

# Uma proposta didática a partir da integração das simulações computacionais com os laboratórios experimentais

A didactic proposal based on the integration of  
computer simulations with experimental  
laboratories

Naamã Lobosco Rodrigues Machado<sup>1\*</sup>, Gabriel Justo das Neves<sup>1</sup>, Pedro  
Francis Pereira<sup>1</sup>, Dioni Paulo Pastorio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Física, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500 - Caixa Postal 15051 -  
CEP 91501-970 - Porto Alegre, RS. Brasil.

\*E-mail: [naamalrm@hotmail.com](mailto:naamalrm@hotmail.com)

## Resumo

Este trabalho consiste em uma proposta didática dirigida ao ensino de Física, que integra simulações computacionais e atividades experimentais com intuito de promover a aprendizagem significativa do estudante, utilizando metodologias ativas. O trabalho se fundamenta na visão epistemológica racionalista da Ciência e na perspectiva cognitivista de aprendizagem com a utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação. A proposta é uma sequência didática de três aulas, iniciando pelo levantamento e discussão de concepções prévias, seguido da realização de experimentos físicos em laboratório e a utilização de uma simulação computacional. A avaliação do aprendizado se dá através da aplicação de questionários submetidos a uma matriz de análise, sob os critérios de aprendizagem significativa e visão epistemológica. Através da sequência, esperamos fomentar a aprendizagem de conceitos integrada a uma visão crítica das relações entre teoria e prática.

**Palavras chave:** Ensino de física; Laboratório experimental; Simulação computacional.

## Abstract

This work consists of a didactic proposal aimed at teaching Physics, which integrates computational simulations and experimental activities in order to promote meaningful student learning, using active methodologies. The work is based on the rationalist epistemological view of Science and on the cognitive perspective of learning with the use of Information and Communication Technologies. The proposal is a didactic sequence of three lessons, starting with the survey and discussion of previous conceptions, followed by the performance of physical experiments in the laboratory and the use of a computer simulation. The learning evaluation takes place through the application of questionnaires submitted to an analysis matrix, under the criteria of meaningful learning and epistemological vision. Through the sequence, we hope to foster the learning of concepts integrated with a critical view of the relationship between theory and practice.

**Keywords:** Physics education; Experimental laboratory; Computer simulation.

## I. INTRODUÇÃO

Nesta seção apresentaremos a visão epistemológica que fundamenta o nosso trabalho, interligando este entendimento acerca da construção da Ciência com uma perspectiva de aprendizagem cognitivista aplicada ao ensino de Física, tendo em vista os processos de modelagem.

O epistemólogo argentino Mario Bunge classifica a Ciência em dois grupos: as ciências formais e as ciências fáticas. As ciências formais se caracterizam por serem racionais, sistemáticas e verificáveis, porém não são objetivas, pois não dão informações acerca da realidade. A matéria-prima das suas teorias é ideal e não fática, então suas teorias jamais entram em conflito com a realidade, nesse grupo estão a Lógica e a Matemática. As ciências fáticas buscam a explicação da realidade, portanto são consideradas objetivas, nesse grupo estão a Física, Química, Biologia, Economia, entre outras (Bunge, 1972).

O autor argumenta que para as ciências formais basta a lógica formal para demonstrar rigorosamente os seus teoremas. Enquanto que para as ciências fáticas, por se referirem à realidade, é obrigatória a realização de observações e/ou experimentos para confirmar suas conjecturas (Bunge, 1972). A formação do conhecimento científico acerca da realidade requer a racionalidade: um sistema coerente e sistemático de ideias e a objetividade; uma busca por alcançar a verdade fática e a adaptação, intercâmbio e reprodução das ideias nos fatos, através da observação e do experimento. Ainda assim, Bunge alerta que a experiência pode apenas confirmar que uma hipótese é adequada, porém não pode garantir que seja a única adequada. Ele descreve uma série de critérios de demarcação para que o conhecimento seja considerado científico, porém não especifica um método único de construção do mesmo. O autor destaca a necessidade da utilização de modelos teóricos na investigação científica, entre as etapas do seu desenvolvimento estão a seleção de fatores pertinentes, a elaboração de hipóteses centrais e auxiliares e, se possível, a tradução matemática das hipóteses (Bunge, 1972).

