

## LABORATÓRIOS DE ENSINO DE FÍSICA MEDIADOS POR INTERFACES DIGITAIS

### *LABORATORIES OF PHYSICS EDUCATION MEDIATED BY DIGITAL INTERFACES*

### *LABORATORIOS DE ENSEÑANZA DE FÍSICA MEDIADOS POR INTERFACES DIGITALES*

Ivanderon Pereira da SILVA<sup>1</sup>  
Luis Paulo Leopoldo MERCADO<sup>2</sup>

**RESUMO:** Esta investigação teve por principal objetivo analisar, a partir de uma revisão sistemática de literatura, pesquisas com foco no uso de laboratórios de ensino de Física mediados por interfaces digitais. Baseou-se num inventário de estudos publicados entre 2005 e 2015 que considerou: teses e dissertações defendidas, oriundas dos Programas de Pós-graduação em Educação e em Ensino, reconhecidos pela Capes; artigos publicados nos anais do Simpósio Nacional de Ensino de Física, Encontro de Pesquisa em Ensino de Física e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências; e artigos publicados em revistas qualis com foco no ensino de Ciências/Física avaliadas nas áreas de Educação e Ensino. Constatou-se que tais laboratórios podem favorecer experiências de ensino e pesquisa que transcendem as impossibilidades do espaço-tempo dos laboratórios tradicionais.

**Palavras-chave:** Laboratórios Virtuais. Laboratórios Remotos. Ensino de Física.

**ABSTRACT:** *This research analyzed, from a systematic review of literature, researches focusing on the use of laboratories of Physics teaching mediated by digital interfaces. It was based on an inventory of studies published between 2005 and 2015 that considered: theses and dissertations defended, coming from the Graduate Programs in Education and Teaching, recognized by Capes; articles published in the annals of the National Symposium of Physics Teaching, Research Meeting in Physics Teaching and National Meeting of Research in Science Education; and articles published in journals qualis with focus in the teaching of Sciences / Physics evaluated in the areas of Education and Teaching. It was found that such laboratories can favor teaching and research experiences that transcend the impossibilities of space-time in traditional laboratories.*

**Keywords:** *Virtual Laboratories. Remote Laboratories. Physics Teaching.*

**RESUMEN:** *Esta investigación analizó, a partir de una revisión sistemática de literatura, investigaciones con foco en el uso de laboratorios de enseñanza de Física mediados por interfaces digitales. Se basó en un inventario de estudios publicados entre 2005 y 2015 que consideró: tesis y disertaciones defendidas, oriundas de los Programas de Postgrado en Educación y en Enseñanza, reconocidos por la Capes; los artículos publicados en los anales del Simposio Nacional de Enseñanza de Física, Encuentro de Investigación en Enseñanza de Física y Encuentro Nacional de*

<sup>1</sup> Doutor em Educação, Mestre em Educação, Licenciado em Física. Professor da Universidade Federal de Alagoas – *Campus* Arapiraca, Arapiraca-AL, Brasil. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9565-8785>. E-mail: [ivanderson@gmail.com](mailto:ivanderson@gmail.com).

<sup>2</sup> Doutor em Educação, Mestre em Educação, Licenciado em Ciências Biológicas. Professor do Centro de Educação da Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL, Brasil. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8491-6152>. E-mail: [luispaulomercado@gmail.com](mailto:luispaulomercado@gmail.com).

*Investigación en Educación en Ciencias; y artículos publicados en revistas cuales con foco en la enseñanza de Ciencias / Física evaluadas en las áreas de Educación y Enseñanza. Se constató que tales laboratorios pueden favorecer experiencias de enseñanza e investigación que trascienden las imposibilidades del espacio-tiempo de los laboratorios tradicionales.*

**Palabras clave:** Laboratorios Virtuales. Laboratorios Remotos. Enseñanza de Física.

## Introdução

O termo laboratório se origina do latim e resulta da junção dos termos *laborare* (trabalhar) e *orium* (local onde se realiza a ação). Pode ser entendido como o espaço no qual “os experimentos são realizados diversas vezes de forma controlada, permitindo ao cientista observar o comportamento do sistema e a descrição física mais adequada para explicar o fenômeno estudado” (SIMÕES JUNIOR et al., 2011, p. 1).

O que se verifica na contemporaneidade é uma relação cada vez mais íntima entre os laboratórios e as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). Dentre os frutos dessa relação, emerge uma variedade de categorias de lugares e não-lugares voltados para a experimentação em Física mediados por interfaces digitais (JIMÉNEZ-CASTILLO et al., 2014; CALVO et al., 2008)

Segundo Forte et al. (2008), os laboratórios mediados por interfaces digitais podem ser distinguidos entre si, sobretudo, de duas formas: a) pelo tipo de tecnologia empregada; ou b) pelos aspectos de colaboração. Quando à tecnologia empregada, tais laboratórios podem ser subclassificados em: i) laboratórios multimídia; ii) laboratórios em realidade virtual e; iii) laboratórios em realidade aumentada. Quanto aos aspectos de colaboração, eles podem ser subclassificados em: i) ambientes de colaboração local e; ii) ambientes de colaboração remota

Esta investigação teve o objetivo central de analisar, a partir de uma revisão sistemática de literatura, pesquisas com foco no uso de laboratórios de ensino de Física mediados por interfaces digitais. Para isso, tomamos como *corpus* de análise, o levantamento empreendido por Silva e Mercado (2018), que teve por foco a experimentação em Física mediada pelas interfaces digitais. Esse inventário considerou as teses e dissertações defendidas no período de 2005 a 2015 oriundas dos Programas de Pós-graduação (PPG) reconhecidos pela Capes nas áreas de Educação e Ensino (avaliação trienal de 2014); além disso, considerou 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); bem como os artigos publicados nesse mesmo período nas revistas acadêmicas cadastradas no WebQualis da Capes, avaliadas com estratos “A”, “B”, e “C” nas áreas de Educação e Ensino com foco na experimentação em Física mediada por interfaces digitais. Como resultados, Silva e Mercado (2018) levantaram 89 dissertações, 11 teses, 194 artigos de anais dos eventos e 109 artigos de revistas<sup>3</sup>.

