

A INCLUSÃO DIGITAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ANALISANDO LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

Aline Jaime Leal*

Lenira Maria Nunes Sepel**

Resumo: Os Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVA) são páginas web, softwares ou CD-ROM que contêm um conjunto de objetos de aprendizagem, os quais possibilitam a realização de atividades experimentais, preferencialmente, através da simulação de equipamentos, materiais e variáveis. Este trabalho foi realizado com o objetivo de descrever características relevantes para que um LVA auxilie o processo de ensino e aprendizagem de Ciências. Para isso, foram selecionados 30 artigos científicos, publicados entre 2001 e 2015, que aplicaram LVA no Ensino de Ciências, compreendendo as três subáreas: Biologia, Física e Química. Esses artigos abrangeram três idiomas (Espanhol, Inglês e Português) e foram selecionados por apresentarem pesquisa de opinião dos usuários e/ou avaliação da aprendizagem dos alunos após o uso do LVA. Analisou-se os LVA quanto a conteúdo abordado, nível de ensino a que foi destinado, recursos didáticos disponíveis, formato, metodologia empregada na sua aplicação e tipo de avaliação a que foi submetido (opinião do usuário e/ou aprendizagem dos alunos). Desta forma, a partir da opinião dos usuários (alunos e professores), bem como das concepções dos autores dos trabalhos analisados, identificou-se que determinadas características são consideradas relevantes para um LVA facilitar o processo de ensino e aprendizagem de Ciências. Dentre elas, destacam-se: apresentar o conteúdo teórico de forma clara e sucinta; ser fácil de usar para promover a inclusão digital de seus usuários; ser atrativo e interativo para despertar o interesse e motivação dos alunos, bem como a comunicação entre seus usuários; apresentar vários métodos avaliativos para acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos.

Palavras-chave: Tecnologias da Informação e Comunicação. Atividades práticas experimentais. Laboratório Virtual de Aprendizagem.

1 Introdução

O termo inclusão digital abrange além da posse de um computador ou outro dispositivo eletrônico conectado à Internet, a possibilidade de inclusão social e exercício da

*Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Microbiologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Professora de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, câmpus Bagé.

** Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutora em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde pela Universidade Federal de Santa Maria. Professora adjunta da Universidade Federal de Santa Maria.



cidadania (CRUZ e SILVA, 2013). Isso porque a inclusão digital tem impactos diretos sobre a empregabilidade, renda, performance escolar (NERI, 2012, p. 42), cultura e lazer dos indivíduos capacitados a utilizar as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs).

No Brasil, apenas 33% dos habitantes tem acesso à Internet em seus domicílios, havendo menor inclusão digital entre os jovens e os idosos (NERI, 2012), o que demonstra a necessidade de medidas que viabilizem o maior uso das TICs pela população. Neste contexto, a escola constitui um espaço estratégico para a promoção da inclusão digital (BONILLA, 2010, p. 44), possibilitando desde cedo o acesso a novas tecnologias e seu uso mais abrangente, no qual o aluno aprenda a utilizar, produzir e compartilhar informações (CRUZ e SILVA, 2013; SILVA, 2011).

Nas escolas, as TICs podem também promover a realização de atividades didáticas que, por algum motivo, não conseguem ser executadas física ou presencialmente. Como exemplo, podemos citar as atividades práticas experimentais no Ensino de Ciências, as quais possuem papel primordial no desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas ao método científico, como: observação, identificação, proposição de hipóteses e argumentação, dentre outras (OLIVEIRA, 2010). Essas atividades, muitas vezes, não são realizadas nos Laboratórios Presenciais (LP) das escolas, principalmente, pelo elevado custo para aquisição e manutenção de equipamentos, pela falta de segurança e por restrições de tempo e espaço (ANDRADE e MASSABINI, 2011).

Essas restrições que inviabilizam a realização das atividades práticas experimentais nos LP das escolas podem ser contornadas pelo uso de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVA), que são representações computacionais de laboratórios reais (AMARAL et al., 2011, p. 3) ou de experimentos. Os LVA podem ser utilizados, a distância, por diversos alunos e ao mesmo tempo; são seguros, uma vez que o aluno não manipula equipamentos e reagentes reais; e possuem baixo custo quando comparado ao necessário para manter um LP.

A velocidade na execução das atividades é outro ponto favorável dos LVA, que proporcionam a visualização instantânea de resultados, diferentemente dos LP, nos quais podem se estender por longos períodos. Essa rapidez contribui para que os alunos tenham mais presente os detalhes experimentais, havendo menor risco de esquecer o que já foi feito de uma aula para outra e, com isso, maior chance de manter o interesse pelos resultados (BREAKEY et al., 2008; MUHAMAD, ZAMAN e AHAMAD, 2012).

No ensino de Ciências, os LVA têm sido úteis para a apresentação de conteúdos a



nível microscópico e molecular, que, em geral, são de difícil compreensão pelos alunos, por exigirem um elevado nível de abstração (HERGA e DINEVSKI, 2012). Outra contribuição importante dos LVA para essa área do conhecimento é a possibilidade de realizar experimentos com uso de animais, levando em consideração todas as questões éticas envolvidas (JIMÉNEZ, 2014).

Os LVA destacam-se também por apresentarem grande diversidade e flexibilidade metodológica, o que possibilita inúmeras adaptações a diferentes estilos e níveis de aprendizagem (SUBRAMANIAN e MARSIC, 2001, p. 324). Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo analisar relatos de aplicações de LVA ao ensino de Ciências (subáreas: Biologia, Física e Química), a fim de detectar características relevantes para um laboratório virtual que auxilie o processo de ensino e aprendizagem em diferentes níveis de ensino.

Para isso, foram considerados LVA páginas web, softwares ou CD-ROM que contenham um conjunto de objetos de aprendizagem, os quais possibilitem a realização de atividades experimentais, preferencialmente, através da simulação de equipamentos, materiais e variáveis.

Sob a designação de objetos de aprendizagem são incluídos vários tipos de materiais educacionais, desenvolvidos em pequenas unidades para serem utilizados várias vezes em diferentes contextos de aprendizagem (WILEY, 2000; MORALES e AGUËRA, 2002; POLO, 2011). Quando apoiados em tecnologia computacional ou de telecomunicações, os objetos de aprendizagem podem ser associados em um mesmo ambiente e constituir um LVA, contendo: textos, imagens, áudios, vídeos, animações, exercícios, questionários, simulações de laboratório etc.; e apresentando diferentes formatos, como: HTML, GIF e XML.