Tendo em vista a natureza da Física como uma ciência fática, é imprescindível compreensão da racionalidade e da objetividade das suas teorias. O estudante de Física deve entender a organização sistemática de ideais, presente na racionalidade das teorias, bem como compreender a sua objetividade, caracterizada pela adaptação e reprodução dos conceitos teóricos na explicação da realidade. Para tanto, a realização de experimentação e observação de fenômenos físicos se torna fundamental. Segundo Bunge (1972), as ciências fáticas devem olhar para as coisas e, sempre que possível, tentar deliberadamente modificá-las para tentar descobrir até que ponto as suas hipóteses encaixam-se aos fatos.

Para Borges (2002), a ciência, em sua forma final, se apresenta como um sistema de natureza teórica, porém é necessário criar oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico se efetuem em concordância, permitindo ao estudante integrar conhecimento prático e conhecimento teórico. O autor também argumenta que “descartar a possibilidade de que os laboratórios tenham um papel importante no ensino de ciências significa destituir o conhecimento científico de seu contexto, reduzindo-o a um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas” (BORGES, 2002). Entretanto é necessário definir com clareza os objetivos pedagógicos que se pretende alcançar com as atividades experimentais, pois as atividades experimentais na educação em ciências tratam-se de transposições didáticas com fins pedagógicos que não têm como objetivo central o desenvolvimento científico, mas o desenvolvimento do estudante. O autor defende que as atividades experimentais podem facilitar a compreensão de conceitos científicos, proporcionar técnicas básicas para se relacionar com os objetos tecnológicos do cotidiano e a representar informações em diferentes formas como diagramas, esquemas, tabelas e gráficos.

A aprendizagem e a compreensão de conceitos físicos podem se dar através de atividades experimentais sob a perspectiva cognitivista de ensino. A teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, tem com conceito central que cada nova informação deva se relacionar de maneira não-arbitrária e substantiva a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo (Moreira, 2012). Nessa perspectiva, a primeira etapa de qualquer atividade didática deve ser uma investigação sobre as concepções prévias do estudante acerca do conceito a ser discutido, para que a nova informação ancore-se nas concepções prévias, atribuindo novos significados. Ausubel define a concepção prévia como “conceito subsunçor” ou simplesmente “subsunçor”.

Modelos teóricos se mostram como ferramentas importantes que podem ser transpostas para o ensino de Física. Brandão, Araujo e Veit (2011) definem a modelagem como “um processo por meio do qual criamos, revisamos, validamos e/ou exploramos modelos científicos para reconstruir conceitualmente a realidade através de representações”. O processo de reconstrução conceitual de um fenômeno físico requer uma série de abstrações, representações e simplificações que precisam ser esclarecidas durante a realização de uma atividade experimental de ensino. Em uma perspectiva cognitivista, esses conceitos devem ser agregados à estrutura cognitiva do estudante como “conceitos subsunçores” para que posteriormente sirvam de âncora para o entendimento da teoria geral envolvida e da consciência do processo de modelagem. Os elementos essenciais para a resolução de problemas de Física via Modelagem Didático-Científica (MDC+) são: a definição de uma questão de pesquisa; a representação simplificada via objeto-modelo; a construção de um modelo teórico com base em uma teoria geral; a validação do modelo via contrastação das

predições do modelo teórico com os resultados empíricos (Oliveira, Araujo, Veit, 2020). A resolução de problemas via modelagem e a compreensão acerca dos processos que envolvem modelos teóricos são fundamentais para a formação superior em Física, agregando ferramentas importantes para o desenvolvimento de pesquisas científicas e na compreensão de aspectos epistemológicos da Ciência.

## II. AS TIC E O ENSINO DE FÍSICA

Na presente seção iremos apresentar os principais conceitos referentes às Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), bem como elas se relacionam com o ensino de Física.