Segundo Ramos et al. (2014), a revisão sistemática de literatura analisa de forma sistemática estudos com foco num determinado tema. Comumente se baseia num levantamento de pesquisas realizadas a partir diferentes contextos e sujeitos e desta forma, busca aprimorar a compreensão sobre a questão enfocada. Nesse sentido, ao tomar por base a categorização proposta por Forte et al (2008), dispomos os resultados da seguinte forma: num primeiro momento foram descritos e explorados os laboratórios multimídia. Dentre os múltiplos tipos de laboratórios multimídia, enfocamos aqueles se estruturam no uso de videograções, fotografias, ou que empregam recursos de realidade virtual e ou realidade aumentada. Em seguida foram discutidos os laboratórios remotos, suas características e potencialidades. Por fim, foram apresentadas considerações acerca das possibilidades didáticas que o cenário atual dos laboratórios mediados por interfaces digitais coloca para ensino de Física.

### **Laboratórios mediados por interfaces digitais classificados quanto à tecnologia empregada**

Para Faundez et al. (2014, p. 34), os laboratórios mediados por interfaces digitais “oferecem novos contextos para o ensino e aprendizagem, livres das restrições impostas pelo tempo e espaço no ensino presencial e capazes de assegurar a comunicação contínua (virtual) entre alunos e professores”<sup>4</sup>. Diante de tais possibilidades, nesta seção, enfocaremos três subcategorias de laboratórios mediados por interfaces digitais: a) laboratórios virtuais multimídia; b) laboratórios em realidade virtual; e c) laboratórios em realidade aumentada.

### **Laboratórios virtuais multimídia**

<sup>3</sup> A distribuição de frequência e a categorização desse material pode ser verificada a partir da obra de Silva e Mercado (2018).

<sup>4</sup> Texto original: Para Faundez et al. (2014, p. 34), os laboratorios mediados por interfaces digitais “[...] ofrecen nuevos contextos para la enseñanza y el aprendizaje libres de las restricciones que imponen el tiempo y el espacio en la enseñanza presencial y capaces de asegurar una continua comunicación (virtual) entre alumnos y docentes”.

Os Laboratórios Virtuais Multimídia (LVM) têm como características marcantes a disponibilização de produtos nos formatos “de sons, textos, imagens, vídeos, animações e simulações” (GUAITA; GONÇALVES, 2014, p. 1465). Esses laboratórios podem ser distribuídos em interfaces digitais ou por meio de suportes como CD-ROM ou *pendrive*.

Para Fonseca et al. (2013, p. 2), tais laboratórios podem ser pensados “de duas maneiras diferentes, por um lado simulações, que recriam situações físicas idealizadas [...] e, por outro, os experimentos filmados, que usam situações físicas reais filmadas”. Nesse sentido, os LVM agregam não só experimentos virtuais, mas todos os conteúdos multimídia que apresentam potencialidades para o trabalho experimental. Como sugestões de laboratórios de Física mediados por interfaces digitais baseados em simulações (no caso de conteúdos em Flash) ou *applets* (no caso de conteúdos em Java), disponibilizamos uma lista destes a partir do seguinte endereço eletrônico <https://goo.gl/wy22gm>.

Além das simulações e *applets*, a literatura traz relatos de experiências de construção de laboratórios de ensino de Física mediados por interfaces digitais com uma série de softwares a exemplo do *Stellarium* (<http://www.stellarium.org/pt/>) (LONGHINI; MENEZES, 2010) e *Google Earth* (<https://earth.google.com/>) (SOUZA; AGUIAR, 2010). Para além dos experimentos multimidiáticos baseados em modelos computacionais, como é o caso das simulações, *applets* e softwares, é possível destacar LVM baseados na captação da realidade natural por meio de videograções ou fotografias. Trata-se de uma possibilidade real uma vez que os sujeitos têm acessado suportes tecnológicos que, por meio da convergência de mídias, os permitem registrar fenômenos naturais. É o caso, por exemplo, dos *smartphones*, que permitem a captação de imagens (dinâmicas ou estáticas) de fenômenos naturais “que podem ser utilizadas em atividades experimentais significativas para o ensino de Física” (BEZERRA JUNIOR, et. al., 2012, p. 471).

Segundo Moran (1995, p. 28) apud Ferreira (2014, p. 744), diferente das simulações, a videogravação “parte do concreto, do visível, do imediato”. Como exemplo da aplicação desse tipo de recurso na experimentação em Física, é possível apontar a vivência de Pereira e Barros (2010) que desenvolveram em 2008 um projeto de produção de vídeos em três turmas de Ensino Médio de uma escola do Rio de Janeiro acerca de experimentos de Física. Segundo esses autores, “o projeto consistiu na

produção de vídeos de curta duração de experimentos simples como atividade final das aulas de laboratório de Física”. De modo análogo a tal metodologia, Pereira et al. (2011) e Silva e Mercado (2013) realizaram experiências de produção de vídeos de curta duração com experimentos de Física no ensino médio.

O trabalho com vídeos, também pode ser realizado para dar suporte às práticas experimentais demonstrativas. O *Youtube* (<http://www.youtube.com>) possui variados canais destinados a divulgação de experimentos em vídeo. O canal intitulado “Manual do Mundo” (<https://www.youtube.com/user/iberethenorio>) disponibiliza vídeos profissionais com experimentos diversos nas áreas das Ciências da Natureza que podem ser utilizados como material didático para suporte às práticas pedagógicas. Outros canais desse gênero que podem ser citados são “Mago da Física” (<https://www.youtube.com/user/amadeu1000>) e “Fq Experimentos” (<https://www.youtube.com/user/fqmanuel>).

O trabalho experimental em Física com o uso de vídeos pode ser explorado para além das atividades de produção ou de recepção de conteúdos audiovisuais apontadas anteriormente. Como exemplo dessas outras possibilidades didáticas é possível apontar o projeto *FisFoto* desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP). Fonseca et al. (2013) apresentam os resultados desse projeto que consistiu na virtualização de experimentos de mecânica a partir de quadros capturados em vídeo. Na interface desse projeto (<http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/>) estão disponibilizados experimentos na área de Mecânica que foram criados a partir de vídeogravações.

