

# UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA GRADUANDOS DE FÍSICA FOCADAS NO PROCESSO DE MODELAGEM CIENTÍFICA

Leonardo Albuquerque Heidemann, Ives Solano Araujo, Eliane Angela Veit  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

**RESUMO:** Em qualquer revisão da literatura sobre o uso de atividades experimentais no ensino de Física são abundantes as críticas sobre a adoção de um enfoque empirista-indutivista para estruturá-las. Apesar disso, ainda é comum encontrá-lo presente em roteiros didáticos para orientar a ação discente no laboratório didático de Física, seja por tradição ou convicção pedagógica. Como contraponto, apresentamos no presente trabalho um estudo exploratório sobre o uso de uma proposta de ensino baseada no processo de modelagem científica para o desenvolvimento de atividades em uma disciplina experimental de um curso de graduação em Física. Os resultados evidenciaram uma atitude positiva dos estudantes frente a tais atividades. No entanto, não foi observada uma evolução satisfatória de suas concepções de ciência, possivelmente pela forma implícita como esse aspecto foi trabalhado.

**PALAVRAS CHAVE:** Atividades experimentais, modelagem, concepções de Ciência.

## INTRODUÇÃO

Preencher uma tabela por meio da execução acrítica de uma série de passos rígidos estabelecidos por um roteiro com o intuito de provar uma lei física: essa é a tônica de diversas aulas experimentais que muitos estudantes, ainda hoje, encontram em seus cursos. O enfoque empirista e comportamentalista de tais atividades torna latente a necessidade de uma profunda reformulação nos seus alicerces teóricos e epistemológicos, o que é destacado por uma série de autores na literatura (e.g., Hodson, 1994). De modo complementar, diversos pesquisadores têm apontado as potencialidades de um enfoque pautado no processo de modelagem para a reestruturação dos currículos de Ciências (e.g. Koponen, 2007). Nesse contexto, realizamos um estudo exploratório em uma disciplina experimental de graduação em Física desenvolvida com o foco no processo de modelagem. Nossas questões norteadoras foram as que seguem.

Como uma disciplina experimental focada no processo de modelagem científica influencia:

- 
- A atitude<sup>1</sup> dos estudantes em relação às atividades experimentais?
  - A capacidade dos alunos de relacionar os modelos teóricos da Física, o processo de modelagem científica e a experimentação?

## MARCO TEÓRICO

As atividades conduzidas em nosso estudo tinham o objetivo de desenvolver nos alunos habilidades para confeccionarem e usarem modelos por meio da interação com situações físicas que enfatizem algumas das características fundamentais do processo de modelagem científica, promovendo o alinhamento de suas concepções de Ciência com as epistemologias contemporâneas. A seleção dessas características principais foi apoiada nas ideias de Bunge (1974).

Um dos aspectos que buscamos destacar nas atividades, por exemplo, é o da impossibilidade de se testar diretamente uma *teoria geral* (e.g., Leis de Newton) por meio de dados empíricos. Como ressalta Bunge (idem), as teorias gerais não apresentam referentes específicos na natureza e, desse modo, só podem ser testadas indiretamente por meio dos *modelos teóricos* que, criados à luz dessas teorias, representam uma classe de situações físicas específicas.

Procuramos enfatizar também o caráter representacional dos modelos teóricos. Segundo Bunge (idem), um número limitado de traços-chave dos fenômenos investigados são considerados nesses modelos, fazendo deles representações esquemáticas recheadas de *idealizações* e *aproximações*, e nunca cópias especulares dos referentes que representam. Partindo disso, buscamos ressaltar que as discrepâncias entre as previsões dos modelos teóricos e os resultados empíricos são inevitáveis, e que o *domínio de validade* desses modelos teóricos é extrapolado quando a influência dos aspectos desprezados torna tais discrepâncias insatisfatórias frente ao *grau de precisão* desejado.

Em uma atividade prototípica da nossa proposta, onde procuramos destacar os aspectos já citados sem tratarmos explicitamente de conceitos relacionados à natureza da Ciência e da modelagem científica, apresentamos o modelo teórico do pêndulo simples e propusemos aos estudantes que avaliassem o seu domínio de validade, estipulando que a máxima incerteza aceitável em nossa investigação seria de 5%. Os alunos conduziram experimentos onde avaliavam a influência das características dos pêndulos, como, por exemplo, suas amplitudes de oscilação ou os comprimentos dos seus fios de sustentação, no período dos mesmos.

Deixando ao encargo dos estudantes a formulação de hipóteses, assim como a definição dos procedimentos que adotariam, procuramos propor problemas «abertos» aos alunos. Para conduzir essas atividades, nos inspiramos na proposta de ciclos de modelagem de Hestenes (Jackson et al., 2008), desenvolvendo-as em três etapas: apresentação de um problema, investigação em pequenos grupos, e discussão pós-laboratorial com o grande grupo. Nas discussões finais, foi incentivado o debate entre os estudantes tanto para qualificar seus discursos quanto para promover uma discussão sobre os diferentes resultados obtidos pelos grupos. Pequenos quadros brancos foram utilizados para o compartilhamento de ideias nos grupos, nas etapas de investigação, e para facilitar o debate no grande grupo, nas discussões pós-laboratoriais. O uso do computador foi estimulado para auxiliar na aquisição de dados e na condução de experimentos virtuais.