Portanto, foram analisados, no presente trabalho, artigos que utilizaram diversos tipos de objetos de aprendizagem provenientes de uma mesma fonte, seja ela uma página web, um software ou CD-ROM, uma vez que os artigos que apresentavam apenas um tipo de objeto de aprendizagem ou reuniram mais de um tipo, porém de diferentes fontes, não foram qualificados como LVA, sendo desconsiderados.

2 Metodologia

Este trabalho consistiu em uma pesquisa do tipo bibliográfica, tendo como fontes artigos científicos, no período de 2001 a 2015. Os dados foram coletados e analisados da seguinte forma: em um primeiro momento, utilizando palavras-chave, foi realizada a busca



pelos artigos através da ferramenta *Google Acadêmico*¹. Nessa etapa, foram definidos os critérios de seleção da amostra descritos a seguir.

As palavras-chave utilizadas na pesquisa através do *Google Acadêmico* – laboratório virtual de biologia, laboratório virtual de física e laboratório virtual de química – foram procuradas em três idiomas: português, inglês e espanhol.

Na triagem inicial, para cada palavra-chave foram analisados os 100 primeiros resultados, totalizando uma amostra de 900 trabalhos, sendo 300 em cada idioma. O critério de seleção dos trabalhos utilizado, nesta fase inicial, foi a aplicação do LVA ao ensino de Ciências e posterior avaliação de opinião dos usuários e/ou da sua aprendizagem. Para isso, foram analisados os resumos e a metodologia descrita nos trabalhos selecionados.

Foram descartados os trabalhos que: i) somente descreviam a arquitetura de software ou o conteúdo do LVA; ii) eram textos de revisão de literatura; iii) comparavam dados experimentais obtidos através da utilização de LVA e de LP; iv) eram relatos ou comparações sobre diferentes tipos de LVA. Além disso, foi incluído na análise apenas um trabalho por autor ou grupo de pesquisa, com o objetivo de formar uma amostra mais diversificada e representativa da variedade de propostas que poderia existir.

Em um segundo momento, verificou-se se os trabalhos enquadravam-se no conceito de LVA utilizado neste estudo, isto é, um conjunto de objetos de aprendizagem disponíveis em página web, software ou CD-ROM que propiciasse a realização de atividades experimentais.

Após constituída a amostra de trabalhos, os LVA foram caracterizados quanto à data, ao local de publicação, ao nível de ensino em que foram aplicados e agrupados em categorias quanto à metodologia empregada na aplicação do LVA ao ensino de Ciências e qualificados quanto ao tipo de avaliação a que foram submetidos (opinião do usuário e/ou aprendizagem dos alunos).

Por fim, realizou-se a análise das seções que compunham os LVAs quanto: ao conteúdo, aos recursos didáticos e ao formato. Em relação ao conteúdo, os artigos foram agrupados tendo em vista o assunto específico da disciplina a que se referem, por exemplo: histologia, eletricidade, química orgânica. Quanto aos recursos didáticos, foram avaliadas as seções que compunham o LVA quanto à presença de: recursos audiovisuais, textos explicativos e links sobre o conteúdo teórico, equipamentos e reagente laboratoriais, glossário, fórum, quiz, cronômetro, calculadora, editor de texto, programa para construção de gráficos, técnicas laboratoriais empregadas, guia de uso e avatar dos usuários. No tocante ao

¹ O *Google Acadêmico* é uma ferramenta de acesso gratuita, que fornece uma grande quantidade e diversidade de resultados, disponível em: <https://scholar.google.com.br/>.

formato, os LVA foram classificados em três tipos: página web, software ou CD-ROM.

3 Resultados e discussões

Os resultados obtidos por meio da pesquisa bibliográfica realizada no *Google Acadêmico* são apresentados no quadro 1. Verificou-se, inicialmente, que houve um número superior de resultados para a Física em relação à Biologia e à Química, porém, após análise preliminar, semelhante número de trabalhos foram selecionados para as três subáreas. Esse fato ocorreu porque, nas buscas realizadas para LVA de Física, a maioria dos trabalhos apenas descrevia objetos de aprendizagem ou não relatavam qualquer tipo de aplicação das atividades em situação de ensino, sendo, portanto, desconsiderados. Seguindo os critérios de triagem previamente descritos, a seleção resultou em uma amostra de 79 trabalhos (Quadro 1).

Quadro 1- Resultado da pesquisa bibliográfica realizada no *Google Acadêmico* com uso da palavra-chave laboratório virtual associada às subáreas Biologia, Física e Química.

Idioma selecionado	Palavra-chave*	Trabalhos selecionados			Resultado geral
		Biologia	Física	Química	
Português	laboratório virtual de biologia	3	5	1	21.200
	laboratório virtual de química	0	1	3	29.700
	laboratório virtual de física	0	6	0	46.700
Espanhol	laboratorio virtual de biología	5	0	3	20.000
	laboratoro virtual de química	0	1	1	23.100
	laboratorio virtual de física	1	7	0	35.700
Inglês	virtual laboratory biology	19	4	4	613.000
	virtual laboratory chemistry	0	0	11	660.000
	virtual laboratory physics	0	3	1	1.180.000
	Total	28	27	24	2.629.400

*A ordem das palavras-chave segue a sequência em que as mesmas foram utilizadas na busca pelos trabalhos no *Google Acadêmico*.