### A. O que são as TIC

Bueno (1999) explicita seu entendimento sobre as tecnologias como “um processo contínuo através do qual a humanidade molda, modifica e gera sua qualidade de vida”, visto que desde os primórdios da humanidade, os seres humanos interagem e modificam a natureza a fim de facilitar sua utilização e apropriação. Entre diversos tipos de avanços tecnológicos já realizados, encontram-se as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

Podemos caracterizar como TIC, as tecnologias que propiciem uma troca de informações mais rápida, dinâmica e eficaz. Elas podem ser divididas em duas subcategorias, os hardwares, onde se enquadram placas de controle, CPU, arduinos, e os softwares, onde se enquadram por exemplo programas de computador, sistemas operacionais, softwares de análise entre outros (Dantas, 2011).

Fiolhais e Trindade (2003) dividem a utilização dos computadores no ensino em dois períodos distintos, antes e depois do aparecimento dos computadores pessoais, que surgiram no final da década de 1970. Antes desse período, apenas grandes empresas possuíam a capacidade de adquirir tais aparelhos, tanto pelo seu custo, quanto por eles necessitarem de espaços muito grandes para serem instalados. Porém em 1979 e nos anos seguintes, diversas empresas de tecnologia conseguiram realizar o feito de transformar tais máquinas em algo mais compacto e acessível à população, possibilitando assim, o uso de tal recursos em aulas nas escolas.

Podemos perceber que os recursos tecnológicos mais utilizados em sala de aula nos dias atuais são os computadores e os smartphones devido ao crescente número de trabalhos com enfoque na utilização de tais recursos (Fernandes *et al.*, 2016). Isso se deve à sua fácil usabilidade e acesso, relacionados com as diversas possibilidades de utilização que tais aparelhos possibilitam aos seus usuários.

### B. A importância das TIC na escola

É sabido que a escola, por estar inserida no contexto social, reflete muitas características comuns ao meio. Assim, considerando a inserção das TIC no meio social, espera-se que tais avanços tecnológicos refletissem também nos processos de ensino e aprendizagem, ou seja, assim como o computador e outros recursos associados à TIC tiveram papel fundamental em praticamente todos os setores da vida cotidiana, ele também terá relevância no contexto escolar

Fiolhais e Trindade (2003) em seu trabalho ainda explicitam as cinco principais categorias onde o uso do computador é ferramenta útil no processo de ensino aprendizagem tem papel fundamental no ensino, são elas: (i) Aquisição de dados; (ii) Multimídia; (iii) Realidade virtual; (iv) internet; e (v) Modelização e Simulação, sendo que esta última categoria é a de nosso interesse no presente trabalho.

Das cinco categorias acima, destacamos as simulações computacionais, que são recursos que possibilitam o estudante realizar experimentos e investigações científicas através da utilização de um computador ou smartphone. Com o objetivo de ampliar essa discussão, na subseção a seguir, iremos exemplificar como os laboratórios de ensino de Física experimental podem ser melhorados a partir da implementação das simulações computacionais no ensino.

### C. A relação dos laboratórios de Física com as simulações computacionais

Nos últimos anos, houve um número crescente de trabalhos que se baseavam na utilização das simulações computacionais no ensino de Física (Moro; Neide; Rehfeldt, 2016); (Souza; Mello, 2017); (Heidemann; Araujo; Veit, 2016). Em um desses, Macêdo, Dickman e Andrade (2012) explicitam alguns potenciais motivos para fomentar o uso das simulações computacionais nos laboratórios de Física experimental, dentre os quais podemos destacar: itenizar as potencialidades da visualização de experimentos impossíveis de serem realizados, como simular um pouso em outro planeta, experimentos muito perigosos como o funcionamento das usinas nucleares, experimentos muito lentos como processos de fossilização e experimentos muito rápidos como o decaimento de átomos, dentre outros.

