

SOBRE A CAUSALIDADE EM RESULTADOS APÓS ATIVIDADES PRÁTICAS BASEADAS EM DIFERENTES RECURSOS DIGITAIS

ON THE CAUSALITY IN RESULTS AFTER PRACTICAL ACTIVITIES BASED ON DIFFERENT DIGITAL RESOURCES

Thiago C. Caetano¹, Isabela Dutra de Oliveira²

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

Resumo

No segundo semestre de 2021, durante o período da pandemia, foi realizado um levantamento de dados com 145 estudantes de vários cursos de engenharia de uma universidade pública brasileira. Os participantes foram agrupados em três conjuntos e submetidos a um estudo experimental com pré-teste, intervenção e pós-teste. Para a intervenção foram utilizados três recursos digitais empregados com mais frequência em abordagens consideradas não tradicionais, a saber, uma simulação, vídeo-análise e um experimento remoto. Uma análise estatística dos resultados já foi realizada por Caetano et al., (2024). Portanto, este trabalho possui caráter complementar, visto que são analisados os mesmos dados, porém com enfoques diferentes para a análise e discussão dos resultados. O objetivo é identificar elementos que possam ajudar a compreender certos aspectos da relação entre o recurso digital que foi empregado e os resultados obtidos nos testes. Foram observados indícios de que a manipulação de equipamentos verdadeiros, desde que articulada a um bom planejamento didático, contribui para a construção de significados de termos científicos e para familiarizar os estudantes com os métodos da ciência. Os resultados também sugerem que a utilização de programas como o Tracker – ferramenta de análise gráfica – auxiliam no desenvolvimento de habilidades relacionadas à compreensão de representações gráficas.

Palavras-chave: Laboratórios didáticos, atividades experimentais, experimentos remotos, recursos digitais educacionais.

Abstract

A study was carried out in the second semester of 2021, during the pandemic, with 145 students from several engineering courses at a Brazilian public university. The students were separated into three different groups and submitted to a pretest-intervention-posttest experimental design. Three well-known digital resources were employed in the interventions, a simulation, video analysis, and a remote-controlled experiment. A statistical analysis was already presented by Caetano et al., (2024). Therefore, this work is considered to be a complement as we analyze the same data, however, we have chosen a different approach for the analysis and the discussions. The main goal here is to identify elements that could help us to better understand the relation between the digital resource used in the intervention and the results obtained.

The results indicate that by dealing with real equipment, the students might better understand the science methods and it might help them to construct the meaning of various scientific terms. Also, there are some signs that the use of programs such as the Tracker – a graphical analysis tool – can positively influence the students' graphical analysis skills.

Keywords: Didactic laboratories, experimental activities, remote-controlled experiments, educational digital resources.

Introdução

Experimentos controlados remotamente são recursos relativamente recentes no campo da Educação em Ciências, tendo sido tratados de forma mais expressiva na literatura nas últimas duas décadas. Tratam-se de experimentos verdadeiros que podem ser manipulados à distância e monitorados em tempo real com auxílio da comunicação via internet.

Diversos trabalhos buscaram aferir a eficácia desse recurso e determinar suas potencialidades e limitações no ensino (Brinson, 2015; May et al., 2023). Um trabalho particularmente interessante é o de Caetano et al., (2024), em que o autor realizou um estudo quantitativo no qual comparou os resultados dos testes aplicados a estudantes que utilizaram três recursos digitais diferentes durante uma atividade prática não tradicional realizada em meio a pandemia.

Neste trabalho empregamos os dados coletados pelo autor para realizar análises pontuais e de natureza mais qualitativa, voltadas para algumas das questões constantes nesses testes. O objetivo é buscar relacionar certas características dos recursos digitais empregados com os resultados dos testes – relação de causalidade –, identificando, desta forma, potencialidades de cada um desses recursos que possam servir de parâmetros para uma decisão informada no momento do planejamento de atividades didáticas.

Procedimentos de pesquisa

Os dados para esse estudo foram levantados durante o segundo semestre de 2021, período durante o qual a universidade encontrava-se no que foi denominado Regime de Tratamento Excepcional, ou RTE. Tratava-se de um regime de trabalho que permitiu que estudantes dos cursos presenciais de graduação realizassem

atividades pedagógicas domiciliares, partindo do princípio que não era possível frequentar, temporariamente, as aulas presenciais na universidade, devido à pandemia.