Fonte: Autoria própria

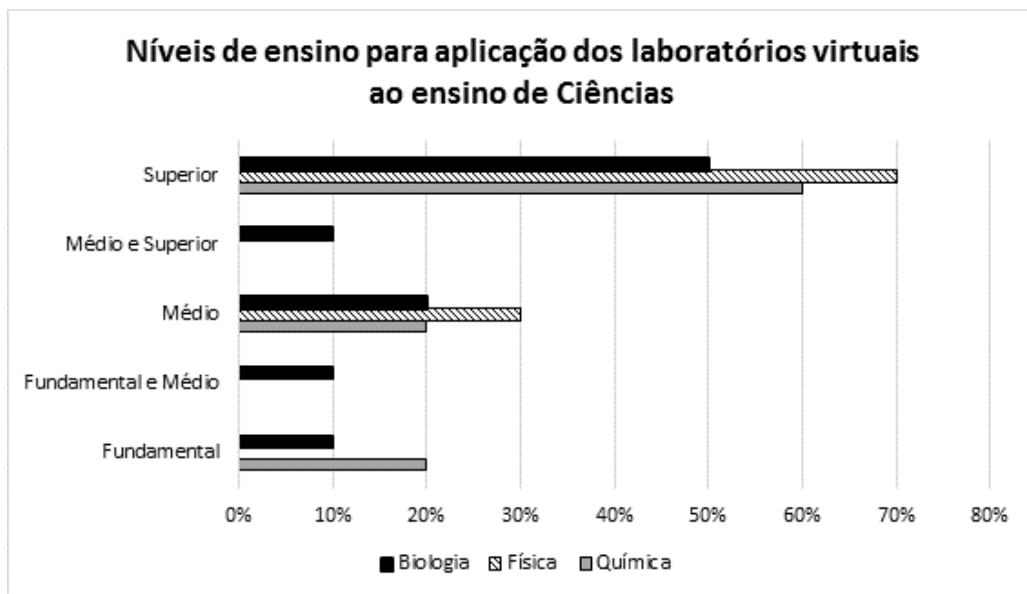
Posteriormente, a amostra foi analisada em relação ao conceito de LVA utilizado neste estudo, de tal forma que apenas 10 trabalhos de Física se enquadraram no conceito adotado. Considerando esse resultado, optou-se por compor uma amostra total de 30 trabalhos, analisando-se 10 para cada uma das subáreas.

A amostra compreendeu trabalhos realizados entre 2001 e 2015, sendo a maioria desenvolvida nos Estados Unidos (23,33%) e no Brasil (16,66%), seguidos de países como: Austrália, Espanha e Portugal, representando 6,6% do total cada. Outros países corresponderam a apenas 3,3% dos LVA analisados, caso da Argentina, Chile, Colômbia, Cuba, Equador, Eslovênia, Irlanda, México, Porto Rico, Reino Unido, República de Chipre e Taiwan. Percebe-se que a amostra foi representativa, pois não houve grande discrepância

entre os três idiomas (Português, Espanhol e Inglês) quanto ao número de trabalhos analisados neste estudo.

A maioria dos LVA analisados foi desenvolvida para o Ensino Superior, seguido do Ensino Médio e do Fundamental, alguns foram destinados para mais de um nível de ensino simultaneamente (Figura 1).

Figura 1- Níveis de ensino para aplicação dos laboratórios virtuais de aprendizagem ao ensino de Ciências, nas subáreas: Biologia, Física e Química



Fonte: Autoria própria

Verificou-se que, na Biologia e na Química, os LVA abrangeram todos os níveis de ensino. Já na Física, houve predominância maior do Ensino Superior, uma vez que grande parte dos LVA foram destinados a cursos de Engenharia. De maneira geral, percebeu-se maior dificuldade de desenvolvimento e aplicação de LVA na Educação Básica, fato que pode estar relacionado à falta de infraestrutura adequada e de pessoal especializado na área de Informática nas escolas, ficando esse tipo de tecnologia mais restrita às instituições de Ensino Superior.

Com relação à aplicação dos LVA ao Ensino de Ciências, os 30 trabalhos analisados foram agrupados em sete categorias (Quadro 2) de acordo com a metodologia identificada, sendo verificado o uso dos LVA de três maneiras: isoladamente, de forma comparativa ou combinado com outras metodologias de ensino.

Quadro 2- Metodologias de aplicação dos Laboratórios Virtuais de Aprendizagem ao Ensino de Ciências, nas subáreas Biologia, Física e Química

Número	Metodologia	Biologia	Física	Química	Total (%)
1	Compara LVA com LP	5	3	2	33,33
2	Avalia somente LVA	3	4	3	33,33
3	Combina LVA com LP	2	1	2	16,67
4	Compara LVA com método tradicional de ensino		1	1	6,67
5	Compara LVA com LP e combina ambos		1		3,33
6	Compara a combinação LVA e LP com somente LP			1	3,33
7	Compara LVA com Moodle			1	3,33
Total		10	10	10	100

LVA: laboratório virtual de aprendizagem; LP: laboratório presencial; método tradicional de ensino: metodologia definida pelo autor do trabalho.

Fonte: Autoria própria

A Metodologia 1 compreende os trabalhos em que foram utilizados ambos os laboratórios, o virtual e o presencial, com o objetivo de comparar as metodologias. Alguns estudos empregaram grupo controle (GC), composto pelos alunos que realizaram as atividades experimentais no LP; e grupo experimental (GE), referente aos que utilizaram o LVA. Nesses trabalhos, realizou-se uma avaliação quantitativa da aprendizagem dos alunos para comparação do desempenho de ambos os grupos e alguns, ainda, verificaram a pesquisa de opinião dos usuários (AROUCA, 2007; YANG e HEH, 2007; ORTEGA-ZARZOSA, MEDELLÍN-ANAYA e MARTÍNEZ, 2010; MIRANDA, 2012; BOTERO, 2015; FIAD e GALLARZA, 2015).

Em outros trabalhos, a comparação ocorreu entre o grupo atual de alunos que utilizaram o LVA e grupos anteriores que só utilizaram o LP (KRIPPENDORF e LOUGH, 2005). Há trabalhos em que o mesmo grupo de alunos utilizou os dois tipos de laboratórios (BHARGAVA et al., 2006; FARIA et al., 2011), podendo ser avaliada a sequência de uso destes (KOPEC, 2002).

A maioria dos LVA pertencentes à metodologia 1 foi bem avaliada pelos alunos, que os consideraram claros, objetivos, simples e facilitadores de aprendizagem. Apenas no estudo realizado por Bhargava et al. (2006) houve uma opinião negativa dos alunos com relação à utilização do LVA, sendo a principal restrição apontada o maior tempo requerido para o desempenho das atividades virtuais, além de serem menos divertidos e interessantes que o LP. Entretanto, esses problemas poderiam ser contornados por meio da realização de atividades mais atrativas e da adequação do tempo para execução das tarefas propostas. Com relação à aprendizagem dos alunos, o efeito do uso do LVA foi positivo em todos os trabalhos, não havendo diferença significativa entre o GC e o GE ou essa sendo maior no GE.

A Metodologia 2 abrange os trabalhos em que ocorreu a aplicação do LVA e posterior avaliação da opinião dos usuários (professores e alunos) e/ou o desempenho dos alunos (BRACK et al., 2003; GONZÁLEZ, VIDAL e DÍAZ, 2003; GARCÍA, 2009; YU, BROWN e BILLET, 2005; RIVERA et al., 2009; SÁNCHEZ, 2009; YARON et al., 2010; DONNELLY, O'REILLY e McGARR, 2013; REIS, 2013; FAÚNDEZ et al., 2014). O efeito do uso do LVA sobre a aprendizagem dos alunos foi positivo e seus usuários mostraram-se satisfeitos. Sendo destacados como pontos positivos pelos alunos: o uso adequado de efeitos visuais, a disponibilidade de todo o material relevante; a qualidade das informações (BRACK et al., 2003; GARCÍA, 2009); o aumento do interesse e da motivação dos mesmos ao utilizar o recurso pedagógico (RIVERA et al., 2009).

