiste em um tubo vertical com aproximadamente 1 metro de comprimento e 40 mm de diâmetro. O tubo contém água em seu interior, cujo nível pode ser controlado pelo utilizador através de comandos enviados a partir da interface gráfica (*web interface* ou *graphical user interface* - GUI), que controlam as válvulas de admissão e de vazão do líquido. Na extremidade superior do tubo há um alto-falante que representa a fonte de frequência, ou fonte emissora das ondas sonoras. Essa frequência é constante, igual a 500 Hz, e o utilizador pode ativá-la ou desativá-la. Um sensor de intensidade sonora está acoplado ao suporte do alto-falante e indica quando um harmônico ocorre com base na medida da intensidade do sinal. Outro sensor está ligado à base do tubo e fornece a pressão da coluna d'água naquele ponto – um sensor barométrico. Mais detalhes sobre essa montagem experimental, bem como sobre a sua utilização para fins didáticos, podem ser encontrados em Caetano (2019).

Na fase 4 da DBR (concepção), é feito um esboço geral da atividade e são concebidos/reunidos os materiais que serão utilizados. Nesse sentido, esteados em referenciais que apontam para os benefícios de atividades investigativas à aprendizagem de conceitos (Ex: MALHEIRO, 2016), foi proposto aos estudantes que enchessem o tubo com água, ativassem o gerador de frequência e, aos poucos, realizassem o escoamento do líquido, interrompendo-o sempre que o sensor de intensidade sonora detectasse um harmônico – ponto de ressonância ou modo normal de vibração, conforme ilustração da Figura 1. Nessa ocasião, os estudantes deveriam

realizar a determinação da distância entre a fonte de frequência e a superfície do líquido dentro do tubo, que é uma medida obtida indiretamente a partir da pressão na base do tubo e comunicada através da interface do experimento. Após repetidas medidas, de posse dos valores médios $\bar{L}$ dessas distâncias, correspondentes aos 3 modos normais observados ($n \in \{1,2,3\}$), os estudantes deveriam então determinar o coeficiente angular λ (comprimento de onda) da expressão

$$\bar{L} = (2n - 1) \frac{\lambda}{4}, n \in \mathbb{N}^*$$

por meio de um ajuste de funções. A partir daí a velocidade de propagação do som no ar é obtida multiplicando-se a frequência da fonte pelo λ encontrado.

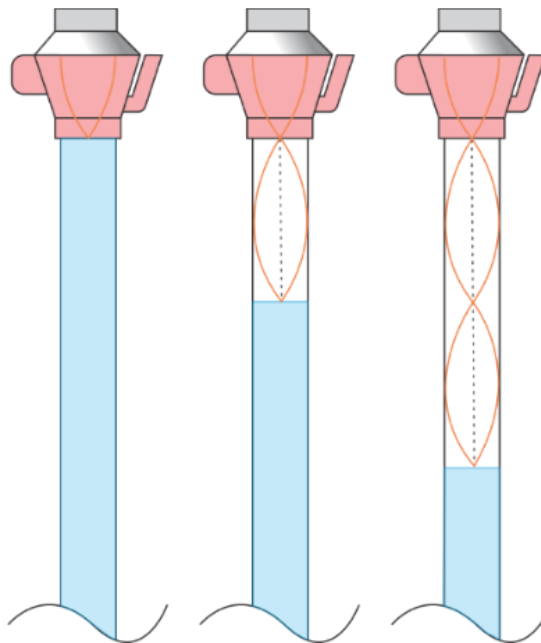


Figura 1 – Três modos normais de vibração no experimento “Acústica”.

Fonte: autoria própria.

As informações e considerações a partir deste ponto referem-se às fases 5 e 6 da DBR, respectivamente, implementação e avaliação. Ao todo, 26 estudantes dos cursos de Licenciatura em Física, Física Bacharelado, Engenharia Hídrica, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Aeronáutica participaram da atividade em grupos com 4 ou 5 integrantes. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Observa-se que os valores para a velocidade de propagação do som no ar são, na sua totalidade, menores que o valor teórico. Isso sugere algum fator sistemático, provavelmente relacionado à temperatura do laboratório e/ou à pressão

atmosférica – menor que a pressão atmosférica ao nível do mar, já que o laboratório encontra-se a aproximadamente 800 metros de altitude.