1. Neste trabalho, o termo atitude reflete o sentimento positivo ou negativo de um indivíduo frente a um objeto, pessoa, instituição ou evento.

---

## METODOLOGIA

Participaram do estudo os 14 alunos matriculados em uma disciplina experimental de um curso de graduação em Física sobre oscilações mecânicas, fluidos e termodinâmica. Das 30 horas-aula da disciplina, 17 foram dedicadas a atividades de modelagem; nas restantes, foram usados roteiros<sup>2</sup> tradicionais e demonstrações experimentais.

O estudo, de caráter qualitativo exploratório, buscou respostas preliminares às questões norteadoras e o levantamento de proposições para pesquisas futuras. Para isso, seguindo as recomendações de Yin (2011), utilizamos múltiplas fontes de evidência; especificamente:

- a) Um questionário, aplicado como pré-teste e pós-teste, no qual os estudantes manifestaram, entre outras coisas, suas experiências em disciplinas experimentais e suas expectativas para a presente disciplina.
- b) Filmagens das discussões pós-laboratoriais.
- c) Relatórios produzidos pelos alunos.
- d) Gravações de entrevistas semiestruturadas com quatro estudantes que manifestaram:

Preferência por aulas tradicionais (Aluno 6); frustração com o ensino tradicional (Aluno 12); grande entusiasmo com as atividades de modelagem (Aluno 11); competência na elaboração de relatórios experimentais de qualidade (Aluno 7).

Os principais trechos das manifestações dos alunos nos questionários, nas filmagens, nas entrevistas e nos relatórios foram transcritos e organizados em um banco de dados. A análise desses dados foi realizada seguindo as fases propostas por Yin (idem), a saber:

- a) *Compilação*: Classificação das transcrições em grupos que facilitem a visão e compreensão dos dados.
- b) *Desagrupamento*: Quebra dos dados compilados em fragmentos.
- c) *Reagrupamento*: Categorização dos fragmentos produzidos em grupos de dados.
- d) *Interpretação*: Uso do material reagrupado para criar uma narrativa que se tornará a parte analítica da investigação.
- e) *Conclusão*: Reflexão sobre os resultados e elaboração das conclusões do estudo.

## RESULTADOS

As manifestações dos estudantes no pós-teste evidenciaram uma atitude bastante positiva em relação às atividades de modelagem. Os treze estudantes que completaram a disciplina responderam que suas expectativas haviam sido atingidas, sendo que seis deles ressaltaram que elas foram, na verdade, ultrapassadas. O Aluno 11, por exemplo, disse que suas expectativas «foram superadas, pois não imaginava que teria o ciclo de modelagem, que foi uma surpresa muito agradável».

Quando questionados no pós-teste sobre o método de ensino que mais lhe agradou, 11 alunos apontaram as atividades de modelagem, e apenas dois preferiram as atividades tradicionais. Em entrevista, um desses dois estudantes, o Aluno 6, justificou sua escolha em função do tempo dispendido para o desenvolvimento das atividades de modelagem: «ficava menos tempo focado na parte experimental, que talvez fosse o objetivo da aula experimental». Contudo, tanto ele quanto os outros três entrevistados afirmaram ter gostado muito das discussões pós-laboratoriais, que foi a etapa que mais agradou os estudantes. Destacamos que, para o sucesso dessa fase das atividades, a promoção de um

2. Disponíveis em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/roteiros>. Acesso em: 13/01/2013.

---

ambiente dialógico foi fundamental. Na primeira vez em que a discussão pós-laboratorial ocorreu, os alunos pouco interagiram, realizando apresentações burocráticas e rápidas. Com o desenvolvimento da disciplina, eles passaram a compreender a proposta e a se envolver mais nas discussões. Outros aspectos que promoveram uma atitude positiva foram: a liberdade para construir e utilizar seus próprios modelos, que foi citada como uma potencialidade das atividades por seis estudantes no pós-teste, e o estímulo ao pensamento científico e à criatividade, que foi citada por cinco alunos.

De modo geral, possivelmente devido às características dos problemas propostos, a análise dos objetivos experimentais apresentados nos relatórios dos estudantes evidenciou concepções de Ciência alinhadas com ideias epistemológicas contemporâneas. Ainda assim, pôde-se identificar em cerca de 30% dos relatórios resquícios de objetivos experimentais empiristas para justificar os experimentos, evocando seu poder de validar ou refutar teorias. O Aluno 4, por exemplo, afirma ter realizado sua investigação «com o intuito de verificar a validade das equações de modelos teóricos».

