

Experimentação em física apoiada por objetos de aprendizagem

RESUMO

Este estudo teve por objetivo sistematizar experiências de experimentação em Física apoiadas em objetos de aprendizagem. Trata-se de um ensaio qualitativo, de natureza bibliográfica, fundamentado nos pressupostos da revisão sistemática de literatura. A partir desse referencial metodológico foi possível constatar que os recursos virtuais disponíveis na atualidade apresentam ricas potencialidades para apoiar a experimentação em Física. Por meio da experimentação em Física apoiada em objetos de aprendizagem é possível desenvolver relevantes propostas demonstrativas, comprobatórias ou investigativas. Tais propostas podem contribuir tanto para o uso em contextos de ensino e aprendizagem presenciais quanto em contextos híbridos ou online. Do mesmo modo, é possível explorar esses recursos tanto na Educação Básica, quanto no Ensino Superior, seja para o ensino ou para a pesquisa. Há de se ponderar, porquanto, que a exploração dos experimentos virtuais precisa ser muito bem acompanhada e problematizada para que a visualização da simulação não seja apreendida pelos sujeitos como uma reprodução do fenômeno, tal como se apresenta na natureza. Assim, a experimentação apoiada por objetos de aprendizagem abre múltiplas possibilidades para o trabalho pedagógico em Física; para a criação de mais e melhores práticas pedagógicas e, conseqüentemente, para novas formas de ensinar e aprender na contemporaneidade.

PALAVRAS-CHAVE: Experimentos virtuais. Objetos de aprendizagem. Ensino de física.

Ivanderon Pereira da Silva

ivanderson@gmail.com

orcid.org/0000-0001-9565-8785

Universidade Federal de Alagoas (UFAL),
Maceió, Alagoas, Brasil

Luis Paulo Leopoldo Mercado

luispaulomercado@gmail.com

orcid.org/0000-0001-8491-6152

Universidade Federal de Alagoas (UFAL),
Maceió, Alagoas, Brasil

INTRODUÇÃO

A experimentação em Física tem se apoiado em recursos virtuais para atender às demandas de ensino e aprendizagem que se apresentam no cenário contemporâneo (FUJIII; SILVEIRA, 2006; ESCANHOELA; STUDARD, 2012). Tais recursos se apoiam fortemente no conceito de objeto de aprendizagem. Esses, se caracterizam por serem unidades digitais, granulares, que podem ser reutilizados e combinados uns com os outros e cujo movimento de desenvolvimento, classificação, organização, distribuição e recuperação permite aos sujeitos trilhas cognitivas inovadoras.

Dadas as potencialidades didáticas que esses recursos apresentam, nos mobilizamos no sentido de sistematizar experiências de experimentação em Física apoiadas em objetos de aprendizagem. Para atender a esse objetivo, empreendemos uma síntese de múltiplos estudos publicados em revistas científicas, anais de eventos, teses e dissertações.

Nesse sentido, do ponto de vista metodológico, é possível classificar este estudo como uma revisão sistemática de literatura. Segundo Ramos et al (2014), esse tipo de pesquisa consiste num método em que se analisa de forma sistêmica vários trabalhos, sobre um determinado tema. Consiste num tipo específico de pesquisa bibliográfica por meio do qual o investigador mapeia a literatura científica que tratou de um determinado tema e sistematiza os resultados e conclusões a que se chegou.

Os resultados do movimento de síntese que realizamos neste trabalho estão organizados da seguinte forma: num primeiro momento discutimos sobre os objetos de aprendizagem e seus repositórios e por fim apresentamos estratégias didáticas a partir das quais os professores podem organizar práticas experimentais de Física apoiadas em objetos de aprendizagem.

OBJETOS DE APRENDIZAGEM COMO EXPERIMENTOS VIRTUAIS DE FÍSICA

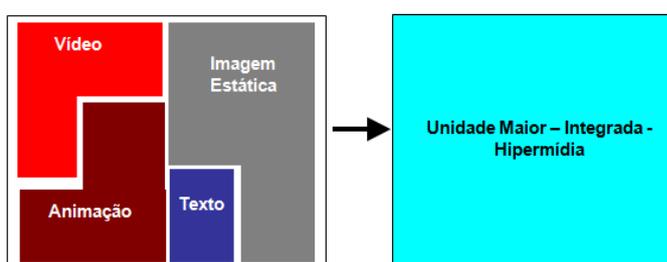
Segundo Silva e Silva (2017, p. 140), “a inserção do computador e de dispositivos móveis nas escolas como instrumentos didáticos vem ganhando espaço progressivamente e seus usos vêm se tornando uma tendência mundial”. Tendo em vista que o cenário contemporâneo favorece a exploração pedagógica das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), bem como sua alta penetração social, é inegável que o ensino de Física deva se apropriar dos ganhos que tais recursos tecnológicos podem trazer para o fenômeno da aprendizagem. Dentre esses ganhos é possível apontar o advento dos objetos de aprendizagem que têm a capacidade de simularem experimentos de Física.