Na visão dos professores, os LVA são boas ferramentas pedagógicas (BRACK et al., 2003; GARCÍA, 2009; DONNELLY, O'REILLY e McGARR, 2013), principalmente por oportunizar o trabalho colaborativo e também contribuir para uma economia de tempo com relação à limpeza e organização do laboratório, o que possibilita maior concentração e atenção dos alunos a questões mais relevantes para a sua aprendizagem (DONNELLY, O'REILLY e McGARR, 2013). Entretanto, alguns pontos fracos foram apontados pelos professores, sendo os principais: o grande volume de informação disponível no LVA; a dificuldade de garantir que todos os alunos façam as tarefas, uma vez que possam se distrair com outras atividades virtuais ao utilizar o computador (DONNELLY, O'REILLY e McGARR, 2013) e a excessiva rigidez na sequência das atividades propostas (GARCÍA, 2009).

A Metodologia 3 agrupa os trabalhos em que houve combinações do uso dos dois tipos de laboratório, presencial e virtual. Nesses trabalhos, a realização das atividades virtuais apareceu em três momentos: como preparação para o LP (DALGARNO et al., 2009), concomitante ao uso do LP (WOODFIELD et al., 2005) ou posterior ao desenvolvimento das atividades de manipulação real (RAINERI, 2001; CUNNINGHAM et al., 2006). Ainda, no estudo realizado por Guillermo, Tarouco e Endres (2005), o LVA foi utilizado por um grupo de alunos antes e por outro posteriormente ao LP.

De maneira geral, a combinação desses dois tipos de laboratórios foi bem vista pelos alunos, os quais relataram que o LVA estimulou o raciocínio e auxiliou na compreensão de processos dinâmicos e microscópicos através de animações, sendo recomendada a inclusão desse recurso didático no currículo de seus cursos (RANIERI, 2001; GUILLERMO, TAROUCO e ENDRES, 2005; CUNNINGHAM et al., 2006). Houve também melhora na

aprendizagem dos alunos após o uso combinado dos dois tipos de laboratórios (RANIERI, 2001; WOODFIELD et al., 2005; CUNNINGHAN et al., 2006).

A Metodologia 4 engloba estudos comparativos em que métodos tradicionais de ensino e LVA foram empregados. Os pesquisadores consideraram como métodos tradicionais de ensino: aulas expositivas com uso de quadro e giz (GONÇALVES, 2005), bem como lista de exercícios utilizando caneta e papel (HERGA e DINEVSKI, 2012). Os alunos foram divididos em dois grupos, sendo que, no grupo controle (GC), foram empregados os métodos tradicionais de ensino e no grupo experimental (GE), o LVA.

O desempenho dos alunos foi semelhante para ambos os grupos no estudo realizado por Gonçalves (2005), diferentemente, do resultado encontrado por Herga e Dinevski (2012), no qual houve aprendizagem estatisticamente maior no GE. Os alunos que utilizaram as simulações compreenderam melhor fenômenos de modo geral e estruturas a nível submicroscópico.

A metodologia 5 fez uso tanto da combinação LVA e LP como da utilização de ambos os laboratórios separadamente (OLYMPIOU e ZACHARIA, 2012). Os alunos foram divididos em três grupos: o primeiro, realizou suas atividades experimentais no LP; o segundo fez uso do LVA e o terceiro utilizou ambos os laboratórios concomitantemente. Nos três grupos, os alunos apresentaram bom desempenho, porém a combinação da manipulação real com a virtual obteve resultado estatisticamente maior.

A Metodologia 6 comparou a utilização combinada do LVA e do LP com o uso apenas do LP (LOPES, 2004). Para isso, os alunos foram divididos em quatro grupos para a realização das atividades experimentais denominadas de: A, B, C e D. De tal forma, que enquanto dois grupos realizam a atividade A no LP, por exemplo, outros dois, realizam a mesma tarefa com o uso de LVA e LP.

Não foi possível perceber grandes diferenças entre os dois métodos quanto à performance prática dos alunos, que realizaram a maioria das atividades experimentais. No entanto, em relação à aprendizagem conceitual, os grupos que utilizaram a combinação de ambos os laboratórios (LVA + LP) obtiveram desempenho significativamente maior. A principal dificuldade apontada pelos alunos foi a utilização de software (LVA) em língua Inglesa, uma vez que estes possuem como língua nativa o Português.

A Metodologia 7 foi um estudo comparativo entre o uso do LVA e o do ambiente virtual de aprendizagem Moodle (NUNES et al., 2014). No Moodle, os alunos tiveram acesso ao material teórico sobre o assunto estudado e questionário de múltipla escolha. No LVA, os

alunos puderam realizar experimentação virtual através de um software. O grupo de alunos que utilizou o Moodle apontou como principais desvantagens: a forma de apresentação teórica e estática do conteúdo. O grupo que utilizou a simulação mencionou como principais vantagens: a interatividade, facilidade de comunicação com os colegas e visualização prática dos experimentos.

Do total de trabalhos investigados, 76,66% utilizaram a pesquisa de satisfação do usuário, a qual é considerada um componente importante e uma das investigações mais presentes nas propostas de ensino e aprendizagem *online*. Esse tipo de avaliação é tradicionalmente recomendado, considerando-se que as expectativas dos alunos têm grande impacto no processo de aprendizagem e que as opiniões dos usuários são fonte de informação para as equipes de desenvolvimento melhorarem suas propostas (LAGUARDIA, MACHADO e COUTINHO, 2010).

Quanto à aprendizagem, a avaliação foi predominantemente quantitativa, com uso de médias, porcentagens e análises estatísticas para comparar o desempenho individual de cada aluno, por meio da utilização do pré e pós-teste, ou de grupo controle e experimental. É importante ressaltar que o LVA possibilita diversas formas de avaliação, que não podem se restringir a momentos ou tarefas específicas, mas ao processo de aprendizagem como um todo (AMANTE, 2011). Um bom exemplo é o trabalho realizado por Sánchez et al. (2009), no qual o LVA foi utilizado como uma ferramenta para autoaprendizagem e autoavaliação, objetivando validar as respostas prévias dos alunos. Nesse contexto, o aluno passa a ser construtor do seu próprio conhecimento, sendo protagonista da sua própria avaliação ao refletir sobre o seu percurso de aprendizagem (AMANTE, 2011).