As quatro entrevistas evidenciaram que os estudantes possuíam concepções confusas sobre a natureza da Ciência e da modelagem científica. Em três delas pôde-se identificar claros traços empiristas. Quando questionado sobre o papel dos experimentos no desenvolvimento da Física, o Aluno 12, por exemplo, respondeu: «Eu acho que o experimento é onde começa a surgir toda a Física». Logo em seguida, refletindo sobre as experiências da disciplina, nas quais os modelos dirigiam o delineamento dos experimentos, o aluno percebeu seu equívoco: «Nunca tinha pensado assim. O meu caminho era um só: que a realidade constrói a teoria». O Aluno 6, aparentando possuir uma concepção de Ciência mais madura que os outros três, atribuiu aos experimentos da Física o papel de possibilitar o teste de hipóteses e o delineamento de novas tecnologias.

Em relação às ideias dos alunos sobre modelos, as entrevistas evidenciaram alunos pouco seguros de suas concepções. O Aluno 12, por exemplo, disse: «Um modelo pode ter como base uma teoria, mas pode ter como base um... (pausa) Eu estou falando o que me vem vindo na cabeça. Não são coisas consagradas para mim. Um modelo basicamente dá uma descrição matemática do que está havendo ali». Apenas um dos entrevistados, o Aluno 7, destacou o caráter representacional dos modelos. Já o termo «teoria» parecia ter o mesmo significado para todos os entrevistados, denotando para eles uma explicação para um fato específico. O Aluno 6, por exemplo, disse: «Teoria é mais uma explicação para algum fato, uma observação».

Dentre as características do processo de modelagem científica, a mais evidente no discurso dos estudantes foi o papel das idealizações para o desenvolvimento dos modelos científicos, que foram destacadas em cerca de 75% dos relatórios dos alunos. Como decorrência, pôde-se perceber que os estudantes passaram a tratar das discrepâncias entre as previsões teóricas e os resultados experimentais com mais naturalidade. Um dos alunos, que no pré-teste se mostrava frustrado com essas discrepâncias, ressaltou tal fato: «A teoria... Enfim, ela tem um domínio de validade. (...) Tu vai até certo ponto com uma teoria». Pôde-se perceber ainda que as atividades voltadas à análise do domínio de validade de um modelo são mais propensas a focar o seu caráter representacional, evidenciando suas idealizações e aproximações.

Demonstrando limitações na capacidade de simplificar as situações estudadas, os estudantes mostraram dificuldades para delinear as variáveis que deveriam ser controladas nas investigações. Na segunda atividade de modelagem, por exemplo, um grupo, que buscava avaliar o domínio de validade do modelo de pêndulo simples, discursava sobre a influência do comprimento do fio de um pêndulo no seu período com base em um experimento em eles variavam simultaneamente a amplitude e o comprimento de um pêndulo. Assim, eles desconsideravam a influência da amplitude no período dos pêndulos, atribuindo as variações observadas no período exclusivamente às mudanças de comprimento.

Pôde-se perceber que o domínio do conteúdo de Física era crucial para que os alunos resolvessem os problemas propostos. Tal fato se refletiu nas entrevistas realizadas. Quando solicitados a resolverem um

---

problema que envolvia a modelagem do movimento de um lustre que oscila, os dois entrevistados que apresentavam maior domínio do modelo de pêndulo simples propuseram soluções mais consistentes.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho, fizemos uma primeira avaliação de uma proposta para dar novo significado às atividades experimentais, focando-as no processo de modelagem científica. Destacamos as respostas preliminares às questões norteadoras e alguns achados do presente estudo:

- As atividades de modelagem promoveram uma atitude bastante positiva dos alunos em relação às aulas experimentais.
- A evolução das concepções dos estudantes sobre a natureza da Ciência não foi satisfatória, possivelmente devido à forma implícita com que os aspectos epistemológicos foram abordados.
- O sucesso das discussões finais esteve profundamente relacionado com a ativa participação dos alunos nos debates, o que só ocorreu com o estabelecimento de um ambiente de abertura entre os estudantes, e deles com o professor.
- O conhecimento dos estudantes sobre conteúdos de Física mostrou-se um determinante do sucesso deles no processo de modelagem.
- A proposta de atividade em que o domínio de validade de um modelo teórico apresentado é explorado pelos estudantes se mostrou uma alternativa interessante para destacar o caráter representacional dos modelos teóricos.
- A noção de que os experimentos de laboratório são construções «artificiais», onde diversas variáveis são controladas de modo a propiciar a avaliação de um modelo teórico, não se mostrou clara para os estudantes e merece ser melhor debatida em aulas experimentais.

Como perspectiva de continuação do trabalho, será realizada uma análise mais aprofundada dos resultados de modo a permitir a elaboração de hipóteses a serem avaliadas em estudos de caso experimentais posteriores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bunge, M (1974). *Teoria e Realidade*. São Paulo: Editora Perspectiva.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 299-313.
- Jackson, J.; Dukerich, L. y Hestenes, D. (2008). Modeling Instruction: an effective model for Science Education. *Science Educator*, 17(1), pp. 10-17.
- Koponen, I. T. (2007). Models and modelling in Physics Education: A critical re-analysis of philosophical underpinnings and suggestions for revisions. *Science & Education*, 16 (7), pp. 751-773.
- Yin, R. (2011). *Qualitative research from start to finish*. New York: The Guilford Press.