A temática dos objetos de aprendizagem vem sendo discutida no Brasil desde a década de 90, quando o Ministério da Educação (MEC) manifestou interesse em desenvolver unidades digitais autocontidas que não exigiam orientações externas para seu uso (MERCADO et al, 2009). Comumente, encontram-se na literatura diferentes termos para definir tais recursos: objetos de aprendizagem (PRATA; NASCIMENTO, 2007), objeto virtual de aprendizagem (MERCADO, 2008), objetos digitais de aprendizagem (ALVES; SOUZA, 2005), objetos educacionais (SOUZA et al, 2007); *objetos de enseñanza, pedagógicos,*

instruccionales, académicos, de conocimiento, de contenido, o de información (GELIZ et al, 2013, p. 6).

Não há ainda um consenso sobre quem primeiro utilizou o termo “objetos de aprendizagem” para denotar essas unidades de instrução. Porém, muitos o creditam à Wayne Hodgins, que teria criado o termo ao observar seu filho brincando e construindo coisas com o jogo Lego enquanto pensava sobre estratégias de aprendizagem (MIRANDA et al, 2011). A metáfora do Lego foi a primeira a ser utilizada para explicar a lógica de composição proporcionada pelos objetos de aprendizagem. Uma representação dessa metáfora pode ser visualizada a partir da Figura 1.

Figura 1 – Metáfora do Lego



Fonte: Autoria própria (2019).

A partir dessa representação é possível perceber que os objetos de aprendizagem podem ser unidades tão pequenas quanto um pequeno vídeo, ou texto, ou uma imagem estática, ou até mesmo uma animação gráfica. Esses recursos podem ser combinados para formar uma unidade maior, multi/hiper/midiática, e com um propósito educacional bem definido. Sua granularidade permite que um mesmo objeto de aprendizagem possa ser utilizado em conjunto com outros e com isso possam formar novas unidades de conteúdo.

A metáfora do Lego, apesar de favorecer a compreensão da lógica composicional desses recursos, apresenta uma grave fragilidade, pois transparece a falsa impressão de que qualquer objeto de aprendizagem se combina com outro e produz um resultado interessante. Nem sempre essa combinação é harmônica. Nesse sentido, Wiley (2000) sugeriu a metáfora do átomo em substituição à metáfora do Lego.

Nessa representação percebemos que as unidades de conteúdo precisam ser concatenadas de tal maneira que dialoguem entre si e alcancem os objetivos propostos. Para se formar uma molécula é preciso que haja uma harmonia na combinação dos átomos. Do mesmo modo, é fundamental que a combinação de diferentes recursos midiáticos seja harmoniosa e contribua para os fins a que se destina. Essa metáfora também chama atenção para a distinção entre os elementos geradores e o produto final. A molécula de oxigênio, quando combinada com duas moléculas de hidrogênio, produz água que, embora conserve os elementos originais em sua estrutura molecular, se constitui numa substância significativamente distinta de suas geratrizes. Ao tomar essa metáfora como referencial, reconhecemos que a composição de objetos de aprendizagem maiores a partir de recursos menores, produz resultados que podem assumir funções singulares e significativamente distintas dos elementos que o geraram.

Segundo Miranda et al (2011, p. 3) essa substituição é válida no sentido de que, “(a) nem todo átomo pode ser combinado com outro átomo; (b) átomos só podem ser montados em certas estruturas prescritas pela sua própria estrutura interna; e (c) alguma instrução é necessária para juntar átomos”.

Desde a década de 90, quando o termo foi criado (WILEY, 2000), até o momento, evidencia-se uma polissemia conceitual. Autores como Souza et al (2012) entenderam que o objeto de aprendizagem pode ser definido como qualquer recurso digital, ou não-digital, utilizado em contextos de ensino ou aprendizagem. Rocha e Oliveira (2014) os definiram como recursos digitais que podem ser utilizados para suporte às práticas pedagógicas. Siqueira e Torres (2010) os consideraram como recursos digitais que foram projetados com fins educacionais. Campos et al (2014) consideram que, além de serem digitais, apoiarem as práticas pedagógicas e serem desenvolvidos com propósitos educacionais bem definidos, os objetos de aprendizagem precisam ser combináveis com outros e conter um desafio cognitivo. Apesar da polifonia em torno do conceito, existem aspectos gerais que os caracterizam. Segundo Geliz et al (2013, p. 7), suas principais características são:

Reutilización: Objeto con capacidad para ser usado en contextos y propósitos educativos diferentes y para adaptarse y combinarse dentro de nuevas secuencias formativas.

Educatividad: Con capacidad para generar aprendizaje.

Interoperabilidad: Capacidad para poder integrarse en estructuras y sistemas (plataformas) diferentes.

Accesibilidad: Facilidad para ser identificados, buscados y encontrados gracias al correspondiente etiquetado a través de diversos descriptores (metadatos) que permitirían la catalogación y almacenamiento en el correspondiente repositorio.

Durabilidad: Vigencia de la información de los objetos, sin necesidad de nuevos diseños.