O estudo contou com a participação de 145 estudantes de cursos de engenharia matriculados em diferentes turmas da disciplina “Física Experimental I”, sob a responsabilidade de um único docente – a ementa dessa disciplina compreende os tópicos de Mecânica. Para viabilizar a realização das atividades, foi criado um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) com a plataforma Moodle, hospedada e mantida pelo Núcleo de Educação On-line Aberta (Neoa) da universidade. Os estudantes de todas as turmas foram inscritos no mesmo AVA. Eles declararam estarem cientes e de acordo com os termos da pesquisa e concordaram em participar, através da assinatura do Termo de Conhecimento Livre e Esclarecido¹ (TCLE).

Foi adotado um desenho experimental com pré-teste e pós-teste, e grupos controle e de estudo. Nesse ponto, é importante mencionar que a pesquisa apresenta algumas particularidades. Na realidade, os estudantes foram agrupados em três grandes conjuntos, cada um a ser submetido a uma intervenção/evento diferente, baseada em um recurso digital tipicamente empregado em atividades práticas consideradas não tradicionais, a saber, uma simulação, vídeo-análise e um experimento controlado remotamente. Os conjuntos foram formados de maneira aleatória, com auxílio de recursos disponíveis no próprio AVA. Também devido às funcionalidades disponíveis no ambiente, foi possível selecionar que estudantes ou agrupamentos de estudantes poderiam ter acesso a quais atividades, direcionando, dessa forma, as intervenções para cada conjunto. Um total de 50 estudantes realizaram a atividade baseada em um experimento remoto, 48 estudantes participaram da atividade com vídeo-análise e 47 estudantes utilizaram a simulação.

Considerando que os recursos da simulação e da vídeo-análise têm sido bastante empregados e que existe vasta literatura tratando dos seus resultados (BRINSON, 2015), esses dois agrupamentos foram adotados como uma referência para aferir os resultados apresentados pelo terceiro agrupamento, aquele que utilizou um experimento controlado remotamente. Nesse sentido, pode-se considerar que os dois primeiros agrupamentos configuram os grupos controles desse estudo.

¹ Certificado número 28860119.4.0000.5094 e vista positiva número 3923820 pelo comitê de ética.

Tanto o pré-teste como o pós-teste foram compostos por doze perguntas do tipo múltipla escolha com resposta única, sobre cinemática – movimento retilíneo uniforme (MRU) e uniformemente variado (MRUV). Os testes foram construídos com auxílio da ferramenta Google Forms[©] e embutidos no próprio AVA². Observou-se para que o próprio teste não comprometesse a validade dos resultados – isso é provável que ocorra quando as mesmas perguntas são empregadas no pré-teste e no pós-teste, visto que os participantes teriam tempo para discutirem as questões entre eles, motivo pelo qual essa prática não é recomendada. Dessa forma, a construção de ambos os testes baseou-se em um conjunto de parâmetros obtido a partir dos indicadores de aprendizagem apresentados por Caetano et al. (2024) (ver Tabela 1 desta referência).

Para a análise dos dados levantados foram considerados apenas os estudantes que participaram das três fases do estudo – pré-teste, intervenção e pós-teste. Ao todo, foram 71 estudantes. Uma análise estatística desses dados é apresentada por Caetano et al. (2024), em que os autores fazem uma avaliação do recurso da experimentação remota baseando-se em certos indicadores para o desempenho dos estudantes nos testes. Dessa forma, este trabalho possui caráter complementar, visando contribuir com uma análise de cunho qualitativa dos dados levantados durante o estudo conduzido pelos autores, explorando um pouco mais a relação entre os resultados estatísticos e as características dos recursos digitais empregados.

Discussão dos resultados

De uma forma geral, foi possível observar que as intervenções realizadas com os agrupamentos provocaram alterações positivas nos resultados, na medida em que os estudantes forneceram mais respostas corretas no pós-teste que no pré-teste, conforme mostra a Figura 1.

O gráfico do item (a) contém a distribuição geral do índice de acertos, considerando todos os agrupamentos. A linha preta indica a distribuição obtida no pré-teste e a linha vermelha, no pós-teste. Nota-se que a distribuição baseada nos resultados do pós-teste apresenta maior concentração à direita do intervalo, onde

² Os questionários estão disponíveis em <https://forms.gle/hNcLF1hVfv6MEqa57> e <https://forms.gle/bzg1sQAkReuAdD857>

estão os valores maiores para os índices de acerto. O mesmo comportamento se reproduz em cada um dos agrupamentos – experimento remoto, vídeo-análise e simulação, cujos gráficos correspondem, respectivamente, aos itens (b), (c) e (d) da figura.