Dentro de uma proposta semelhante, Pérez et al. (2005) apresentaram o laboratório baseado em vídeos desenvolvido no *Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México* (UNAM). Segundo esses autores, tal laboratório "consiste em uma série de experimentos filmados em vídeo, que foram incorporados a uma ferramenta de software que permite que o vídeo seja movido quadro a quadro e seja capaz de fazer medições em pixels em x e y" (idem, p. 1)<sup>5</sup>. Outro exemplo desse tipo de laboratório é o *PracVirt* que foi apresentado por Vitela et al. (2006, p. 2-3). Nesse laboratório, “o vídeo apresenta um experimento realizado em uma cuba de ondas ou em um banco óptico e a ferramenta permite a

<sup>5</sup> Texto original: “consiste en una serie de experimentos filmados en video, los cuales se incorporaron a una herramienta de software que permite que el video sea desplazado cuadro por cuadro y poder realizar mediciones en pixeles tanto en x como en y” (PÉREZ et al., 2005, p. 1).

manipulação temporal a sua medição”<sup>6</sup> das grandezas envolvidas nos fenômenos observados. Os arranjos experimentais disponíveis nesse laboratório favorecem a exploração de fenômenos como “interferência de duas frentes, frente esférica, frente plana, princípio de Huygens, reflexão em um espelho plano, reflexão em um espelho côncavo, reflexão em um espelho convexo, refração e difração com uma e duas fendas”<sup>7</sup> (idem). A partir desse ambiente, o sujeito pode observar mudanças nos padrões das frentes de onda, realizar medidas que dificilmente poderiam ser executadas fora de laboratórios sofisticados.

Outra tendência no uso de vídeos no contexto da experimentação em Física são as videoanálises. Segundo Bezerra Junior et al. (2012, p. 472), “muitos experimentos fundamentais de mecânica envolvem a medição da posição de um móvel em função do tempo. Isso é geralmente feito com o uso de sistemas tipo *fotogate*”. Nesse sentido, a videoanálise se constitui numa alternativa mais barata e mais eficiente que a experimentação convencional em cinemática com *fotogates*. Barbeta e Yamamoto (2002) *apud* Bezerra Junior et al. (2012), já realizavam videoanálises com fitas de vídeo no formato *Vídeo Home Sistem* (VHS). Sismanoglu et al. (2009) utilizaram o software *Virtual Dub* para a videoanálise do experimento de queda livre de uma corrente de elos. Autores como Heidemann et al. (2012); Figueira (2011); Bezerra Junior et al. (2013); Bezerra Junior et al. (2012); Pereira et al. (2012); Jesus e Sasaki (2015) e Oliveira et al. (2011), exploraram a experimentação em Física por meio da videoanálise a partir do uso do software *Tracker* (<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>). O uso desse software na experimentação em Física tem sido uma tendência em razão das suas potencialidades didáticas. Segundo Bezerra Junior et al. (2013, p. 2), “o software fornece automaticamente os valores de distância a partir de um padrão definido pelo usuário [...], também identifica automaticamente a quantidade de quadros por segundo empregadas pela câmera digital usada”. Além disso, os dados de posição e tempo são apresentados numa tela que possibilita sua análise e manipulação.

Jesus e Sasaki (2015) apontam que a exploração didática de experimentos de Física, por meio do uso do software *Tracker*, permite o trabalho com um número muito mais significativo de dados e, por conseguinte, uma análise muito mais acurada. Dentre

<sup>6</sup> Texto original: “*se presenta el video de un experimento realizado en una cuba de ondas o en un banco óptico y la herramienta permite la manipulación temporal del mismo y su medición*” (VITELA et al., 2006, p. 2-3).

<sup>7</sup> Texto original: “*interferencia de dos frentes, frente esférico, frente plano, principio de Huygens, reflexión en espejo plano, reflexión en espejo cóncavo, reflexión en espejo convexo, refracción y difracción con una y dos rendijas*” (idem).

as limitações do *Tracker* é possível apontar que “para uma câmera com resolução de 20 quadros por segundo, quando as velocidades são grandes [...] as imagens podem ficar borradas [...] Nestes casos, o uso de sistemas baseados em *fotogates* pode apresentar melhor resolução e ser mais conveniente” (BEZERRA JUNIOR et al., 2012, p. 472). Como exemplo da aplicação desse software, temos a experiência de Oliveira et al. (2011, p. 3) que exploraram o *Tracker* e destacaram que seu uso apresenta grandes contribuições para experimentos “envolvendo Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) (com e sem o trilho de ar), queda livre, máquina de Atwood, conservação do momento linear e movimento parabólico”. Figueira (2011), também aponta o *Tracker* como um valioso recurso para a análise do Movimento Browniano.

Numa perspectiva semelhante à da experimentação por meio da videoanálise, é possível apresentar a experimentação por meio da análise de fotografias. Catelli et al. (2010, p. 3), desenvolveram uma estratégia experimental com o apoio de uma câmera digital: “um estudante, sentado ao lado do motorista e munido de uma câmera fotográfica regulada no modo ‘burst’ [...] obtém múltiplas fotos do velocímetro de um carro enquanto este se move”. Ao registrar as imagens do velocímetro, que marca da velocidade instantânea do automóvel e os intervalos de tempo entre uma fotografia e outra, é possível determinar uma série de dados sobre o movimento. Os dados coletados por meio das imagens permitem aos sujeitos construir gráficos da velocidade em função do tempo e estimar outras grandezas tais como o espaço percorrido e a aceleração. As imagens também permitem ao professor problematizar situações junto aos seus alunos, uma vez que se trata da imagem de um velocímetro real. Coverloni et al. (2009, p. 1) exploraram a câmera fotográfica digital no modo *multi-burster* (fotos tiradas em sequência) para “analisar o movimento de queda livre e com os dados obtidos foi calculada a aceleração da gravidade local”. Esse experimento possibilitou a apreensão da cinemática do MRUV bem como a matemática associada a ele.