Independencia y Autonomía de los objetos con respecto de los sistemas desde los que fueron creados y con sentido propio.

Generatividad: capacidad para construir contenidos, objetos nuevos derivados de él. Capacidad para ser actualizados o modificados, aumentando sus potencialidades a través de la colaboración.

Dentre as características apontadas, destacamos a reusabilidade e a granularidade como as mais citadas entre os autores. Para Lagresca et al (2012, p. 546), a reusabilidade diz respeito à capacidade de “ser utilizados em diferentes situações de aprendizagem”. Silveira et al (2006, p. 69-70) afirmam que “a granularidade de um objeto refere-se ao grau de detalhe ou precisão da informação nele contida, assim como também refere-se a seu tamanho, capacidade de decomposição e potencial de reuso”.

Observa-se que a reusabilidade e a granularidade estão relacionadas e são diretamente proporcionais. Segundo Gibbons et al (2003, apud SILVEIRA et al, 2006, p. 70), “quanto mais um objeto é reutilizável, mais difícil a automatização do seu reuso. Da mesma maneira, quanto menos reusável um objeto for, mais fácil é a automação de seu reuso”. Fuijii e Silveira (2006, p. 214) complementam essa ideia afirmando que “para aumentar o potencial de reutilização é necessário diminuir o grau de acoplamento entre eles, ao mesmo tempo em que se mantém uma fina granulação de conteúdo”.

Se tomarmos a metáfora do átomo proposta por Wiley (2000), podemos afirmar que esses recursos “podem estar dispostos como átomos (OA de alta granularidade), que permitem uma grande variedade de combinações entre si. Ou podem ser como macro-moléculas (OA de baixa granularidade), entidades complexas, porém com menor capacidade de recombinação” (BEVILAQUA et al, 2010, p. 4).

Ao dispor de objetos de aprendizagem como recursos que suportam experimentos virtuais de Física, Silva e Silva (2017, p. 43), destacam vantagens e desvantagens de seu uso pedagógico:

São várias as vantagens do uso dos experimentos virtuais no ensino de Física. Estes experimentos podem ser realizados em casa, salas de aulas e outros locais sem grande custo. Se o acesso aos computadores e à internet forem adequados é possível a realização da experiência a qualquer hora do dia, durante todos os dias do ano. Deste modo, os experimentos virtuais aparecem como uma alternativa para ausência de laboratórios de Ciências ou de experimentos que, por questões de segurança, espaço físicos, ou custo, tornam-se inviáveis de serem realizados fora do contexto da simulação computacional. A experimentação virtual também carrega alguns riscos quanto se trata da veracidade das leis físicas. Um laboratório virtual produz experimentos que assentam, normalmente, em modelos. Se os modelos forem mal implementados, a simulação pode induzir o sujeito a erros conceituais. Outra desvantagem dos experimentos virtuais, encontra-se no contato que o aluno perde com os equipamentos. A coleta de dados, os resultados obtidos e as modelagens matemáticas são pré-estabelecidas pela máquina. Assim, o sujeito deixa de aprender com o erro e com as repetições dos experimentos. É claro que os experimentos virtuais são importantes, podem contribuir para a motivação dos alunos, mas não devem assumir um papel único em sala de aula. Deve aparecer como uma opção a mais para o professor e para o aluno.

Nesse sentido, apesar de apresentarem importantes ganhos potenciais para o desenvolvimento de práticas experimentais no ensino de Física, é fundamental que não se perca de vista que tais recursos não são neutros. O uso que se faz deles pode conduzir os sujeitos a diferentes experiências didáticas.

Uma vez que se dispõe de quantidade considerável de objetos de aprendizagem, necessita-se organizá-los e classificá-los. Os bancos de dados que armazenam tais recursos são denominados repositórios de objetos de aprendizagem (ROA). Segundo Fujii e Silveira (2006, p. 213) um ROA “não permite somente o armazenamento e a recuperação dos dados, mas também seu compartilhamento e reuso”, utilizando-se para isso de descritores chamados metadados. Souza et al (2012, p. 3), definem os metadados como “descrições sobre o objeto, informações a respeito de dados”.

O desafio de selecionar e/ou compor experimentos virtuais na perspectiva dos objetos de aprendizagem exige que o professor não só saiba onde encontrar os recursos digitais necessários, como também saiba selecioná-los adequadamente. Para contribuir com essa questão no sentido de indicar possíveis ROA, listamos no quadro 1 alguns desses que têm sido validados e explorados pelos professores e pesquisadores em ensino de Física.

Neste trabalho iremos considerar o perfil conceitual para entropia e espontaneidade a partir da apresentação de Amaral, Mortimer e Scott (2014), na qual existem apenas três zonas, a saber: zona perceptiva/intuitiva, que exprime a ideia de naturalidade na ocorrência dos fenômenos, zona empírica, relacionada a

consideração das condições para ocorrência, e zona racionalista, que exprime o formalismo matemático e a interpretação mais profunda da entropia e da espontaneidade.

A seguir apresentaremos a metodologia para coleta e análise dos dados para essa pesquisa.