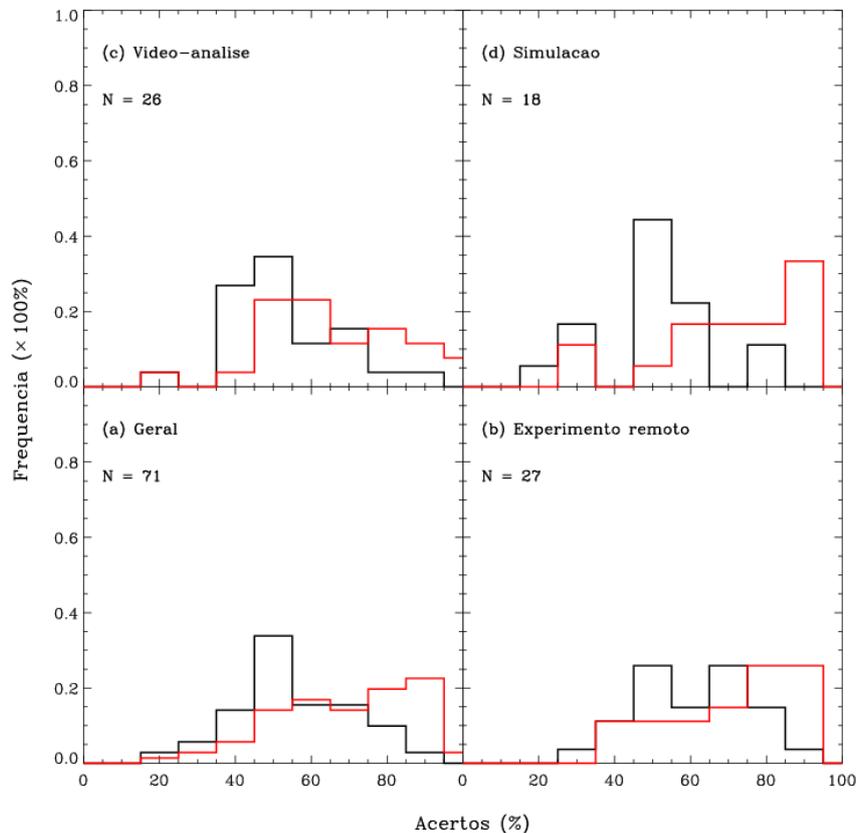


Figura 1 – Distribuição do índice de acertos em porcentagem. O gráfico (a) mostra a distribuição geral, considerando os três agrupamentos. O item (b) mostra a distribuição apenas para o agrupamento do experimento remoto, o item (c), para o agrupamento da vídeo-análise e o item (d), para o agrupamento referente à simulação.

Fonte: dados da pesquisa.

As questões em que não houve diferença significativa entre os resultados do pré-teste e do pós-teste, não são particularmente interessantes para esse estudo, pois levariam a análises inconclusivas apenas. Por essa razão, tais questões foram desconsideradas. Em algumas questões, por outro lado, observou-se uma variação expressiva entre os resultados do pré-teste e do pós-teste em algumas questões, de forma que a análise mais criteriosa desses resultados pode contribuir para desvelar certas potencialidades ligadas a cada um dos recursos digitais empregados nas intervenções realizadas. Nesse sentido, para esse estudo, selecionamos duas

questões onde esse comportamento foi observado – é recomendado ao leitor que acesse o questionário completo on-line para conhecer as questões que serão apontadas deste ponto em diante (o link está disponível na seção anterior).

O primeiro caso refere-se à segunda questão, cujas estatísticas são mostradas na Figura 2. Durante o pré-teste, apenas 27% (19) dos estudantes responderam corretamente à questão. Esse número aumentou para 86% (61) no pós-teste. Embora esse aumento tenha sido observado também nos agrupamentos, ocorreu com intensidades diferentes em cada um deles, sendo que o “ganho” no agrupamento “experimento remoto” foi o mais expressivo, conforme pode ser constatado a partir do gráfico na Figura 2.