Outra possibilidade de uso de imagens captadas por câmeras digitais para a experimentação em Física está associada à análise de imagens de céu profundo. Na astronomia amadora é muito comum a prática da captação de imagens com câmeras fotográficas analógicas e câmeras digitais. Se o sujeito apontar uma câmera para as estrelas no céu noturno, seja na cidade ou no interior, e apertar o botão disparador da câmera, ao verificar a imagem, perceberá que o estrelado céu observado a olho nu pouco se assemelha ao céu opaco captado pela câmera fotográfica. Para a realização de

imagens de céu profundo é necessário que o obturador dessas câmeras fique aberto durante um intervalo de tempo maior do que aquele que é necessário para captar uma imagem comum. É importante lembrar que o movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo, faz com que um referencial fixo na sua superfície veja o céu girar. Uma vez que a câmera está fixa na superfície da Terra, a imagem captada por ela registrará esse movimento de rotação, por meio de um traço. Para corrigir o traço, no caso de imagens cujo tempo de exposição é mais longo, a alternativa é adquirir um tripé robótico que seja programado para acompanhar o movimento de rotação da Terra. Tais imagens permitem a análise de curvas de magnitude do brilho de estrelas variáveis, o movimento de planetas no céu e medidas astronômicas diversas.

Além das imagens de céu profundo, com o uso de câmeras de *smarthphones*, *notebooks* ou *tablets*, é possível realizar macrofotografias. Tal experiência foi realizada por Vieira e Lara (2013), quando puseram uma gota d'água em cima da lente objetiva de um *tablet*. A gota d'água funcionou como uma espécie de lente de aumento permitindo a realização de imagens ampliadas de objetos. Segundo esses autores, algumas aplicações desse tipo de arranjos são os seguintes: estudo das noções de ordem de grandeza, medição a espessura de um fio de cabelo, de um grão de açúcar, de um grão de areia e estudo de lentes.

Os LVM são certamente os laboratórios mediados por interfaces digitais mais difundidos no contexto das práticas pedagógicas de Ciências da Natureza, sejam elas na Educação Básica ou no Ensino Superior. Além desses, uma segunda categoria desse tipo de laboratório que tem sido explorada no ensino de Física são os Laboratórios em Realidade Virtual (LRV). Acerca desses, discutiremos a seguir.

### **Laboratórios em realidade virtual**

A visita à apresentação no domo de um planetário é uma experiência que dificilmente é esquecida por aqueles que a vivenciaram. A imersão proporcionada pelas projeções realizadas num planetário permite aos sujeitos a sensação de estarem viajando pelo espaço sideral. Esse tipo de experiência imersiva só é possível a partir de recursos de realidade virtual. Segundo Ávila et al. (2013, p. 3) “exemplos desta imersão podem ser encontrados em jogos eletrônicos como *Nintendo Wii*, *Xbox* e *PlayStation*, nos quais usuários interagem com o ambiente através de diferentes dispositivos capazes de capturar seus movimentos e reproduzi-los no mundo virtual”.



A aprendizagem baseada em LRV está centrada no conceito de *Immersive Learning* ou *i-Learning*. Para Merino et al. (2015, p. 3), o LRV são “espaços gerados por computador que simulam cenários reais, cuja interatividade se dá através do teclado e do mouse do computador”<sup>8</sup>. Em alguns casos, quando os LRV são mais complexos, talvez sua manipulação exija o uso de “luvas específicas para realidade virtual, óculos eletrônicos ou pequenos monitores de vídeo para interação, produzindo assim o ‘efeito de imersão’”<sup>9</sup> (idem). Para Schlemmer (2014, p. 2131) “o *i-Learning* consiste numa modalidade educacional, cujos processos de ensino e de aprendizagem ocorrem em ambientes gráficos em 3D, [...] nos quais, os aprendentes participam de forma imersiva”. Nessa perspectiva, os ambientes de realidade virtual, ou mundos virtuais, se caracterizam como uma “representação do mundo real. São exemplos de mundos virtuais: *OpenSim*, *Second Life*, *Kaneva*, *Blue Mars*, dentre outros” (GREIS et al., 2011, p. 52).

Como exemplo do uso pedagógico dos LRV, temos a experiência de Schlemmer (2014) com o desenvolvimento de um laboratório virtual 3D de Anatomia Humana no metaverso *Second Life* (<http://secondlife.com/>). Por meio do *Second Life* é possível construir hidrelétricas, caldeiras, prédios residenciais, geleiras polares, ou mesmo situações que dificilmente poderiam ser experimentadas fora desse contexto, como por exemplo, a visualização do movimento browniano explorado por Figueira (2011).

Ainda no contexto do uso pedagógico do *Second Life*, é possível citar o experimento proposto por Greis et al. (2011) que analisou a quantidade de movimento num sistema a partir do fenômeno da colisão de dois corpos. Na descrição do experimento, os autores afirmam que “o aluno pode alterar as variáveis disponíveis através do painel central, acionar o simulador e observar a cena de vários ângulos. Também é possível trabalhar de forma colaborativa, possibilitando que até dois alunos participem em cada um dos carros” (idem, p. 56). Trata-se da colisão entre dois automóveis pilotados por avatares que podem corresponder no mundo real às pessoas que se conhecem pessoalmente, que estão juntas num mesmo espaço físico, ou não. Participam da experiência também outros avatares que observam a colisão. Nesse ambiente é possível repetir a colisão indefinidamente. As medidas das velocidades podem ser acompanhadas a partir do velocímetro digital instalado no painel dos carros

<sup>8</sup> Texto original: “*espacios generados por computador que simulan escenarios reales, cuya interactividad se da a través del teclado y mouse del computador*” (MERINO et al., 2015, p. 3)

<sup>9</sup> Texto original: “*guantes de datos, gafas electrónicas o pequeños monitores de vídeo para la interacción produciéndose de esta manera el ‘efecto inmersión’*” (idem).

que os avatares dirigem. A massa do veículo também pode ser selecionada nos painéis dos carros. Dada a característica 3D do ambiente, a colisão poderá ser observada a partir de diversos ângulos e com isso relacionar o fenômeno com sua característica vetorial.