Quadro 1 – Repositórios de objetos de aprendizagem

Autor	Conceito
e-Física	http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/
Laboratório e Ciência	http://chemlab.byu.edu
Experimentos Virtuais da UFRJ	http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos
Simulations and Games	http://www.mrmont.com/games/
Applets Java de Física	https://www.walter-fendt.de/phys.htm
Physclips	http://www.animations.physics.unsw.edu.au/
Fisicanimada	http://fisicanimada.blogspot.com/
Regents Exam Prep Center Physics	http://www.regentsprep.org/Regents/physics/physics.cfm
comPADRE	http://www.compadre.org
Domínio Público	http://www.dominiopublico.gov.br/
DSpace	http://www.dspace.org/
CAREO	http://www.careo.org
FREE	http://www.ed.gov/free
MERLOT	http://www.merlot.org
PhET	http://phet.colorado.edu/
BIOE	http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/
Pion	http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/
CESTA – CINTED	http://www.cinted.ufrgs.br/CESTA/cestadescr.html
Science Netlinks	http://www.sciencenetlinks.com/
Wisc	http://www.wisc-online.com/
Universidade do Minho Vlabs	http://vlabs.uminho.pt
Núcleo de Construção de Objetos de Aprendizagem (NOA/UFPB)	http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/index.html

Fonte: dados da pesquisa (2019).

Uma interface semelhante aos ROA são os *Referatory* (NASCIMENTO, 2009). Nos ROA, os sujeitos podem fazer *download* ou *upload* dos conteúdos direto de do banco de dados do repositório. Os *Referatory* não disponibilizam essa possibilidade. Tratam-se de interfaces que reúnem *links* de conteúdos digitais que são disponibilizados em diferentes ROA da internet.

Para a criação de objetos de aprendizagem mais específicos e sofisticados, geralmente é necessária a articulação de uma equipe multidisciplinar que envolve: a) especialistas na área de ensino; b) equipe de programação; c) equipe pedagógica; d) equipe de design gráfico. Além de uma boa infraestrutura e de apoio institucional para essa finalidade.

De modo mais simples, se o professor de Física quiser explorar as 3 Leis de Newton, por exemplo, a partir de uma prática experimental apoiada em objetos de aprendizagem ele pode recorrer aos ROA ou aos *Referatory*, fazer o *download* dos conteúdos e organizar a atividade de modo que os diferentes recursos possam ser combinados numa sequência lógica.

Há de se considerar, porém, que a composição dos experimentos virtuais pode servir a diferentes propósitos de aprendizagem e a diferentes tipos de experimentação dependendo das concepções e abordagens didáticas que se fizerem presentes. Discutiremos, na seção seguinte, as possibilidades do trabalho experimental em Física em contextos didáticos.

EXPERIMENTAÇÃO EM FÍSICA BASEADA EM OBJETOS DE APRENDIZAGEM

O trabalho pedagógico com o uso de experimentos virtuais pode ser conduzido a partir de diferentes abordagens. O papel do professor, do estudante e a relação dos sujeitos com esses recursos varia em cada uma dessas abordagens. Com base nos estudos de Lima e Teixeira (2014); Azevedo et al (2009); Giordan (1999); Francisco Junior et al (2008); Pessanha et al (2010), Lima e Teixeira (2011); Carvalho et al (2013) e Bassoli (2014), foi possível classificar as práticas experimentais apoiadas em objetos de aprendizagem em pelo menos três categorias: experimentação demonstrativa, experimentação comprobatória e experimentação investigativa.

A) EXPERIMENTAÇÃO DEMONSTRATIVA

Segundo Pessanha et al (2010, p. 2), a demonstração experimental “é uma oportunidade de visualização da ação dos conceitos abordados em aula”. Para Carvalho et al (2013, p. 44), as experiências demonstrativas são utilizadas para favorecer “a visualização de fenômenos, verificação de leis ou medição de constantes físicas”. Trata-se de uma excelente estratégia de contextualização dos conteúdos, bem como um bom recurso para apresentar um procedimento, ou aparato a toda a turma.

São exemplos de demonstração experimental as aulas nas quais o professor leva para a sala de aula (presencial, híbrida ou online) um experimento e o realiza diante dos estudantes utilizando o fenômeno para introduzir, conduzir ou encerrar a aula. Tal demonstração pode ser realizada com o uso de experimentos convencionais ou por meio do apoio de equipamentos de reprodução audiovisual como TV, vídeo, projetor multimídia etc. Segundo Gaspar e Monteiro (2005, p. 227-228), alguns fatores podem favorecer a demonstração experimental. São eles:

[...] a possibilidade de ser realizada com um único equipamento para todos os alunos, sem a necessidade de uma sala de laboratório específica, a

possibilidade de ser utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual que está sendo trabalhada e, talvez o fator mais importante, a motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem.

Observa-se que, para a realização de demonstrações, o investimento financeiro e o tempo dispendido são menores, uma vez que dispensa o ambiente do laboratório e podem ser realizadas ao longo da aula. Assim, a demonstração experimental “é uma ótima oportunidade de problematizar conteúdos e conceitos e fazer pensar” (SILVA et al, 2012, p. 147).