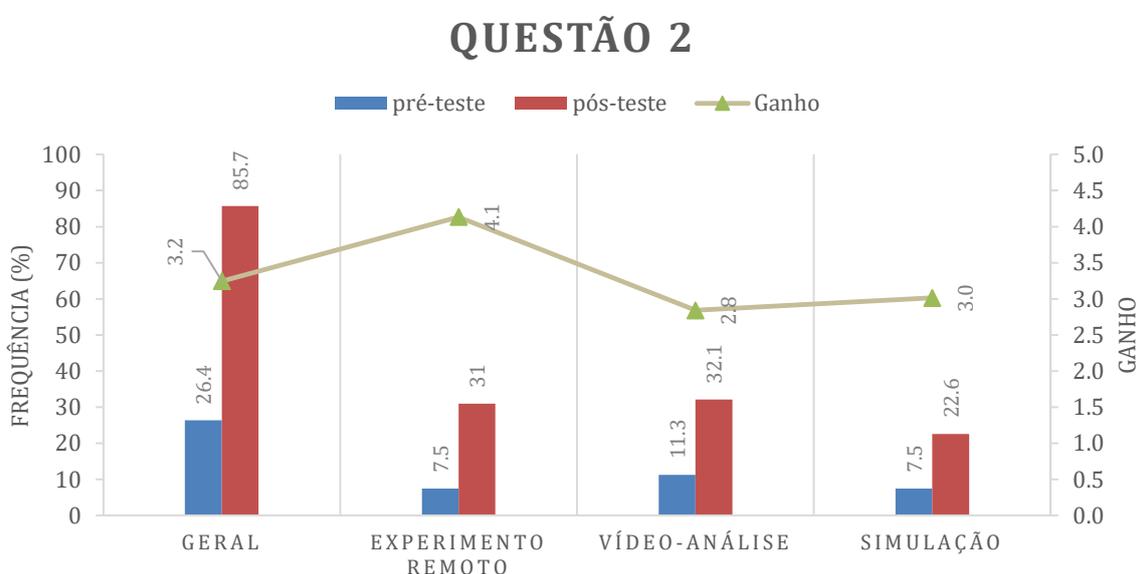


Figura 2 - Quadro geral da frequência relativa de respostas corretas à questão 2 e por agrupamento. O “ganho” representa a razão entre a frequência observada no pós-teste e a frequência observada no pré-teste.

Fonte: dados da pesquisa.

Um dos conceitos no cerne dessa questão tem relação com a noção de referencial em cinemática. O termo exemplifica bem um conjunto de expressões que são utilizadas por cientistas para conferir precisão à linguagem e viabilizar a troca de informações, entre outros. Essas construções são inerentes aos processos e aos métodos da ciência. Portanto, é razoável assumir que o contato com atividades práticas pode promover a construção do significado destes termos de uma forma mais contextualizada, na medida em que contribuem para aproximar os estudantes dos

processos e dos métodos científicos – em contraposição às aulas exclusivamente teóricas. Isso é um fator que poderia ajudar a explicar o comportamento observado na Figura 2 e explicaria também porque o agrupamento “experimento remoto” foi o que exibiu o maior “ganho”, já que a intervenção realizada nesse agrupamento baseou-se em um experimento verdadeiro, equipamentos de bancada controlados remotamente e observados em tempo real. Embora não seja essa uma análise conclusiva e, sem dúvida, sejam necessários estudos mais aprofundados, essa análise preliminar é importante pois tem o papel de nortear ações posteriores da pesquisa, criando direcionamentos, apontando questões a serem investigadas.

O segundo caso trazido para discussão refere-se à terceira questão do teste, cujas estatísticas constam no gráfico da Figura 3.