A eficiência do LVA em comparação com o LP em termos de ensino e aprendizagem é demonstrada por alguns estudos (HARRIS et al., 2001; HERGA e DINEVSKI, 2012). Porém, alguns autores afirmam que os LVA não devem substituir os LP, mas servir de complemento e/ou preparação à manipulação real (RAINERI, 2001; SUBRAMANIAN e MARSIC, 2001; HERGA e DINEVSKI, 2012; HAWKINS e PHELPS, 2013). Isso porque há a preocupação de que os alunos não desenvolvam habilidades de manipulação utilizando apenas o LVA (CARNEVALE, 2003; MA e NICKERSON, 2006; ELAWADY e TOLBA, 2009; RÉ, ARENAL e GIUBERGIA, 2012; WALDROP, 2013). Assim, metodologias que combinem o LVA com outras formas de ensino são interessantes, principalmente, quando há a possibilidade de realizar os dois tipos de manipulação: real e virtual.

Os LVA também foram analisados quanto ao conteúdo abordado, recursos didáticos

disponíveis e formato que apresentaram. Na Biologia, três grupos principais foram identificados com relação ao conteúdo abordado. O primeiro se deteve ao desenvolvimento de microscópios virtuais de histologia, compostos por lâminas digitalizadas; textos explicativos ou links de páginas web, contendo informações relevantes sobre os tecidos apresentados (KRIPPENDORF e LOUGH, 2005; FARIA et al.; 2011). Já o segundo, preocupou-se com a manipulação de equipamentos e aprendizagem de técnicas laboratoriais, principalmente, na área de Biologia Molecular (RAINERI, 2001; BRACK et al., 2003; CUNNINGHAN et al., 2006) e Imunologia (YU, BROWN e BILLET, 2005). O terceiro grupo se deteve à dissecação virtual de animais como rãs e coelhos (KOPEC, 2002; AROUCA, 2007). Ainda tiveram LVA sobre insetos (GARCÍA, 2009) e Biologia Celular (MIRANDA, 2012). Os LVA dessa subárea apresentaram formato web ou de softwares que continham como recursos didáticos: simulações, imagens, vídeos, animações, glossário, áudio, textos, links, fórum e quiz.

Na Física, uma maior variedade de assuntos foi abordada pelos LVA, tais como: termodinâmica, hidráulica, eletricidade, mecânica, cinemática, óptica entre outros (GONÇALVES, 2005; YANG e HEH, 2007; RIVERA et al., 2009; OLYMPIOU e ZACHARIA, 2012). Nessa subárea, os principais recursos didáticos utilizados nos LVA foram simuladores com manipulação de variáveis para verificação de fenômenos e vídeos de experimentos reais. Como novidade, surgiram o cronômetro, a calculadora e o editor de texto para auxílio na resolução de problemas matemáticos e construção de gráficos (GUILLERMO, TAROUXO e ENDRES, 2005; YANG e HEH, 2007; ORTEGA-ZARZOSA, MEDELLÍN-ANAYA e MARTÍNEZ, 2010). Além do formato web e softwares, os LVA também foram disponibilizados em CD-ROM (GONÇALVES, 2005).

Na Química, os LVA tiveram como principal objetivo representar LP desta subárea, sendo disponibilizadas informações detalhadas sobre os reagentes, equipamentos e procedimentos a serem adotados durante as atividades experimentais (GONZÁLEZ, VIDAL e DÍAZ, 2003; LOPES, 2004; DALGARNO et al., 2009; DONNELLY et al., 2012; HERGA e DINEVSKI, 2012; BOTERO, 2015). Algumas técnicas incluídas nesses LVA foram: ressonância magnética nuclear, espectroscopia de infravermelho, cromatografia de camada fina, destilação e recristalização (WOODFIELD et al., 2005). Nos LVA, também foram enfatizadas tarefas simples e de rotina nos LP, como a escolha de reagentes e preparo de soluções (YARON et al., 2010). Nunes et al. (2014) utilizaram um recurso interessante: avatares, tanto para os usuários do LVA como para o guia prático, que disponibilizam instruções sobre o funcionamento do software. Além disso, realizaram a comunicação entre os



avatares dos usuários através de um chat. Os LVA analisados compreenderam softwares livres (HERGA e DINEVSKI, 2012) e comerciais (FIAD e GALARZA, 2015).

4 Características importantes de um LVA para auxiliar o ensino e a aprendizagem de Ciências

Considerando o conjunto de análises realizado neste artigo, verificou-se que um LVA necessita ter algumas características para que auxilie de forma efetiva o processo de ensino e aprendizagem de Ciências. O primeiro ponto a ser destacado, seria a importância do LVA apresentar o conteúdo teórico, necessário para a realização de todas as atividades didáticas propostas, de forma clara e sucinta. Considerando que é mais difícil o aluno perceber de forma dissociada a teoria e a prática, isso evita a fragmentação do saber (TEIXEIRA e OLIVEIRA, 2005, p. 15), e ele também não precisará procurar bibliografia complementar para realizar as atividades didáticas propostas, o que demanda tempo, nem sempre disponível, e pode gerar, até mesmo, desinteresse. Um recurso interessante para facilitar a compreensão do conteúdo teórico é o glossário, pois permite uma pesquisa rápida de palavras e conceitos, ajudando o aluno a transpor obstáculos epistemológicos que dificultam seu aprendizado.

O LVA deve ser fácil de usar, uma vez que alunos, bem como professores, apresentarão diferentes níveis de conhecimento de Informática. Portanto, o uso da tecnologia não pode ser um entrave para o desenvolvimento das aulas, mas uma forma de promover a inclusão digital de alunos e professores que, mesmo com conhecimentos básicos de Informática, consigam utilizar de forma plena o LVA. Nesse sentido, é recomendada a utilização de guias práticos, para que os usuários se sintam mais seguros e autônomos ao usar o LVA, sendo capazes de controlar o seu próprio processo de inclusão digital (DEMO, 2005, p. 38).

Para despertar o interesse dos alunos, o LVA deve ser atrativo, ou seja, conter recursos audiovisuais (simulações, vídeos, animações, dentre outros) de boa qualidade e que apresentem o conteúdo de forma objetiva e dinâmica, preferencialmente, explorando peculiaridades que não podem ser demonstradas com métodos tradicionais de ensino e/ou no LP, como, por exemplo, processos e estruturas submicroscópicas.