No cenário específico dos experimentos virtuais, “as simulações podem servir como demonstrações em aulas expositivas” (ARANTES et al, 2010, p. 29) e podem favorecer uma visualização mais ampla a partir de projetores multimídia. O professor pode repetir diversas vezes o experimento com agilidade e se utilizar dos recursos que a simulação dispuser. Nesse caso é possível, inclusive, demonstrar experimentos que jamais seriam possíveis de serem realizados no ambiente escolar. Esse é o caso, por exemplo, de experimentos com animais; experimentos que colocam em risco a integridade física dos sujeitos; e até mesmo experimentos muito caros.

As simulações podem contribuir de modo especial para demonstrar experimentos que enfocam conceitos abstratos e que desafiam as concepções que emergem da realidade cotidiana dos sujeitos, como, por exemplo, relatividade especial, Física de altas temperaturas ou interações fundamentais da matéria (NUNES et al, 2016).

B) EXPERIMENTAÇÃO COMPROBATÓRIA

A abordagem experimental comprobatória é utilizada quando o professor espera que seus estudantes verifiquem, a partir de práticas experimentais, a validade de algum dado, princípio, lei ou modelo. Geralmente os estudantes seguem um roteiro bem definido com o objetivo de comprovar experimentalmente aquilo que já se conhece. Segundo Lima e Teixeira (2011, p. 8), nos experimentos comprobatórios

(...) os participantes executam o procedimento e etapas pré-definidos por um roteiro, confirmando o que já havia sido discutido anteriormente ou antecipando o que será exposto na teoria, não havendo possibilidade de resultados diferentes dos já pré-determinados.

Caso os resultados sejam divergentes daquilo que está previsto teoricamente, o estudante deverá refazer o experimento no sentido de corrigir o erro cometido.

Tendo em vista que os objetos de aprendizagem simulam graficamente um modelo matemático, não é possível considerar uma prática que explore exclusivamente esse tipo de recurso em uma experimentação comprobatória. No entanto, é possível utilizar objetos de aprendizagem para apoiar tais práticas. Um bom exemplo de experimentação comprobatória apoiada em objetos de aprendizagem é o “Projeto Eratóstenes”.

Segundo Santos et al (2012), o Projeto Eratóstenes nasceu nos Estados Unidos (EUA) em 2005 como uma das ações de comemoração do ano mundial da Física, e foi eleito um dos dez experimentos mais belos. Atualmente, o projeto é

realizado a partir da colaboração de escolas de vários países do mundo. No Brasil, colaboramos junto com os países da América Latina por meio de escolas e outras instituições de ensino. O projeto consiste em desafiar os estudantes a determinarem o diâmetro da Terra utilizando um *Gnomon* (que consiste numa haste fincada perpendicularmente no solo), uma régua e um *software* planetário. Inicialmente, para participar desse projeto, é necessário se cadastrar no site: <https://sites.google.com/site/projetoerato/>.

Após o cadastro é preciso definir as datas nas quais serão realizadas as medidas que permitirão aos estudantes, após o adequado tratamento matemático, determinar o diâmetro da Terra. Na sequência, é preciso procurar escolas parceiras para o intercâmbio de dados e medidas. Segundo Santos et al (2012, p. 11419), “os organizadores recomendaram que as escolas parceiras estivessem em paralelos cuja distância mínima fosse de 400 km, minimizando os erros envolvidos no cálculo do raio da Terra”. Verifica-se, assim, que os estudantes utilizam os objetos de aprendizagem, interagem por meio da internet com estudantes de outros países, realizam medidas, colaboram uns com os outros e protagonizam a experimentação.

No ensino superior, a pesquisa no campo da Física Teórica se apoia fortemente no desenvolvimento de simulações que favoreçam a visualização gráfica de modelos matemáticos. A pesquisa nesse campo busca evidências que comprovem a validade do modelo e, nesse sentido, se aproxima de uma experimentação virtual comprobatória. Por outro lado, a exploração dos experimentos virtuais precisa ser muito bem acompanhada e problematizada, para que a visualização da simulação não seja apreendida pelos sujeitos como uma reprodução do fenômeno, tal como se apresenta na natureza (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). A construção do experimento virtual se apoia em modelos que, apesar de nos auxiliarem na compreensão do mundo natural, não correspondem fielmente à realidade.

C) EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA

Nas práticas experimentais, para além das abordagens demonstrativa e comprobatória, é possível também considerar a experimentação investigativa. Segundo Lima e Teixeira (2011, p. 10), a abordagem experimental investigativa amplia “o sentido dos fenômenos e o significado das descrições científicas presentes nas discussões e atuação do ensino das ciências”. Para Carvalho et al (2013, p. 56), “ao realizar estas investigações, os estudantes desenvolvem uma melhor compreensão acerca da natureza e processos da ciência, bem como do modo como os cientistas trabalham”.