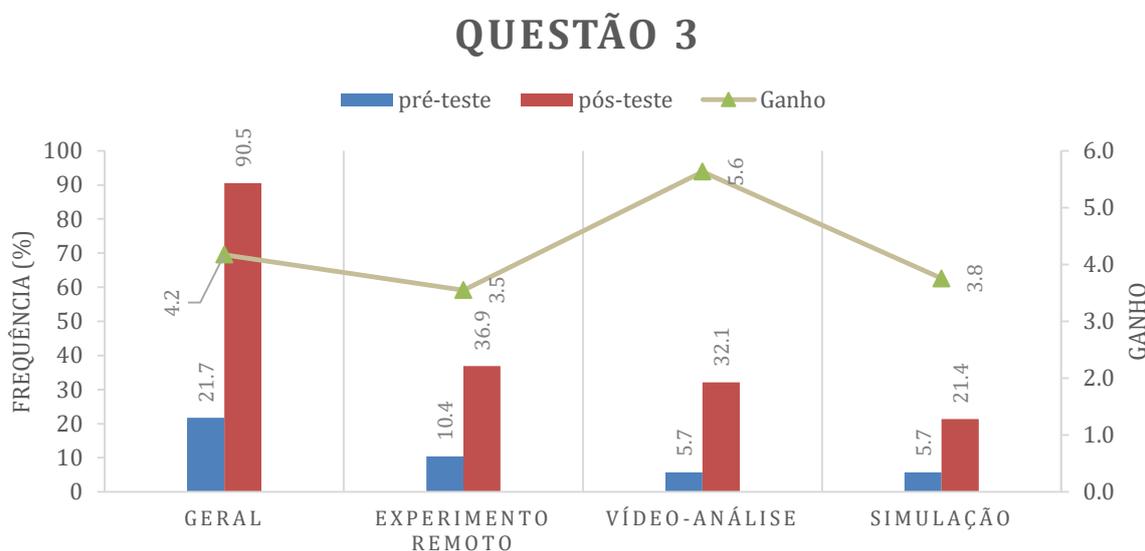


Figura 3 – O mesmo que a Figura 2, porém considerando os resultados para a questão 3.

Fonte: dados da pesquisa.

Cerca de 22% (16) dos participantes responderam corretamente a essa questão no pré-teste. Esse valor aumentou para 90% no pós-teste (64 participantes). Observa-se que esse aumento foi acompanhado por cada um dos agrupamentos, entretanto, foi mais expressivo no agrupamento “vídeo-análise”, no qual atingiu um “ganho” de 5,6 – essa quantidade representa a razão entre a frequência de acertos no pós-teste e a frequência de acertos no pré-teste. A razão para esse comportamento, contudo, é bastante obscura, visto que não há, à primeira vista, elementos na intervenção sobre este agrupamento que possam justificar o “ganho”

observado. Em caráter puramente especulativo, poderíamos aventar a possibilidade de que a utilização do programa *Tracker* tenha tido alguma influência sobre isso. Acontece que o programa é uma ferramenta para realizar o rastreamento de objetos que se movem em vídeos. Ao fazer isso, ele cria certas marcações gráficas para a posição do objeto, que podem ter se tornado uma referência para os estudantes, útil para a análise da questão 3, em que as figuras representam essencialmente as marcações de posição do corredor em função do tempo.

Considerações finais

A partir das questões que foram trazidas para análise neste trabalho vislumbramos algumas potencialidades para os recursos digitais que foram empregados durante as intervenções propostas nesta pesquisa. Primeiramente, os resultados referentes à questão 2 sugerem que a utilização de experimentos controlados remotamente – manipulação de equipamentos verdadeiros e observações em tempo real – pode contribuir para a **construção de significados de termos científicos** e até mesmo para **familiarizar os estudantes com os métodos e procedimentos da ciência**. Essa constatação decorre do fato de que um bom desempenho na referida questão está associado à compreensão de termos como referencial e movimentos retrógrado e progressivo.

Com respeito ao segundo caso apresentado aqui, a utilização do programa *Tracker* parece ter tido alguma influência positiva sobre os resultados relacionados à questão 3 dos testes. Acreditamos que isso tem relação com as marcações gráficas empregadas pelo programa para assinalar as posições de objetos em função do tempo, durante o seu deslocamento. Assim, atividades baseadas em vídeo-análise, combinadas à utilização do programa *Tracker*, podem contribuir para a **compreensão/interpretação de representações gráficas** para o movimento.

Agradecimentos

À FAPEMIG pelo auxílio financeiro – chamada 013/2023 – Participação coletiva em eventos de caráter técnico-científico no país.

Referências

Brinson, J. R. Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. **Computers & Education**, 87, 218–237. 2015.

Caetano, T. C., Cardoso, C. M., Rezende Júnior, M. F., Computer-Aided Experiments (CAEs): a Study Regarding a Remote Experiment, Video Analysis and Simulation on Kinematics, **IEEE Transactions on Education**, 2024 (*in press*)

May, D., Alves, G. R., Kist A. A., & Zvacek, S. M. Online Laboratories in Engineering Education Research and Practice. Chapter 24. In: **International Handbook of Engineering Education Research**. Johri, A. (Ed.). <https://doi.org/10.4324/9781003287483>, 2023