Outro exemplo de LRV é o Laboratório para Simulação de Experimentos Físicos (LabSEF) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Segundo Falcão e Machado (2010) esse laboratório faz uso da estereoscopia, uma técnica que possibilita a visualização tridimensional de uma cena gerada por computador que proporciona ao usuário um maior grau de imersão, dando-lhe a sensação de profundidade a partir da utilização de óculos 3D. Os sujeitos podem interagir com experimentos sobre MRU, MRUV (queda livre) e lançamentos oblíquos. Além desse, é possível citar ainda o Laboratório “Hidrolândia” explorado por Guillermo et al. (2013) que contém três experimentos de mecânica dos fluidos e foi desenvolvido num ambiente virtual pseudoimersivo inspirado no laboratório real em hidráulica do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Além dos LVM e dos LRV, de acordo com a classificação proposta por Forte et al. (2008), é possível afirmar que, quanto à tecnologia empregada, os laboratórios mediados por interfaces digitais se classificam ainda em Laboratórios de Realidade Aumentada (LRA). Acerca dessa terceira subcategoria discutiremos a seguir.

### **Laboratórios em Realidade Aumentada**

Enquanto nos LRV são os humanos que entram no mundo virtual, nos LRA são os objetos virtuais que entram no mundo dos humanos. Segundo Dias et al. (2014, p. 3473) os LRA, “caracterizam-se por adicionar elementos virtuais ao mundo real”. Para Geliz et al (2013 p. 1), a realidade aumentada, “é um meio interativo que adiciona objetos virtuais à realidade do usuário, através de uma câmera [que capta a imagem do real, o programa adiciona os objetos virtuais a essa imagem, e o resultado dessa composição] é observado através da tela do computador”<sup>10</sup>. Dentro desta perspectiva, ao observarem a imagem de uma paisagem real captada por uma câmera digital, os sujeitos podem visualizar objetos (estáticos ou dinâmicos) que não existem fisicamente na paisagem, mas que foram adicionados a ela digitalmente pela via da tecnologia da realidade aumentada.

<sup>10</sup> Texto original: “*es un medio interactivo que añade objetos virtuales a la realidad del usuario, a través de una cámara y observado por medio de la pantalla de la computadora*” (GELIZ et al, 2013 p. 1).

Para Pastorino et al. (2008, p. 39), “a aplicação de características físicas a objetos virtuais incorporados no mundo real através da técnica de realidade aumentada permite uma interação maior entre os objetos reais e virtuais e o aumento do potencial de simulação de efeitos físicos”. Guaita e Gonçalves (2014, p. 1468) citam como possibilidade de criação de LRA, a “adaptação do uso controlador *wiiremote* (controle do videogame Nintendo Wii) como um dispositivo para interações em ambientes tridimensionais aplicado a um laboratório virtual de Física envolvendo conceitos de mecânica clássica”.

Pastorino et al. (2008, 40), criaram dois experimentos em realidade aumentada: “num primeiro momento, a ideia mais atraente para tal situação foi a criação de um jogo envolvendo uma raquete (real) e uma bolinha de tênis de mesa (virtual), simulando-se assim um jogo de pingue-pongue”. Na sequência, inspirados no filme *Star Wars*, “criaram um ‘protótipo de sabres de luz’ em realidade aumentada” (idem). O que se constata na revisão sistemática de literatura dos estudos que enfocaram o uso de laboratórios mediados por interfaces digitais é que, dentre as categorias propostas por Forte et al (2008), quanto à tecnologia aplicada, os estudos das potencialidades da realidade aumentada na experimentação em Física ainda são muito escassos. Esse é certamente um campo significativamente carente de mais e melhores experiências e investigações. A seguir, discutiremos os laboratórios mediados por interfaces digitais, classificados por Fortes et al. (2008), quanto aos seus aspectos de colaboração.

### **Laboratórios mediados por interfaces digitais classificados quanto aos aspectos de colaboração**

A classificação proposta por Forte et al. (2008) para os ambientes de experimentação, de acordo com seus aspectos de colaboração, envolvem tanto os laboratórios virtuais quanto os laboratórios convencionais. Esses autores os classificam em: a) ambientes de colaboração local (ACL) e; b) ambientes de colaboração remota (ACR). No entanto, não detalharemos aqui os laboratórios mediados por interfaces digitais na perspectiva específica da colaboração local tendo em vista que a discussão anterior sobre as potencialidades didáticas dos laboratórios de acordo com as tecnologias neles empregadas, já contém em si as possibilidades para o trabalho colaborativo seja ele no uso dos LVM, LRV ou LRA. Esses laboratórios podem ser explorados com vistas às demonstrações de fenômenos físicos, comprovações de

princípios ou leis da Física, ou mesmo para práticas de experimentação investigativa. Quando os sujeitos estão reunidos num mesmo espaço-tempo, as experiências de colaboração em muito se assemelham às práticas herdadas dos laboratórios tradicionais.

No entanto, consideramos que, tendo em vista que o termo “remoto” deriva do latim “*remotu*” que denota algo muito distante ou longínquo, é possível considerar que as práticas de colaboração que podem ser desenvolvidas nos ACR podem apontar cenários inovadores para as práticas de experimentação em Física.

Os ACR favorecem aos sujeitos distribuídos geograficamente, e/ou temporalmente, colaborarem em torno de um experimento convencional, cujo aparato esteja montado num lugar distinto e distante do qual está ou estão o(a)(s) experimentador(es)(as). Nesse sentido, destacaremos a seguir algumas experiências com o uso de ACR em práticas de ensino de Física.

### **Ambientes de colaboração remota ou laboratórios remotos**

Para Guaita e Gonçalves (2014, p. 1469) os laboratórios remotos “podem ser definidos como um laboratório que dispõe de uma estrutura física real, mas que, por meio de computadores ligados à internet, possibilitam o acesso remoto à distância destes equipamentos”. Segundo Bottentuit Junior (2007, p. 18), o estudo apoiado em laboratórios remotos se iniciou nas áreas das engenharias a partir da automação de experimentos, mas “devido à necessidade de acesso aos equipamentos de forma remota, as experiências começaram a ser adaptadas para acesso virtual, inclusive com a utilização de robôs na manipulação de aparelhos”.