Lima e Teixeira (2014, p. 4533) compreendem que o experimento investigativo é “aquele que problematiza situações e considera possíveis respostas, sem roteiro pré-definido e rigoroso, e sem resultados pré-determinados na vivência de uma experimentação”. Ao invés de manipular os experimentos com vistas a observação de como o fenômeno pode ser modelado, ou mesmo de comprovar experimentalmente aquilo que afirma a teoria, dentro dessa abordagem os estudantes são desafiados a resolver um problema utilizando a experimentação.

Geralmente a solução desse problema é realizada colaborativamente. Grupos de estudantes colaboram uns com os outros sob a supervisão do professor, por isso os experimentos investigativos envolvem “obrigatoriamente, discussão de ideias, elaboração de hipóteses explicativas e experimentos para testá-las” (BASSOLI, 2014, p. 581). O estudante formula questões, planeja e implementa investigações para apresentar respostas ao problema proposto.

Dentro dessa abordagem é importante que o estudante

(...) tenha oportunidade de supor as causas explicativas do fenômeno, que seja desafiado a testar suas próprias hipóteses, que tenha o olhar atento e investigativo para propor resoluções diante do problema, que consiga fazer comparações, confrontar resultados, duvidar das informações (LIMBERGER; BRANDOLT; BERTOGLIO, 2016, p. 60).

Experimentos investigativos reconhecem a ciência como um produto humano que está em contínuo movimento de revisão. Nessa perspectiva, os saberes produzidos pela ciência podem ser refutados dando lugar a novos conhecimentos capazes de explicar melhor aquilo que anteriormente era incompreendido, pouco compreendido ou compreendido de forma equivocada.

Como exemplos de práticas com experimentos virtuais apoiados em objetos de aprendizagem, é possível apresentar as experiências descritas por Souza e Aguiar (2010) e Aguiar e Pereira (2012).

Na pesquisa em que Souza e Aguiar (2010) realizaram com estudantes de três escolas públicas de Niterói-RJ, os autores exploraram o *Google Earth* para a medição da velocidade das embarcações fotografadas e cujas imagens estavam disponíveis nesse *software*. Segundo esses autores, o desafio era medir a velocidade dos barcos que aparecem nas imagens captadas e “isso é possível porque o movimento dos barcos deixa para trás uma esteira de ondas que pode ser observada em detalhes nas fotografias acessadas pelo programa” (p. 1). O padrão de ondas é conhecido por ondas divergentes e as equações para o tratamento analítico do problema são de baixa complexidade.

Outro *software* que não foi desenvolvido para o ensino de Física e que vem sendo explorado para o desenvolvimento de atividades experimentais investigativas no contexto do ensino e da aprendizagem de conceitos físicos é o *Audacity*. Trata-se de um *software* livre, de conteúdo aberto e que disponibiliza o download gratuito. Aguiar e Pereira (2012) exploraram as potencialidades do *Audacity* para a medição de intervalos de tempo muito menores que um décimo de segundo, utilizando recursos de gravação e análise de som disponíveis em praticamente qualquer computador pessoal. Segundo esses autores:

Embora a precisão de cronômetros manuais chegue atualmente a milésimos de segundo, não é possível utilizá-los para medir acuradamente intervalos de tempo inferiores ao tempo de reação humano, que é da ordem de décimos de segundo. Esse problema geralmente é resolvido com auxílio de cronômetros eletrônicos acoplados a *photogates*. Entretanto, tais equipamentos são relativamente caros e estão fora do alcance da maioria das escolas brasileiras (AGUIAR; PEREIRA, 2012, p. 01).

No experimento desenvolvido por esses pesquisadores, foram captadas ondas sonoras emitidas no chute de uma bola e na sua colisão com a parede, com o auxílio de um microfone conectado a um computador posto a meia distância do ponto onde a bola foi chutada e onde ela colidiu com a parede. O som captado serviu para calcular a velocidade com que a bola foi chutada. Num segundo

experimento, os pesquisadores analisaram o tempo de queda livre de uma moeda colocada sobre uma tira de papel posicionada a partir de uma altura “h” em relação ao solo. Analogamente ao primeiro caso, o microfone foi colocado a meia distância da tira de papel e do solo. Ao romper o papel a moeda cai e o som é captado pelo microfone. Apesar dos erros inerentes aos experimentos, a análise do som a partir do *Audacity* permitiu medidas muito mais precisas do que as que geralmente são coletadas com outros aparatos experimentais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se a partir deste ensaio que os recursos virtuais disponíveis na atualidade apresentam ricas potencialidades para apoiar a experimentação em Física. Por meio desse tipo de experimento é possível desenvolver relevantes propostas demonstrativas, comprobatórias ou investigativas e favorecer múltiplas estratégias didáticas. Tais propostas podem contribuir tanto para o uso em contextos de ensino e aprendizagem presenciais quanto em contextos híbridos ou online. Do mesmo modo, é possível explorar esses recursos tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior, seja para o ensino ou para a pesquisa.