Coelho (2002) explicita que a utilização das simulações computacionais pode ser a ponte necessária para se realizar a integração entre o ensino tecnológico e o tradicional com giz e quadro. Cabe destacar que tal integração não pode ser feita sem a devida preparação, principalmente, pela utilização conjunta de duas metodologias de ensino distintas, como a experimentação aliada às simulações computacionais. Essa conexão deve ser pensada e executada pelo professor, onde ele deve salientar, por exemplo, que as simulações computacionais trabalhadas são apenas simplificações da realidade, afinal, representam modelos físicos e matemáticos. O papel do educador não se restringe apenas na elaboração e execução da aula, mas sim no planejamento de como a sequência didática deve se seguir para que a utilização da simulação seja vantajosa para o estudante.

A partir de tais apontamentos, iremos apresentar na seção seguinte uma possibilidade de implementação de um experimento físico integrado à uma simulação computacional no ensino de Física.

### III. OBJETIVO

Este trabalho propõe uma atividade que integre o uso de simulação computacional e experimento físico para a promoção de uma maior integração e motivação dos estudantes no estudo sobre conservação de energia (Trentin; Silva; Rosa, 2018).

#### A. Proposição didática

Sabe-se que para a abordagem do tema de conservação de energia geralmente se despende uma quantidade considerável de tempo em aula, e em diversas situações, os estudantes aprendem o conteúdo apenas superficialmente, não realizando uma aprendizagem verdadeiramente significativa. Uma maneira de revertermos este cenário, seria a utilização de atividades experimentais (Borges, Dickman e Vertchenko, 2018), integradas à utilização das tecnologias da informação e comunicação no ensino de conservação de energia (Júnior, Borges e Nascimento, 2019), mais especificamente, utilizando simulações computacionais.

Levando em consideração a importância das TIC's e uso do computador no ensino proposto por Fiolhais e Trindade (2003), desenvolvemos uma atividade didática que integra o uso da simulação computacional "Energia na pista de skate"<sup>1</sup> (figura 1), o uso do software Tracker e o experimento de queda de esferas em "pistas" (figura 2). Os conceitos abordados na atividade didática são de princípio da conservação de energia mecânica, explorando especificamente a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.

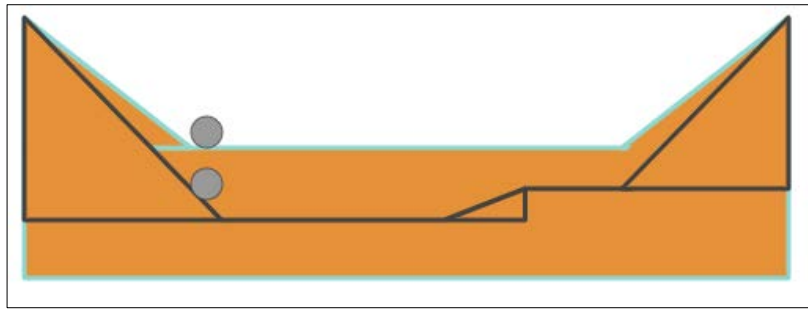
O experimento realizado será de baixo custo e fácil desenvolvimento (Axt e Moreira, 1991). Para análise do movimento optamos pelo uso do software Tracker<sup>2</sup> por ser totalmente gratuito e de código aberto, necessitando apenas que os estudantes realizem um vídeo do experimento a ser analisado (a maioria dos smartphones atuais é capaz de executar esta função). A simulação computacional escolhida permite o ajuste de parâmetros e possui interface fácil de manipular, a mesma pode ser acessada livremente utilizando navegadores de internet, sem a necessidade de ser feito formatação.



**FIGURA 1.** A figura é uma captura de tela da interface da simulação "Energia na pista de skate" do site PHET Colorado. Esta simulação permite a construção de pistas para liberar o "skatista" de onde se deseja.

<sup>1</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt_BR.html)

<sup>2</sup> Disponível em: <https://physlets.org/tracker/>



**FIGURA 2.** A figura é uma representação das pistas utilizadas em aula para a realização da atividade experimental. Nelas é possível liberar a queda de duas esferas ao mesmo tempo, que irão seguir por caminhos diferentes.