Ser interativo é outro fator importante para um LVA, para isso, precisa abranger dois conceitos: interação e interatividade. A interação é um evento recíproco que exige pelo menos dois objetos e duas ações (ANDERSON, 2003). No caso dos LVA, os objetos são: o aluno, o professor e o conteúdo. Sendo a interação aluno-professor fundamental para a construção do



conhecimento (ARANTES, MORAN e VALENTE, 2011) ao suscitar a motivação do aluno e lhe trazer um “feedback” sobre seu processo de aprendizagem (FRIESEN e KUSKIS, 2013). Já a interação aluno/aluno é importante para o desenvolvimento de tarefas colaborativas ou cooperativas (ANDERSON, 2003). Assim, para que essas interações ocorram, os LVA precisam conter ferramentas como fóruns de discussão e chats, que possibilitem a comunicação entre os seus usuários; além de atividades que possam ser realizadas de forma colaborativa ou cooperativa pelos alunos, como estudos de caso e resolução de problemas. A interação aluno-conteúdo dependerá da seleção e da apresentação dos conteúdos realizadas pelo professor, assim como da motivação e do interesse do aluno para utilizar o LVA.

Quanto à interatividade, essa compreende a relação entre o usuário (aluno) e a máquina, que depende da potencialidade técnica do meio virtual e também do impacto das atividades realizadas pelos alunos sobre a máquina e desta sobre estes (BELLONI, 1999). Para Amaral et al. (2011), os LVA podem apresentar três níveis de interatividade: reativa, proativa ou mútua. Na interatividade reativa, o aluno apenas responde a um estímulo do sistema. Contudo, na proativa, o aluno seleciona e responde às estruturas existentes, construindo situações únicas e assim, forçando os limites do sistema. Diferente da mútua, na qual são utilizados recursos de Inteligência Artificial (IA) ou Realidade Virtual (RV), onde o aluno emerge totalmente no ambiente virtual, sendo esses sistemas mutuamente adaptativos. Um LVA ideal deveria apresentar interatividade mútua, porém isso nem sempre é possível em virtude das limitações técnicas dos softwares utilizados. Desse modo, durante o desenvolvimento do LVA, deve-se buscar o maior nível de interatividade compatível com a tecnologia utilizada.

A metodologia de aplicação do LVA dependerá dos objetivos que se pretende alcançar na aprendizagem dos alunos. Na realização de atividades práticas experimentais, o uso do LVA em combinação com o LP é o mais indicado, pois uma gama maior de habilidades poderá ser desenvolvida pelos alunos. Sendo possível utilizar o LVA anteriormente ao LP, ficando os alunos mais habituados com a prática após o uso das simulações e assim podendo melhorar o seu desempenho nos experimentos reais (RÉ, ARENAL e GIUBERGIA, 2012), concomitantemente ao LP ou posteriormente, podendo haver maior autonomia do aluno para utilizar o ambiente virtual, uma vez que já conhece os equipamentos e as técnicas reais (JIMÉNEZ, 2014, p. 932).

O LVA também é uma boa ferramenta didática para a compreensão de conceitos e desenvolvimento de habilidades profissionais (MA e NICKERSON, 2006, p. 8), podendo ser



utilizado em combinação com outros métodos de ensino, como os tradicionais, uma vez que possibilita: a visualização de estruturas e processos de forma ímpar e dinâmica; o uso de animais sem lhes causar danos e a utilização de materiais perigosos sem pôr em risco a segurança dos alunos.

Ainda o LVA, permite ao professor acompanhar todo o processo de aprendizagem dos alunos com o uso de métodos avaliativos diversificados, o quais permitem englobar um grande número de competências e habilidades, levando em consideração a individualidade de cada sujeito. Nesse sentido, torna-se interessante a utilização de portfólios virtuais, permitindo aos alunos o registro de suas produções individuais e coletivas ao longo do curso, mostrando passo-a-passo a construção progressiva dos conhecimentos (COSTA e FRANCO, 2005, p. 4; NUNES, 2007, p. 154). Além de constituir-se um instrumento avaliativo, o portfólio virtual também proporciona a aprendizagem e a interação ao ser compartilhado entre os alunos (AMANTE, 2011).

5 Considerações finais

Os LVA têm sido empregados com sucesso nas últimas décadas no Ensino de Ciências em diversos países, melhorando e facilitando a aprendizagem dos alunos, sendo bem avaliados por seus usuários (alunos e professores). Contudo, a maioria é destinada a alunos do Ensino Superior, havendo carência de propostas para a Educação Básica.

Várias metodologias são possíveis com o uso de LVA, pois podem apresentar diferentes formatos e recursos didáticos, o que possibilita a combinação do LVA com o LP e com métodos tradicionais, tanto na modalidade de ensino presencial como a distância.

As características desejáveis para um LVA auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de Ciências são: apresentar o conteúdo teórico de forma clara e sucinta; ser fácil de usar para que promova a inclusão digital de seus usuários; ser atrativo e interativo para despertar o interesse e a motivação dos alunos, assim como possibilitar a comunicação entre seus usuários e facilitar o seu uso e apresentar diversas metodologias para avaliação do processo de aprendizagem dos alunos.

Nesse sentido, com base nas potencialidades e limitações de desenvolvimento, bem como de utilização dos LVA no processo de ensino e aprendizagem de Ciências, levantadas nesta pesquisa bibliográfica, uma proposta de Laboratório Virtual de Biologia Celular será desenvolvida durante o doutoramento da primeira autora, sendo destinado a alunos do Ensino Médio.

DIGITAL INCLUSION IN SCIENCE TEACHING: ANALYZING VIRTUAL LEARNING LABORATORIES

Abstract: Virtual Learning Labs (LVA) are web pages, softwares or CD-ROM which contain a set of learning objects which allow carrying out experimental activities, preferably through simulation of equipment, materials and variables. This work was conducted with the aim of describing relevant features for which a LVA helps the process of teaching and learning of Science. For this purpose, 30 scientific articles have been selected, published between 2001 and 2015, applied LVA in Science Teaching, comprising three sub areas: Biology, Physics and Chemistry. These articles covered three languages (Spanish, English and Portuguese) and were selected for containing users opinion survey and/or learning evaluation of the students after using LVA. LVA was analyzed relating to the content, teaching level to what it was intended, available didactic resources, format, used methodology in your application and type of assessment to that it was submitted (opinion of the user and/or students' learning). In this way, from the opinion of users (students and teachers), as well as the authors' conceptions of analyzed works, it was identified that certain characteristics are considered relevant for LVA facilitates the process of teaching and learning Science. Among these features it can be highlighted: to introduce the theoretical content in a clear and succinct way; to be easy to use to promote digital inclusion of users; to be attractive and interactive to awaken students' interest and motivation, as well as the communication between their users; to introduce several evaluation methods to monitor the learning process of the students.