A experimentação demonstrativa, a experimentação comprobatória e a experimentação investigativa poderiam, a partir do trabalho em sala de aula e com a intervenção do professor, conduzir a reflexões no sentido do reconhecimento da ciência enquanto produto humano, portanto falível.

Há de se ponderar, porquanto, que a exploração dos experimentos virtuais precisa ser muito bem acompanhada e problematizada, para que a visualização da simulação não seja apreendida pelos sujeitos como uma reprodução do fenômeno, tal como se apresenta na natureza. Assim, a experimentação apoiada por objetos de aprendizagem abre múltiplas possibilidades para o trabalho pedagógico em Física; para a criação de mais e melhores práticas pedagógicas e, conseqüentemente, para novas formas de ensinar e aprender na contemporaneidade.

Experimentation in physics supported by learning objects

ABSTRACT

The objective of this study was to systematize experiments in physics based on learning objects. This is a qualitative essay, of a bibliographic nature, based on the assumptions of the systematic literature review. From this methodological reference it was possible to verify that the virtual resources available today have rich potential to support experimentation in Physics. Through experimentation in Physics based on learning objects, it is possible to develop relevant demonstrative, provatory or investigative proposals. Such proposals can contribute so much to the use in presential, hybrid or online teaching and learning contexts. Likewise, it is possible to explore these resources both in the context of Basic Education, and in Higher Education, either for teaching or for research. It is necessary to consider how the exploration of virtual experiments must be very well accompanied and problematized so that the visualization of the simulation is not perceived by the subjects as a reproduction of the phenomenon as presented in nature. Thus, experimentation supported by learning objects opens multiple possibilities for the pedagogical work in Physics; for the creation of more and better pedagogical practices and, consequently, for new ways of teaching and learning in the contemporary world.

KEYWORDS: Virtual experiments. Learning objects. Physics teaching.

NOTA

¹ O inventário considerou: a) as teses e dissertações defendidas no período de 2005 a 2015 e que são oriundas dos Programas de Pós-graduação (PPG) reconhecidos pela Capes nas áreas de Educação e Ensino (avaliação trienal de 2014); b) artigos publicados, no mesmo período, nos anais do Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC); e c) artigos publicados nesse período nas revistas acadêmicas cadastradas no WebQualis da Capes, avaliadas com estratos “A”, “B”, e “C” nas áreas de Educação e Ensino. A descrição metodológica deste levantamento específico está disponível em Silva e Mercado (2018).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. E.; PEREIRA, M. M. O computador como cronômetro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, 2012.

ALVES, L.; SOUZA, A. C. **Repositórios de objetos de aprendizagem**: possibilidades pedagógicas, 2005.

ARANTES, A. R. et al. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, 2010.

AZEVEDO, H. L. et al. O uso do experimento no ensino da Física: tendências a partir do levantamento dos artigos em periódicos da área no Brasil. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, v. 7, 2009. **Anais [...]**. Florianópolis-SC, 2009. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/1067.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2019.

BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.

BEVILAQUA, D. V. et al. Elusões virtuais: sobre o uso de objetos de aprendizagem para a exploração de ilusões de ótica em um museu. ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, v. 12, 2010. **Anais [...]**. Águas de Lindóia-SP, 2010. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xii/sys/resumos/T0140-1.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2019.

CAMPOS, F. C. et al. O desenvolvimento e análise de um jogo virtual para o ensino de Física através de conceitos de astronomia: contribuições da teoria da aprendizagem significativa. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA, V. 11., 2014, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 2014.

CARVALHO, P. S. et al. **Ensino experimental das ciências**: um guia para professores do ensino secundário de Física e Química. 2. ed. Porto: Universidade do Porto, 2013.

CHASSOT, Á. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89-100, jan./abr. 2003.

ESCANHOELA, F. M.; STUDART, N. O que os professores pensam sobre o Pion, o portal SBF de ensino e divulgação da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1 (Especial), p. 390-419, set. 2012.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. et al Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 30, nov. 2008.

FUIJII, N. P.; SILVEIRA, I. F. Objetos de aprendizagem adaptativos baseados em nível de aquisição de conhecimento: uma proposta para o ensino de estatística. In: ARAUJO JÚNIOR, C. F.; SILVEIRA, I. F. (Org.). **Tecnologia da informação e educação: pesquisas e aplicações**. São Paulo: Andross, 2006. p. 209-222.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GELIZ, F. R. et al Objeto virtual de aprendizaje para la enseñanza de la química del carbono soportado en dispositivos móviles y realidad aumentada. In: ENCUENTRO INTERNACIONAL VIRTUAL EDUCA, 14., 2013, Medellín. **Anais [...]**. Medellín, 2013.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, nov. 1999.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 44, p. 75-92, abr./jun. 2012.

LAGRESCA, M. C. et al Estudo do lançamento vertical: uma proposta de ensino por meio de um objeto de aprendizagem. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1 (Especial), p. 543-561, out. 2012.

LIMBERGER, K. M., BRANDOLT, T. D. D., BERTOGLIO, D. S. As funções da experimentação no ensino de ciências e matemática. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 6, n. 2. Jul./Dez. p. 54-64, 2016.