**TABELA I.** Descrição dos procedimentos planejados para as três aulas.

Aula	Objetivo	Descrição
Primeira	Aplicação de questionário	A aula é destinada a aplicação do questionário para levantamento das concepções prévias a respeito da Ciência, dos conhecimentos em Física, de modelos teóricos e do uso do computador na Física. Após a aplicação do questionário promove-se uma revisão dialógica a respeito dos conceitos de conservação de energia mecânica.
Segunda	Experimento em laboratório	A aula será desenvolvida no laboratório de Ensino de Física para realização, por parte dos alunos, do experimento de queda de esferas em “pistas”.
Terceira	Simulação computacional	Na terceira aula será utilizada a simulação computacional selecionada, para isso é necessário que os alunos tenham acesso a um computador com internet, ao final desta aula será aplicado o questionário final.

## B. Experimento + simulação

Nesta seção serão descritas e caracterizadas as atividades ao longo dos três encontros propostos, a atividade experimental, a simulação computacional e os testes aplicados serão melhor destacados na sequência que desenvolvemos.

O primeiro encontro é destinado a aplicação do questionário prévio no primeiro momento, com o objetivo de coletar os conhecimentos prévios dos estudantes. Após a realização do questionário prévio o professor realiza uma abordagem dialógica com o objetivo de retomar os principais conceitos envolvidos na conservação da energia mecânica. Este momento é importante para que seja introduzida a discussão sobre modelos físicos e simplificações da realidade que são realizadas, vale destacar que é importante estimular a participação dos estudantes, e principalmente explicitar a limitação dos modelos (Medeiros e Medeiros, 2002). O encontro é planejado para a preparação dos estudantes para as próximas duas aulas, observando que a segunda e a terceira aula possuem atividades que não utilizarão roteiros fechados.

O segundo encontro será realizado no laboratório de ensino de física, nesta atividade experimental optamos por utilizar pequenas “pistas”, onde as esferas podem “escorregar”, o objetivo é que os estudantes investiguem a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética. Para realizarem a coleta de dados, os estudantes irão utilizar seus smartphones para gravar os movimentos de queda das bolinhas, e utilizar o software Tracker para analisar os vídeos realizados. É importante a participação do professor para orientar sobre a melhor posição de filmagem e para motivar a interação entre os estudantes.

No último encontro será realizada a atividade com a simulação computacional “Energia na pista de skate”, esta simulação possui diversas funcionalidades, os estudantes receberão o guia que conterá as informações de realização da atividade, assim como as questões que deverão responder. Apesar das muitas funcionalidades, apenas algumas serão indicadas para uso na simulação por parte dos alunos. Ainda nesta aula será aplicado o questionário final.

## C. A matriz de análise

Na tabela II são apresentadas as proposições norteadoras, as variáveis medidas e os instrumentos de medida vinculados, de acordo com Dorneles (2010).