Tabela 1 – Resultados da determinação da velocidade do som no ar

	λ (cm)	Erro (cm)	Velocidade (m/s)	Erro (m/s)	Desvio rel (%)
Grupo 1	65.78	1.05	328.90	9.20	-3.26
Grupo 2	62.90	1.37	314.48	8.50	-7.51
Grupo 3	60.04	1.64	302.00	12.00	-11.18
Grupo 4	61.53	1.05	306.50	4.35	-9.85
Grupo 5	62.89	1.20	308.30	12.00	-9.32
Grupo 6	60.13	1.84	324.00	10.00	-4.71
Média	62.21		314.03		-7.64

Fonte: Dados fornecidos pelos estudantes que participaram da atividade experimental investigativa conduzida na disciplina Física Experimental II.

Do ponto de vista didático, os resultados são considerados adequados na medida em que a ordem de grandeza é coerente com aquela do valor teórico. Ademais, a obtenção de resultados coerentes é um forte indicativo do sucesso em seguir os procedimentos experimentais da atividade.

Considerações finais

É importante sempre ressaltar que experimentos com acesso remoto não têm (ou não deveriam ter) a pretensão de se tornarem um substituto para as atividades laboratoriais tradicionais. A situação trazida pela pandemia deixou claro que esse tipo de recurso tem o seu lugar no contexto educacional em determinadas circunstâncias. Os experimentos remotos foram fundamentais para a continuidade das atividades em disciplinas de caráter prático da universidade durante o período de isolamento na pandemia – o RTE.

A proposta de atividade foi bem recebida pelos estudantes e, quando consultados sobre o assunto, demonstraram que compreendem que o recurso era uma boa alternativa, dadas as condições restritivas. Na verdade, os resultados tanto do ponto de vista de desempenho técnico quanto do ponto de vista científico, foram surpreendentes. Os valores obtidos na atividade (Tabela 1) são coerentes com aqueles que se obtêm em atividades tradicionais e os experimentos não apresentaram falhas técnicas significativas durante o período de sua utilização.

Com relação à metodologia DBR, esta mostrou-se uma ferramenta bastante eficaz no auxílio à produção de atividades/soluções para o contexto educacional. A natureza recursiva e contextual dessa metodologia possibilita que sejam desenvolvidas soluções adequadas às particularidades da situação-problema em

questão, de forma que os resultados em termos de aprendizagem tendem a ser ainda melhores. No caso deste trabalho, os estudantes não demonstraram dificuldades significativas em executar a atividade e os resultados obtidos por eles indicam que foram bem sucedidos.

Agradecimentos

CNPq (projeto 408828/2021-8) e à FAPEMIG pelo auxílio financeiro – chamada 013/2023 – Participação coletiva em eventos de caráter técnico-científico no país.

Referências

- CAETANO, Thiago Costa. Physics Remote Laboratory: A Kit for Acoustic and Hydrostatic Experiments, **Sisyphus — Journal of Education**, v. 7, No. 2, 2019. Disponível em <https://doi.org/10.25749/sis.17540>. Acesso em: 5 de julho de 2023.
- CAETANO, Thiago Costa; MOREIRA, Camila Cardoso; DE OLIVEIRA, Isabela Dutra. Desenvolvimento de um experimento didático operável remotamente para o ensino de termometria: um método para a determinação do coeficiente de dilatação linear do cobre baseado em efeito Joule. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, p. e20220125, 2022. Disponível em <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0125>. Acesso em: 6 de julho de 2023.
- GUISASOLA, Jenaro et al. Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. **Physical Review Physics Education Research**, v. 13, n. 2, p. 020139, 2017.
- MALHEIRO, João Manoel da Silva. Atividades experimentais no ensino de ciências: limites e possibilidades. **Actio: docência em ciências**, v. 1, n. 1, p. 108-127, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v1n1.4796>. Acesso em 6 de julho de 2023.
- PENA, F. L. A., RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 9(1), 2009