Keywords: Information and Communication Technologies. Practical experimental activities. Virtual Learning Lab.

Referências

AMANTE, L. A avaliação das aprendizagens em contexto online: o e-portfólio como instrumento alternativo. In: DIAS, P; OSÓRIO, A.(Org.). **Aprendizagem (In)Formal na Web Social**. Braga: Centro de competência da Universidade do Minho, 2011. p. 221-236.

AMARAL, E. M. H.; ÁVILA, B.; ZEDNIK, H. e TAROUÇO, E. Laboratório Virtual de Aprendizagem: Uma Proposta Taxonômica. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, v. 9, n. 2, p. 1-11, 2011.

ANDERSON, T. Getting the Mix Right Again: An Updated and Theoretical Rationale for Interaction. **IRRODL**, v. 4, n. 2, 2003. Disponível em: <<http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/149/230>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

ANDRADE, M. L. F. e MASSABINI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

ARANTES, V. A.; MORAN, J. M. e VALENTE, J. A. **Educação a distância: pontos e contrapontos**. São Paulo: Summus, 2011. 136p.

AROUCA, S. P. S. **Dissecação virtual on-line vs. Dissecação Real**. Dissertação de Mestrado. Porto: Universidade do Porto, 2007. 160 p.

BELLONI, M. L. **Educação a Distância**. 2.ed. São Paulo: Editora Autores Associados, 1999.

BHARGAVA, P. et al. Web-Based Virtual Torsion Laboratory. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 14, n. 1, p. 1–8, 2006.

BONILLA, M. H. S. Políticas Públicas para Inclusão Digital nas Escolas. **Motrivivência**, n. 34, p. 40-60, 2010.

BOTERO, C. A. M. **Los laboratorios virtuales como una estrategia para la enseñanza - aprendizaje del concepto de cambio químico en los estudiantes de grado octavo de la Institución Educativa Marco Fidel Suárez de la Dorada Caldas**. Dissertação de mestrado. Colômbia: Universidad Nacional de Colombia, 2015. 112p.

BRACK, C. et al. The virtual laboratory: An online program to integrate authentic activities into the biology curriculum. In: CRISP, G. et al. **INTERACT, INTEGRATE IMPACT: Proceedings of the 20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE)**, 7-10 dez., p. 581-584, 2003.

BREAKEY, K. M. et al. The Use of Scenario-Based-Learning Interactive Software to Create Custom Virtual Laboratory Scenarios for Teaching Genetics. **Genetics**, v. 179, n. 3, p. 1151–1155, 2008.

CARNEVALE, D. The Virtual Lab Experiment: Some colleges use computer simulations to expand science offerings online. **The Chronicle of Higher Education: Information Technology**, p. 1-5, 2003.

COSTA, L. A. C.; FRANCO, S. R. K. Ambientes virtuais de aprendizagem e suas possibilidades construtivistas. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, v. 3 n. 1, p. 1-10, 2005.

CRUZ, A. X. e SILVA, M. A. R. **Inclusão Digital: A inserção das tecnologias informacionais nas escolas públicas da RMN e o Proinfo em Natal/RN**. Rio Grande: Pluscom, 2013. 170p.

CUNNINGHAM, S. C. et al. Beverage-Agarose Gel Electrophoresis: An Inquiry-based Laboratory Exercise with Virtual Adaptation. **CBE: Life Sciences Education**, v. 5, p. 281-286, 2006.

DALGARNO, B. et al. Effectiveness of a Virtual Laboratory as a preparatory resource for Distance Education chemistry students. **Computers & Education**, v. 53, n. 3, p. 853–865, 2009.

DEMO, P. Inclusão digital: cada vez mais no centro da inclusão social. **Inclusão Social**, v. 1, n. 1, p. 36-38, 2005.

DONNELLY, D.; O'REILLY, J. e MCGARR, O. Enhancing the Student Experiment Experience: Visible Scientific Inquiry Through a Virtual Chemistry Laboratory. **Research in**

Science Education, v. 43, p. 1571–1592, 2013.

ELAWADY, Y. H.; TOLBA, A. S. Educational Objectives Of Different Laboratory Types: A Comparative Study. **International Journal of Computer Science and Information Security**, v. 6, n. 2, p. 89-96, 2009.

FARIA, J. C. N. M et al. O ensino de Biologia Celular e Tecidual na educação a distância por meio do microscópio virtual. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.6, n. 3, p. 63-75, 2011.

FAÚNDEZ, C. A. F. et al. Laboratorio Virtual para la Unidad Tierra y Universo como Parte de la Formación Universitaria de Docentes de Ciencias. **Formación Universitaria**, v. 7, n. 3, p. 33-40, 2014.

FIAD, S B.; GALARZA, O. D. El Laboratorio Virtual como estrategia para el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de mol. **Formación Universitaria**, v. 8, n. 4, p. 3-14, 2015.

FRIESEN, N.; KUSKIS, A. Modes of Interaction. In: MOORE, M. G. (Ed.). **Handbook of Distance Education**. 3 ed. New York, London: Routledge, 2013. p. 351-371.

GARCÍA, M. L. **Los laboratorios virtuales aplicados a la Biología en la Enseñanza Secundaria**: Una evaluación basada en el modelo “CIPP”. Tese de doutorado. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2009. 487 p.

GONÇALVES, L. J. **Uso de animações visando a aprendizagem significativa de Física Térmica no Ensino Médio**. Dissertação de mestrado. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 97p.

GONZÁLEZ, H.; VIDAL, G. e DÍAZ, L. A. Diseño de aplicación de un software multimediasobre el laboratorio de química general. **Revista Pedagogía Universitaria**, v. 8, n.2, p. 1-13, 2003.

GUILLERMO, O. E. P.; TAROUCO, L. M. R.; ENDRES, L. A. M. O poder das simulações no ensino de hidráulica. **Revista Renote**: Novas Tecnologias na Educação, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2005.

HARRIS, T. et al. Comparison of a Virtual Microscope Laboratory to a Regular Microscope Laboratory for Teaching Histology. **The Anatomical Record (New Anat.)**, v. 265, p. 10-14, 2001.