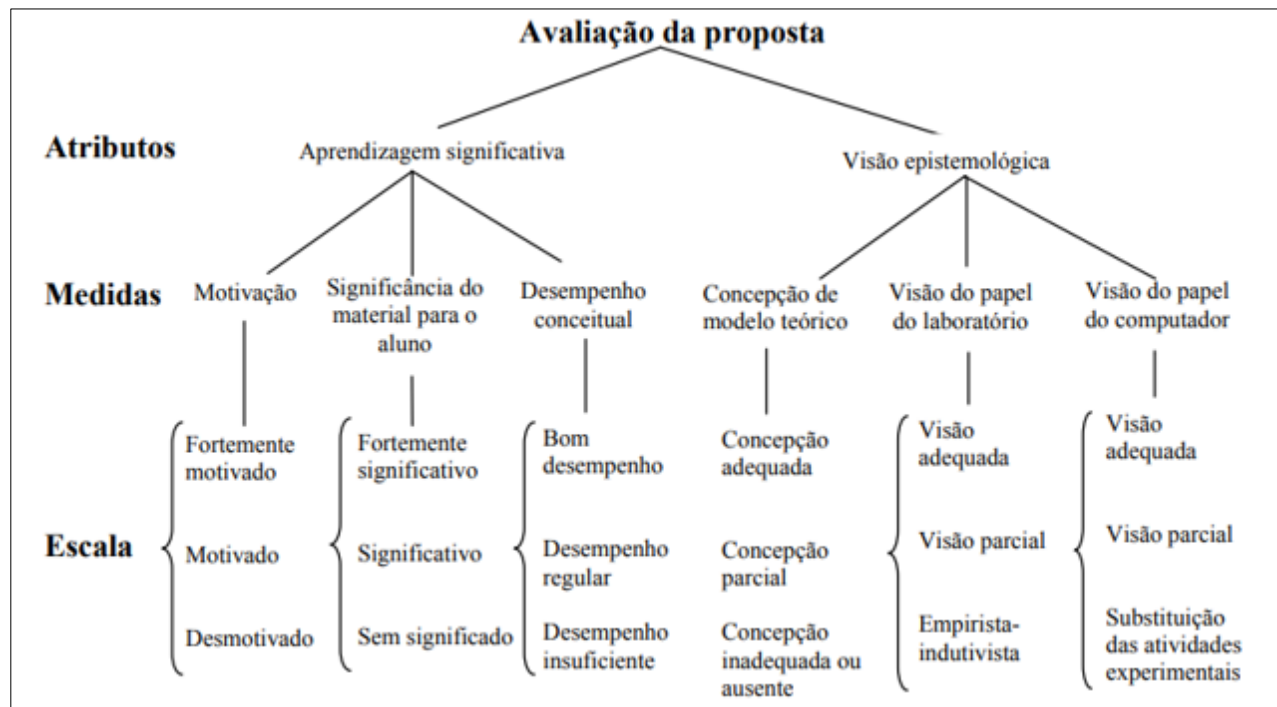
Para análise da atividade faremos uso da matriz proposta por Dorneles (2010) apresentada abaixo na figura 3, esta matriz permite analisar os objetivos propostos por nosso trabalho. Os principais itens que tencionamos avaliar neste trabalho são: a aprendizagem conceitual, a motivação e a concepção sobre Ciência, a partir da compreensão dos alunos sobre uso do computador em Física, modelos teóricos e papel do laboratório (Dorneles, 2010).

**TABELA II.** Relação entre proposições norteadoras, variáveis medidas e instrumentos de medidas.

Proposições norteadoras	Variáveis Medidas	Instrumentos de medida
1	Visão do papel de modelos teóricos Visão do papel do laboratório Visão do papel do computador	Entrevista semiestruturada Questões dissertativas Notas de campo Guias preenchidos Teste sobre a natureza da ciência
2	Motivação Significância do material  Desempenho conceitual	Guias preenchidos Entrevista semiestruturada  Questões de prova Guias Preenchidos

Com esta matriz, buscamos evidenciar que nossa proposição apoiada em Coelho (2002) e orientada por Medeiros e Medeiros (2002), a respeito do uso das simulações computacionais integradas a atividades experimentais, promove resultados mais expressivos do que as utilizadas separadamente.

Abaixo destacamos o mapa que caracteriza a avaliação da proposta realizada em nosso trabalho.

**FIGURA 3.** A figura é um esquema de avaliação da proposta de atividade (Dorneles, 2010).

A figura 3 apresenta a avaliação da proposta de forma esquemática, os atributos são a aprendizagem significativa e a visão epistemológica, ambos são objetos de investigação da avaliação sobre nossa proposta. Cada objeto é analisado através de três medidas e estas medidas são escalonadas em três níveis. Através deste modelo de análise esperamos avaliar os resultados de nossa proposição didática, o que nos permitirá um melhor julgamento da aplicação de nosso trabalho, observando se alcançamos os objetivos propostos.