Para Cardoso e Takahashi (2011, p. 186) “o uso de um laboratório remoto para o ensino pode suprir muitas dificuldades e carências relacionadas ao uso da experimentação nas escolas ou universidades” uma vez que esses podem ser acessados a qualquer hora do dia ou da noite, sete dias por semana, oportunizando a um maior número de sujeitos um contato mais intenso com experimentos sofisticados e que dificilmente poderiam ser manipulados de outro modo (CULZONI et al, 2012).

Segundo Teixeira (2009) os laboratórios remotos podem ser classificados em três níveis dependendo da arquitetura do software e da interatividade proporcionada: *Batch*, *Sensor* e *Interativo*. Os laboratórios remotos *Batch* e os laboratórios remotos *Sensor* se constituem basicamente na solicitação e recepção de dados experimentais a distância. Já os laboratórios remotos interativos, permitem que os sujeitos manipulem o

aparato experimental em tempo real como se estivesse na sala de experimentação. Por conta dos custos envolvidos, os primeiros são mais comuns que o terceiro. Como exemplo das possibilidades colaborativas dos ACR, Culzoni e Catalán (2013, p. 404), apresentam o laboratório remoto da *Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral*, na Argentina. Esse laboratório dispunha, até 2012, de três experimentos: a) circuitos elétricos em regime transitório; b) campo magnético dentro e fora de um solenoide não ideal; c) objeto rolante em um plano inclinado.

Um exemplo de laboratório remoto brasileiro é o Projeto Telescópios na Escola do Observatório Abraão de Lima do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP). Fazem parte desse projeto o IAG/USP, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Clube de Astronomia e Observatório Astronômico Didático Capitão Parobé (CMPA), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Por meio da interface digital do projeto (<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/>), as escolas podem se cadastrar e acessar remotamente os telescópios robóticos disponibilizados pelas instituições envolvidas. Os sujeitos podem fornecer as coordenadas da localização do objeto celeste que desejam observar e o telescópio será apontado para o referido objeto.

Montoya e Hernández (2010) apresentam o projeto *iLab* do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). O projeto *iLab* conta com dois laboratórios remotos, o primeiro, disponível aos estudantes, conta com osciloscópio digital, gerador digital de sinais de corrente contínua programável, nanovoltímetro digital, fonte digital de corrente e amplificador *Lock-in*. O segundo, acessível apenas para pesquisadores, disponibiliza um microscópio de força atômica (AFM) “que combina medições mecânicas e ópticas precisas para detectar forças da ordem dos piconewtons” (MONTROYA; HERNÁNDEZ, 2010, p. 41)<sup>11</sup>.

Como exemplo do uso de laboratórios remotos em contextos educativos é possível ainda citar o trabalho de Monteiro et al. (2013) que exploraram o laboratório remoto *WebLab*. Trata-se do controle remoto de uma pista de autorama que faz parte do laboratório de ensino de Física utilizado na Divisão Fundamental do Instituto

---

<sup>11</sup> Texto original: “*que combina mediciones mecánicas y ópticas de precisión con el fin de detectar fuerzas del orden de los piconewtons*” (MONTROYA; HERNÁNDEZ, 2010, p. 41).

Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Sievers Junior et al. (2011) analisaram esse experimento da pista de autorama do *WebLab*. Esse tipo de laboratório apresenta significativas contribuições para a experimentação à distância. Permite inclusive que diferentes instituições explorem o mesmo laboratório remoto. A gestão do experimento é realizada por meio de um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) a partir do qual os alunos podem interagir com o experimento e ter acesso ao roteiro da atividade. O professor tem acesso a um gerenciador de laboratório remoto por meio do qual pode visualizar a quantidade de alunos na fila de espera para usar o experimento e pode visualizar as opções que o laboratório permite.

Para Simão et al. (2013, p. 4) “é possível explorar ainda mais os conceitos de experimentação remota e *m-learning* ao associá-los, somando os objetivos da experimentação remota aos recursos de mobilidade que estes têm a oferecer”. Como exemplo desse tipo de laboratório remoto, os autores citam o aplicativo *RExMobile* (<http://rexlab.ufsc.br/experimentos/mobile>) que permite aos sujeitos controlarem os experimentos remotos, observando os resultados via *streaming* de vídeo a partir de seus smartphones.

Apesar das potencialidades dos laboratórios remotos, existem algumas ponderações a respeito desse tipo de laboratório. Segundo Guaita e Gonçalves, (2014, p. 1470) “não são todos os experimentos que são viáveis para automação, seja por motivos financeiros ou por incompatibilidade de alocação de espaço físico, equipamentos e equipe de apoio”. A manutenção dos laboratórios remotos exige uma equipe que possa preparar o experimento, gerenciar o AVA e administrar o fluxo de acessos. É possível construir laboratórios remotos mais simples e nem por isso, menos significativos. Uma possibilidade que vem sendo explorada nesse sentido é a da automação de experimentos por meio do uso da Placa Arduino.

Segundo Cavalcante et al. (2013, p. 1), em 2005 foi desenvolvida na Itália uma plataforma de *hardware* livre, baseada em um microprocessador de código aberto, a placa Arduino, a qual “permite que usuários com pouco domínio de programação consigam efetuar tarefas bastante complicadas”. Essa placa é compatível com sistemas operacionais *Windows*, *Macintosh OSX*, e *Linux*.

Amorim et al. (2015, p. 1) investigaram o uso da Placa Arduino combinado ao uso de sensores de temperatura para a análise do fenômeno da condução térmica numa barra metálica e entendem que, “com a utilização da Arduino aumentamos consideravelmente os recursos experimentais para a realização de atividades didáticas

aliadas às exigências de baixo custo e de integração da Física com a área da tecnologia eletrônica e informática”. Essa experiência indica a versatilidade da Placa Arduino para a instrumentação e a experimentação mediada por interfaces digitais. Para Molisani et al. (2011, p. 2), por meio de suas portas *Universal Serial Bus* (USB), a placa Arduino é capaz de “fazer a leitura e o controle de sinais analógicos e digitais e, assim, se acoplar a diversos tipos de sensores, motores e outros equipamentos por meio de circuitos elétricos simples”. Souza et al. (2011, p. 1), acrescentam que “todo o projeto eletrônico, incluindo a plataforma para o desenvolvimento dos programas de controle é de acesso público e gratuito”. Há de se destacar por fim, que existem diferentes versões da Placa Arduino disponíveis no mercado nacional e internacional e que, segundo Lenz et al. (2011), podem ser encontradas até por valores próximos a R\$ 60,00.