HAWKINS, I. e PHELPS, A. J. Virtual laboratory vs. traditional laboratory: which is more effective for teaching electrochemistry? **Chemistry Education Research and Practice**, v. 4, p.516-523, 2013.

HERGA, N. R. e DINEVSKI, D. Virtual Laboratory in Chemistry: Experimental Study of Understanding, Reproduction and Application of Acquired Knowledge of Subject’s Chemical Content. **Organizacija**, v. 45, n. 3, p. 108-116, 2012.

JIMÉNEZ, C. I. Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 19, n. 62, p. 917-937, 2014.

- KOPEC, R. H. **Virtual, On-Line, Frog Dissection vs. Conventional Laboratory Dissection:** a Comparison of Student Achievement and Teacher Perceptions among Honors, General Ability, and Foundations Level High School Biology Classes. Dissertação de mestrado. South Orange: Seton Hall University, 2002. 117p.
- KRIPPENDORF, B. B. ; LOUGH, J. Complete and Rapid Switch From Light Microscopy to Virtual Microscopy for Teaching Medical Histology. **The Anatomical Record (Part B: New Anat.)**, v. 285B, p. 19–25, 2005.
- LAGUARDIA, J.; MACHADO, R.; COUTINHO, E. Interação e comunicação em ambientes virtuais de aprendizado. **DataGramZero: Revista de Ciência da Informação**, v.11 n. 4, p. 1-14, 2010.
- LOPES, P. C. C. T. **Contributo do laboratório químico virtual para aprendizagens no laboratório químico real.** Dissertação de mestrado. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2004. 130p.
- MA, J.; NICKERSON, J. V. Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. **ACM Computing Surveys**, v. 38, n. 3, p. 1-24, 2006.
- MIRANDA, M. E. M. **Efecto de un laboratorio virtual en el aprovechamiento de estudiante en noveno grado tomando un curso de Biología:** Un estudio de método combinado. Tese de doutorado. Caracas: Universidad Metropolitana, 2012. 173p.
- MORALES, R. G.; AGÜERA, A. S. Capacitación basada en objetos reusables de Aprendizaje. **Boletín IIE**, p. 23-28, 2002.
- MUHAMAD, M.; ZAMAN, H. B.; AHMAD, A. Virtual Biology Laboratory (VLab-Bio): Scenario-based Learning Approach. **Procedia: Social and Behavioral Sciences**, v. 69, p. 162-168, 2012.
- NERI, M. C. **Mapa da Inclusão Digital.** Rio de Janeiro: FGV, CPS, 2012. 173p.
- NUNES, F. B. et al. Laboratório Virtual de Química: uma ferramenta de estímulo à prática de exercícios baseada no Mundo Virtual OpenSim. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE) e XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 2014. **Anais...** Mato Grosso do Sul, UFGD, 2014.
- NUNES, L. C. O Portfólio na Avaliação da Aprendizagem no Ensino Presencial e a Distância: a alternativa hipertextual. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 18, n. 38, p. 153-170, 2007.
- OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.
- OLYMPIOU, G.; ZACHARIA, Z. C. Blending Physical and Virtual Manipulatives: An

Effort to Improve Students' Conceptual Understanding Through Science Laboratory Experimentation. **Science Education**, v. 96, n. 1, p. 21–47, 2012.

ORTEGA-ZARZOSA, G.; MEDELLÍN-ANAYA, H. E.; MARTÍNEZ, J. R. Influencia en el aprendizaje de los alumnos usando simuladores de física. **Lat. Am. J. Phys. Educ.**, v. 4, suppl. 1, 2010.

POLO, A. P. Los objetos de aprendizaje: aprender y enseñar de forma interactiva en biociências. The Learning Tools: To Learn and to Teach in an Interactive Way in Biosciences. **Revista Cubana de ACIMED**, v. 22, n. 2, p. 155-166, 2011.

RAINERI, D. Virtual laboratories enhance traditional undergraduate biology laboratories. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 29, p. 160-162, 2001.

RÉ, M. A.; ARENAL, L. E.; GIUBERGIA, M. F. Incorporación de TICs a la enseñanza de la Física: Laboratorios virtuales basados en simulación. **Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación**, n. 8, p. 16-22, 2012.

REIS, R. O. **Laboratório virtual de eletrônica**. Monografia de graduação. Lavras: UFLA, 2013, 63p.

RIVERA, L. et al. Laboratorio Virtual de Física. **Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales**, v. 6, n. 12, p. 8-12, 2009.

SÁNCHEZ, P. F et al. El aprendizaje activo mediante la autoevaluación utilizando un laboratorio virtual. **IEEE-RITA**, v. 4, n. 1, p. 53-62, 2009.

SILVA, A. C. Educação e tecnologia: entre o discurso e a prática. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 72, p. 527-554, 2011.

SUBRAMANIAN, R. e MARSIC, I. ViBE: Virtual Biology Experiments. In: **Tenth International World Wide Web Conference**, p. 316-325, 2001.

TEIXEIRA, L. C. R. S.; OLIVEIRA, A. M. A relação teoria-prática na formação do educador e seu significado para a prática pedagógica do professor de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, p. 1-23, 2005.

YANG, K. e HEH, J. The Impact of Internet Virtual Physics Laboratory Instruction on the Achievement in Physics, Science Process Skills and Computer Attitudes of 10th-Grade Students. **Journal of Science Education and Technology**, v. 16, p. 451–461, 2007.

YARON, D. et al. The ChemCollective: Virtual Labs for Introductory Chemistry Courses. **Science**, v. 328, n. 5978, p. 584-585, 2010.

YU, J. Q.; BROWN, D. J.; BILLET, E. E. Development of a Virtual Laboratory Experiment for Biology. **European Journal of Open, Distance and E-learning**, 2005. Disponível em: <<http://www.eurodl.org/?p=archives&sp=full&article=195>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

WALDROP, M. M. The Virtual Lab: Confronted with the explosive popularity of online



learning, researchers are seeking new ways to teach the practical skills of science. **Nature**, v. 499, n. 18, p. 268-270, 2013.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor and a taxonomy. In: WILEY, D. A. **The Instructional Use of Learning Objects: Online Version**, 2000. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 30 abr. 2016.

WOODFIELD, B. F. et al. The Virtual ChemLab Project: A Realistic and Sophisticated Simulation of Organic Synthesis and Organic Qualitative Analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 82, n. 11, p. 1728-1735, 2005.