LIMA, K. E.; TEIXEIRA, F. M. A epistemologia e a história do conceito de experimento/experimentação e seu uso em artigos científicos sobre ensino das ciências. In: ENCONTRO NACIONAL E PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, v.8, 2011, Campinas. **Anais [...]**. Campinas, 2011.

LIMA, K. E.; TEIXEIRA, F. M. Sentido e entendimentos sobre experimento e experimentação para o ensino das ciências. **Revista da SEnBIO**, n. 7, p. 4540-4551, out. 2014.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MERCADO, L. P. et al Objetos virtuais de aprendizagem na formação de professores do ensino médio. **Revista Iberoamericana de Informática Educativa**, n. 9, p. 35-49, ene./jun. 2009.

MERCADO, L. P. (org.). **Explorando objetos virtuais de aprendizagem na área de Física, Química, Biologia e Matemática com professores do ensino médio**. Maceió: Edufal, 2008.

MIRANDA, M. S. et al Objetos de aprendizagem no ensino de Física: usando simulações do Phet. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, v. 19, 2011. **Anais [...]**. SNEF, Manaus, 2011. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0137-1.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2019.

NASCIMENTO, A. C. Aprendizagem por meio de repositórios digitais e virtuais. LITTO, F.; FORMIGA, M. (orgs.). **Educação a distância: o estado da arte**. Porto Alegre: Person Education do Brasil, 2009.

NUNES, E. T. et al Levantamento dos temas TIC e EAD nos periódicos qualis. **Informática na Educação: teoria e prática**, v. 20, n. 2, 2016.

PESSANHA, M. C. et al Desenvolvimento de uma ferramenta par o ensino de física experimental a distância. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 4, 2010.

PRATA, C. L.; NASCIMENTO; A. C. **Objetos de aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico**. Brasília: MEC/SEED, 2007.

RAMOS, A. et al Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação. **Revista Diálogo Educacional**, v. 14, n. 41, p. 17–36, 2014

RIBEIRO JUNIOR, L. A. et al Simulação de experimentos históricos no ensino de física: uma abordagem computacional das dimensões históricas e empírica da ciência na sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 2012.

ROCHA, E.; OLIVEIRA, R. Objetos de aprendizagem e ensino de ciências: um estímulo à curiosidade. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS TIC NA EDUCAÇÃO, 2014, Lisboa. **Anais [...]**. Lisboa: Instituto da Educação da Universidade de Lisboa, 2014. p. 272-477.

SANTOS, A. J. et al O Projeto Eratóstenes: a reprodução de um experimento histórico como recurso para a inserção de conceitos da Astronomia no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 1137-1174, 2012.

SILVA, C. F.; et. al. Atividade virtual de Física em escolas de Rondônia. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 14, 2012, Maresias. **Anais [...]**. Maresias, 2012.

SILVA, I.; MERCADO, L. P. Levantamento de dados acerca do tema “Experimentação Mediada por Interfaces Digitais” (2005 – 2015). **Revista Paidéi@**. v. 10, n. 17, jan. 2018.

SILVEIRA, I. F. et al Granularidade e reuso de objetos de aprendizagem. *In*: ARAUJO JÚNIOR, C. F. (orgs.). **Tecnologia da informação e educação: pesquisas e aplicações**. São Paulo: Andross, 2006. p. 65-83.

SILVA, I. P.; SILVA, A. T. O tema “experimentos virtuais” nos anais dos eventos brasileiros de ensino de física (2005–2014). **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 8, n. 1, p. 137-154, 2017.

SIQUEIRA, L. M.; TORRES, P. L. O ensino híbrido da eletricidade utilizando objetos de aprendizagem na engenharia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 27, n. 2, p. 334-354, ago. 2010.

SOUZA, A. R.; AGUIAR, C. E. Ondas, barcos e o Google Earth. *In*: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 12, 2010, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia, 2010.

SOUZA, C. R. et al Objetos de aprendizagem e o processo de ensino-aprendizagem: análise de controvérsias no ensino de Física. *In*: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 14, 2012, Maresias. **Anais [...]**. Maresias, 2012.

SOUZA, A. R. et al Desenvolvimento de habilidades em tecnologia da informação e comunicação (TIC) por meio de objetos de aprendizagem. *In*. PRATA, C. L.; NASCIMENTO; A. C. **Objetos de aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico**. Brasília: MEC/SEED, 2007. p. 39-48.

WILEY, D. A. **Learning object design and sequencing theory**. Tese (Doutorado. Doctor of Philosophy) - Brigham Young University, 2000.

Recebido: 27 dez. 2018

Aprovado: 28 jun. 2019

DOI: 10.3895/actio.v4n2.9265

Como citar:

SILVA, V. P. da; MERCADO, L. P. M. Experimentação em física apoiada por objetos de aprendizagem.

ACTIO, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 71-86, mai./ago. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>.

Acesso em: XXX

Correspondência:

Ivanderson Pereira da Silva

Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca.

Rodovia AL-115 - Bom Sucesso

57309005 - Arapiraca, AL - Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