Tais características têm incentivado professores e pesquisadores em ensino de Física a desenvolverem montagens experimentais que podem ser controladas por meio do computador a partir de dispositivos que utilizem sensores de temperatura, luz, som, motores, displays, autofalantes etc. Os interessados em explorar as potencialidades da placa Arduino para a automação de experimentos precisam ter algum conhecimento em programação C ou C++ uma vez que é preciso criar um programa que permita “a interação entre o computador e o Arduino” (CAVALCANTE et al, 2013, p. 5). Nesse sentido, a construção de laboratórios remotos interativos nas escolas não é tão complexa quanto parece e é mais um campo carente de experiências e investigações no Ensino de Física.

### **Considerações finais**

Os laboratórios mediados por interfaces digitais, baseiam-se em conteúdos que congregam o espetáculo audiovisual com o objetivo de reproduzir ou transmitir digitalmente, pelo menos um arranjo experimental. O uso desse tipo de laboratório no ensino de Física pode favorecer aos alunos uma experiência de iniciação científica, uma melhor compreensão dos fenômenos físicos ou mesmo o desenvolvimento de alternativas didáticas para as impossibilidades colocadas pela realidade dos laboratórios tradicionais. Tais recursos têm sido utilizados em contextos didáticos como estratégias de sensibilização, demonstração, exploração, análise, iniciação científica, avaliação, bem como nas mais variadas abordagens experimentais: demonstrativas, comprobatórias ou investigativas.

Entendemos que o cenário atual já apresenta pesquisas que permitem afirmar, que tais laboratórios apresentam significativas potencialidades didáticas para o Ensino de Física, seja na Educação Básica ou no Ensino Superior. Por outro lado, é fundamental que não se perca de vista que tais recursos não são neutros. Os reais ganhos pedagógicos desses laboratórios dependem fundamentalmente da forma como o trabalho experimental será conduzido. Ou seja, não é o recurso em si que determina os ganhos formativos. Além das habilidades e conhecimentos necessários, para que as TDIC possam efetivamente contribuir com a formação dos sujeitos é fundamental que sejam dadas as condições objetivas necessárias e sejam garantidos os meios próprios para sua efetivação. Sem isso, existem grandes chances de tais potencialidades didáticas, jamais virem a se materializar, ou, quando muito, assumirem um caráter esporádico em meio às práticas pedagógicas dos professores. Nesse sentido, uma vez que a literatura científica apresenta variados relatos de práticas e reflexões acerca das possibilidades de uso dos laboratórios mediados por interfaces digitais em aulas de Física, está lançado o desafio da implementação e da análise desses laboratórios nas escolas e universidades.

### Referências

AMORIM, H. S. et al. Sensores digitais de temperatura com tecnologia *one-wire*: Um exemplo de aplicação didática na área de condução térmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 37, n. 4, p. 4310-1-4310-9, 2015.

ÁVILA, B. et al. Implementação de laboratórios virtuais no metaverso OpenSim. **RENOTE**, v. 11, n. 1, 2013.

BEZERRA JUNIOR, A. G. et al. Utilização de TIC para o estudo do movimento parabólico. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2013.

BEZERRA JUNIOR, A. G. et al.. Videoanálise com o software livre tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 469-490, set. 2012.

BOTTENTUIT JUNIOR, J. B. **Laboratórios baseados na internet**: desenvolvimento de um laboratório virtual de química na plataforma Moodle. Dissertação (Mestrado em Educação Multimídia) - Universidade do Porto, 2007.

CALVO, I. et al. Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas. **Ikastorratza e-Revista de didáctica**, n. 3, 2008.



- CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI, E. K. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos qualis A. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 3, 2011.
- CATELLI, F. et al. Um estudo de cinemática com câmara digital. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, 2010.
- CAVALCANTE, M. A. et al. Potencialidades do arduino na aprendizagem por projetos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013. São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2013.
- COVERLONI, E. P. et al. Utilização de máquina fotográfica digital (multi-burst) para aulas experimentais de cinemática - queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, 2009.
- CULZONI, C. M. et al. Enseñanza de la Física mediada por tecnologías: diseño con laboratorios remotos. **Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería**, v. 1, n. 1, 2012.
- CULZONI, C. M.; CATALÁN, L. Evaluación del diseño didáctico de una propuesta para el aprendizaje de la Física utilizando un laboratorio remoto desde un aula virtual. **Revista Científica Electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento**, Granada-España, v. 2, n. 13, jul./dic. 2013.
- DIAS, G. A. et al. Práticas experimentais em um curso de Física EaD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA, 11, 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2014.
- FALCÃO, E. de L.; MACHADO, L. S. Um laboratório virtual tridimensional e interativo para suporte ao ensino de Física. In: WORKSHOP SOBRE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 16, 2010, Belo Horizonte. Proceedings... Belo Horizonte, 2010.
- FAUNDEZ, C. A et al. Laboratorio virtual para la unidad tierra y universo como parte de la formación universitaria de docentes de Ciencias. **Formação Universitária**, v. 7, n. 3, p. 33-40, 2014.
- FERREIRA, J. C. A produção de vídeos no ensino de ciências: o professor-autor e as tecnologias digitais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS TIC NA EDUCAÇÃO, 3, 2014, Lisboa. **Anais...** Lisboa: Instituto da Educação da Universidade de Lisboa, 2014. p. 742-747.
- FIGUEIRA, J. S. Movimento browniano: uma proposta do uso das novas tecnologias no ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, 2011.
- FONSECA, M. et al. O laboratório virtual: uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, p. 4503-1-4503-10, 2013.

FORTE, C. et al. Implementação de laboratórios virtuais em realidade aumentada para educação à distância. In: WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA, 5, 2008, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2008. p. 1-8.