#### IV. Resultados esperados

A partir da aplicação da sequência didática proposta neste trabalho, temos o intuito de fomentar a aprendizagem dos estudantes de maneira ativa, a partir da articulação crítica acerca das relações estabelecidas através do uso conjunto das simulações computacionais e dos experimentos físicos, de maneira que os mesmos se sintam motivados e engajados a aprender, frente à uma maneira diferente do que as que estão habituados nas aulas de física. Pretendemos também comparar os resultados obtidos pelos alunos ao utilizarem as simulações computacionais e os experimentos

físicos, de maneira com que possamos investigar quantitativamente a real melhora na aprendizagem e no entendimento físico acerca dos conceitos de conservação de energia. Por fim, esperamos que com a aplicação da presente sequência didática, poderemos desenvolver uma concepção epistemológica adequada nos estudantes, ou seja, esperamos que os mesmos sejam capazes de identificar e diferenciar modelos teóricos de situações físicas reais.

## REFERÊNCIAS

- Axt, R., Moreira, M. A. (1991). O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. *Revista de Ensino de Física*, 13, 97–103.
- Borges, A. T. (2006). *Implementação do PCNs em sala de aula: dificuldades e possibilidades*. Coleção explorando a Física 7.
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291-313.
- Borges, C. C., Dickman, A. G., Vertchenko, L. (2018) Uma aula sobre conversão de energia utilizando bicicleta, motor, alternador e lâmpada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(2).
- Brandão, R. V., Araujo, I. S., Veit, E. A. (2011). A modelagem científica vista como um campo conceitual. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(3), 507-545.
- Bueno, N. L. (1999) O desafio da formação do educador para o ensino fundamental no contexto da educação tecnológica. Dissertação de Mestrado, PPGTE, CEFET, PR, Curitiba, .
- Bunge, M. (1972). *La ciencia: su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo Veinte.
- Coelho, R. O. (2002). O uso da informática no ensino de física de nível médio. Dissertação de Mestrado em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, UFPel, Pelotas.
- Dantas, C. R. S. (2011). As TICs e a Teoria da Aprendizagem Significativa: uma proposta de intervenção no Ensino de Física. Dissertação Mestrado profissional em ensino de ciências e matemática, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.
- Dorneles, P. F. T. (2010). Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. Tese de Doutorado em Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, .
- Dorneles, P. F. T.; A, I. S.; Veit, E. A. (2012). Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. *Ciência & Educação*, 18(1), 99-122.
- Fernandes, A. C. P., Auler, L. T. S., Huguenin, J. A. O., Balthazar, W. F. (2016). Efeito Doppler com tablet e smartphone. *Revista de Ensino de Física*, 38.
- Fiolhais, C., Trindade, J. (2003) Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. *Revista de Ensino de Física*, 25(3), 259-272.
- Heidemann, L. A., Araujo, I. S., Veit, E. A. (2016). Modelagem Didático-científica: integrando atividades experimentais e o processo de modelagem científica no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(1), 3-32.
- Júnior, J. F. N., Borges, V. E. S., Nascimento, R. M. M. F. (2019) Descrição temporal de forças de colisão: um modelo didático para laboratório de física assistido por sistema embarcado. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(3).
- Macêdo, J. A., Dickman, A. G.; Andrade, I. S. F. (2012). Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29(1), 562-613.

Medeiros, A., Medeiros, C. F. (2002). Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2), 77-86.

Moreira, M. A. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? *Curriculum : revista de teoría, investigación y práctica educativa*, 25, 29-56.

Moro, F. T., Neide, I. G., Rehfeld, M. G. H. (2016). Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(3), 987-1008.

Oliveira, V., Araujo, I. S., Veit, E. A. (2020). Resolução de problemas abertos como um processo de modelagem didático-científica no ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0043>

Souza, E. J., Mello, L. A. (2017). O uso de jogos e simulação computacional como instrumento de aprendizagem: campeonato de aviões de papel e o ensino de Hidrodinâmica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(2), 530-554.

Trentin, M. A. S., Silva, M., Rosa, C. T. W. (2018). Eletrodinâmica no ensino médio: uma sequência didática apoiada nas tecnologias e na experimentação. *REnCiMa*, 9(5), 94-11.