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: ENCUESTRO INTERNACIONAL VIRTUAL EDUCA, 14, 2013, Medellín. **Anais...** Medellín, 2013.

GREIS, L. K. et al. Um simulador de fenômenos físicos para mundos virtuais. **RELATEC - Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa**, v. 10, n. 1, 2011.

GUAITA, R. I.; GONÇALVES, F. P. A experimentação na educação a distância: reflexões para a formação de professores de ciências da natureza. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA, 11, 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2014.

GUILLERMO, O. E. et al. Laboratório virtual e aprendizagem: uma experiência em mecânica dos fluidos na engenharia. In: TISE 2014, NUEVAS IDEAS EM INFORMÁTICA EDUCATIVA; CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 18, 2013, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2013. p. 684-687.

HEIDEMANN, L. A. et al. Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2 (Especial), p. 965-1007, out. 2012.

JESUS, V. L.; SASAKI, D. G. O experimento didático do lançamento horizontal de uma esfera: um estudo por videoanálise. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, 2015.

JIMÉNEZ-CASTILLO, G. et al. Desarrollo de un entorno personal de aprendizaje basado en un laboratorio remoto para el estudio de instrumentación electrónica. In: **TICAI 2013-2014**, Universidade do Vigo: IEEE, Espanha, 2014. p. 91-100.

LENZ, Jorge A. et al. O gerador de ondas estacionárias em cordas com o uso de tecnologias livres. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, Manaus. **Anais...** Manaus, 2011.

LONGHINI, M. D.; MENEZES, L. D. Objeto virtual de aprendizagem no ensino de Astronomia: algumas situações problemas propostas a partir do software Stellarium. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3: p. 433-448, dez. 2010.

MERINO, V. et al. Laboratorio Virtual: una alternativa a la educación teórica. **Anais...** XVIII CONGRESO INTERNACIONAL EDUTEC "Educación y Tecnología desde una visión Transformadora", 28, 2015, Ecuador. **Anais...** Ecuador, 2015.

MOLISANI, Elio et al. Arduino e ferramentas da web 2.0 no ensino de Física: um exemplo de aplicação em aulas de óptica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, São Paulo. **Anais... São Paulo**, 2011.

- MONTEIRO, M. A. et al. Protótipo de uma atividade experimental o estudo da cinemática realizada remotamente. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 191-208, abr. 2013.
- MONTOYA, J. C.; HERNÁNDEZ, T. O. Plataforma web para acceso remoto a instrumentación física avanzada: diseño e implementación. **Revista Universidad EAFIT**, v. 46; n. 160, p. 36-47, 2010.
- OLIVEIRA, L. P. et al. Divulgando e ensinando análise de vídeo em sala de aula: experimentos de mecânica com o software Tracker. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, Manaus. **Anais...** Manaus, 2011.
- PASTORINO, L. et al. Realidade aumentada e objetos de aprendizagem no ensino de Física. **Revista Realidade Virtual**, v. 1, n. 2, p. 2, 2008.
- PEREIRA, M. V. et al. Demonstrações experimentais de Física em formato audiovisual produzidas por alunos do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 676-692, dez. 2011.
- PEREIRA, M. V.; BARROS, S. de S. Análise da produção de vídeos por estudantes como uma estratégia alternativa de laboratório de física no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 4, 2010.
- PEREIRA, O. C. et al. Software de efeito estroboscópico por superposição de frames de videoclipes aplicada no ensino de cinemática. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 267-282, ago. 2012.
- PÉREZ, J. L. S. et al. Analisis del uso de los laboratorios basados en video. In: ENCUESTRO INTERNACIONAL VIRTUAL EDUCA, 6, 2005, México. **Anais...** México, 2005.
- 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
- SCHLEMMER, E. Laboratórios digitais virtuais em 3D: anatomia humana em metaverso, uma proposta em imersive learning. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 2119- 2157, out./dez. 2014.
- SIEVERS JUNIOR, F. et al. Simulação do ambiente WebLab – um laboratório de acesso remoto educacional através de redes de Petri coloridas. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 22, 2011, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2011.
- SILVA, I. P.; MERCADO, L. P. Levantamento de dados acerca do tema “experimentação mediada por interfaces digitais” (2005 - 2015). **Paidéi@**, v. 10, p. 1-25, 2018.

SILVA, I. P.; MERCADO, L. P. Contribuições didáticas da produção e compartilhamento de vídeos em aulas de Física. # Tear - **Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 2, n. 1, 2013.

SIMÃO, J. P. et al. Utilização de experimentação remota móvel no ensino médio. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 11 n. 1, p. 1-11, jul. 2013.

SIMÕES JUNIOR, F. et al. Física de plasma espacial utilizando simulação computacional de partículas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 2011.

SISMANOGLU, B. N. et al. A utilização da filmadora digital para o estudo do movimento dos corpos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, 2009.

SOUZA, A. R. et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 2011.

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.

TEIXEIRA, C. A. aprendizagem por meio de operação remota de equipamento científico. LITTO F. M.; FORMIGA M. (Org.) **Educação a distância: o estado da arte**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education. 2009.

VIEIRA, L. P.; LARA, V. Macrofotografia com um tablet: aplicações ao ensino de ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, 2013.

VITELA, A. et al. Laboratorio virtual de óptica. In: ENCUESTRO INTERNACIONAL VIRTUAL EDUCA, 7, 2006, Bilbao. **Anais... Bilbao**, 2006.

**Submetido em:** 16/04/2019.

**Aceito em:** 19/12/2019.

**Publicado em:** 17/03/2020.

### Como referenciar este artigo:

SILVA, Ivanderson Pereira da; MERCADO, Luis Paulo Leopoldo. Laboratórios de ensino de física mediados por interfaces digitais. **EDUCA - Revista Multidisciplinar em Educação**, Porto Velho, v. 7, n. 17, p. 3-22, Jan./dez., 2020.

DOI: <http://doi.org/10.26568/2359-2087.2020.4175>. Disponível em:

<http://www.periodicos.unir.br/index.php/EDUCA/issue/archive>. e-ISSN: 2359-2087.