

## USO COORDENADO DE AMBIENTES VIRTUAIS E OUTROS RECURSOS MEDIACIONAIS NO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS<sup>+</sup>\*

---

Helder Figueiredo Paula  
Sergio Luiz Talim  
COLTEC – UFMG  
Belo Horizonte – MG

### Resumo

*Este trabalho investiga a percepção de estudantes sobre o uso de um laboratório virtual como recurso de ensino e aprendizagem. Esse ambiente virtual permite a manipulação de elementos de circuito e aparelhos medidores. Além desse recurso, outros sete recursos foram concebidos para serem usados de maneira coordenada, de modo a mediar a ação dos estudantes, bem como as interações estudante-estudante e estudantes-professor, os quais têm como foco o ensino e a aprendizagem do conhecimento escolar sobre circuitos elétricos. Neste artigo, são discutidos os conceitos de mediação, ação mediada e recursos mediacionais, bem como uma interpretação teórica, elaborada a posteriori, das escolhas que nos levaram a conceber e a coordenar os recursos que utilizamos. A avaliação da pertinência de nossas expectativas, em relação às contribuições do uso de ambientes virtuais pelos estudantes levou-nos às seguintes questões: (a) como se compara o engajamento declarado pelos estudantes no uso do laboratório virtual simulador de circuitos, com o engajamento declarado por esses sujeitos no uso dos outros recursos mediacionais?; (b) para os estudantes,*

---

<sup>+</sup> Coordinated use of a virtual lab and other mediational means in electric circuits teaching

\* Recebido: janeiro de 2012.  
Aceito: maio de 2012.

*o uso do laboratório virtual contribuiu para a realização das ações de ensino e aprendizagem mediadas pelos outros recursos? Os dados que construímos para responder a essas questões foram produzidos a partir de um questionário de avaliação do curso e de autoavaliação respondido pelos estudantes ao final de um trimestre letivo. Os resultados encontrados mostram um alto engajamento discente no uso dos recursos mediacionais e sua percepção acerca da importância do ambiente virtual para a realização das ações mediadas pelos outros recursos.*

**Palavras-chave:** *Ensino de ciências. Simulações de fenômenos físicos. Laboratório virtual. Mediação pedagógica. Recursos mediacionais.*

#### **Abstract**

*This work investigates the students' perception about the use of a virtual laboratory as teaching resource. This virtual laboratory allows the manipulation of virtual circuit elements, and two devices: ammeters and voltmeters. In addition to it, we have designed seven other mediational means to use in a coordinated and complementary way. In this paper, we are going to discuss: the function of these mediational means; the reasons that justified their coordinated use in our classroom; the conceptions of mediation, mediated action and mediational means. Students were asked to evaluate our pedagogical planning when they answer an evaluation questionnaire. Their answers allow us to discuss the following questions: (a) how does the engagement of students in virtual laboratory, view through their point of view, could be compared with their involvement in other mediational means? (b) for the students, the virtual laboratory was important to the tasks mediated by other mediational means? The results show a high engagement of students in the mediational means and students' perception of the importance of virtual laboratory for other learning tasks mediated by other resources.*

**Keywords:** *Science education. Simulations of Physical phenomena. Virtual laboratory. Educational resources. Pedagogical mediation.*

## I. Introdução

O uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC's) no ensino de ciências, em geral, e no ensino da Física, em particular, tem se ampliado nos últimos anos. Essa ampliação reflete a inserção da escola em uma sociedade na qual, cada vez mais, as TIC's são utilizadas nas mais diversas atividades econômicas e manifestações culturais.

De acordo com Bayraktar (2002), a educação em ciências figura entre as áreas nas quais o ensino assistido por computador é mais difundido e efetivo. Alguns benefícios advindos do uso de ambientes virtuais no ensino de ciências são enfaticamente afirmados. Assim, por exemplo, Barab et al. (2000) afirmam que o uso de animações e simulações de fenômenos astronômicos em 3D promovem avanços na compreensão dos estudantes acerca desses fenômenos, enquanto os resultados obtidos por Bell e Trundle (2008) supostamente demonstram que simulações concebidas dentro de um modelo de mudança conceitual podem ser bem eficazes em promover a compreensão dos conhecimentos científicos sobre as fases da Lua. Essa avaliação otimista em relação ao uso desse tipo de recurso na educação não é, todavia, consensual, como teremos a oportunidade de mostrar na terceira seção deste artigo.

Entre as tecnologias mais utilizadas no ensino de ciências no Brasil, podemos citar: (a) as animações e simulações; (b) os laboratórios virtuais; (c) os laboratórios baseados no uso de sensores e na aquisição automática de dados; (d) os *softwares* para o modelamento de fenômenos a partir da análise de vídeos<sup>1</sup>; (e) os *softwares* para o tratamento de dados e medidas provenientes de atividades de laboratório<sup>2</sup>. Além disso, há, também, diversos usos educacionais da *internet* sobre os quais não nos ocuparemos aqui. Apesar da enorme gama de recursos hoje disponíveis, é oportuno mencionar que, no Brasil, o acesso da maioria das escolas aos

---

<sup>1</sup> Como é o caso do *software* livre *Tracker*, disponível no link <<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>>.

<sup>2</sup> Como é o caso do *software* livre *QtiPlot*, disponível no link <<http://soft.proindependent.com/qtiplot.html>>.

equipamentos e a infraestrutura que é necessária à difusão das TIC's na educação são, ainda, limitados.

Este artigo apresenta uma pesquisa que investiga a visão de estudantes sobre o uso de um laboratório virtual de circuitos elétricos (daqui em diante identificado pela sigla LV) como recurso de ensino e aprendizagem e sua relação com outros recursos utilizados como instrumentos de mediação pedagógica. A pesquisa foi realizada junto a estudantes de sete turmas de Física, do primeiro ano básico comum, de uma escola pública federal dedicada à formação técnica de nível médio. Além disso, apresentaremos e utilizaremos aqui os conceitos de mediação, ação mediada e recursos mediacionais para fornecer uma interpretação teórica, elaborada a *posteriori*, das escolhas que nos levaram a conceber e a coordenar o LV com outros recursos educacionais.

Esta primeira seção de introdução apresenta informações sobre o contexto da pesquisa, assim como introduz nossas questões de pesquisa e argumentos quanto à relevância e pertinência das mesmas. Na segunda seção, apresentamos uma breve descrição dos recursos educacionais que compuseram a experiência de ensino e aprendizagem que constituiu o contexto de nossa pesquisa. Sem essa descrição, torna-se impossível compreender o instrumento utilizado na parte empírica da pesquisa e os dados coletados por seu intermédio. Na terceira seção, fazemos uma breve revisão da literatura sobre os ambientes virtuais no ensino e aprendizagem de ciências. Na quarta seção, apresentamos alguns dos fundamentos teóricos e metodológicos que orientam nossa prática pedagógica e que nos permitem interpretá-la e avaliá-la. Na quinta seção, apresentamos a metodologia que nos permitiu responder às questões empíricas de nossa pesquisa. A sexta seção traz uma análise dos dados empíricos que obtivemos e também uma avaliação da visão dos estudantes acerca das contribuições do LV para sua aprendizagem. Na sétima seção, apresentamos nossas considerações finais e, na oitava e última, nossas referências bibliográficas.

Os conceitos de mediação, ação mediada e recurso mediacional serão devidamente apresentados e discutidos na quarta seção deste artigo, na qual descreveremos alguns fundamentos da teoria da ação mediada de James Werstch. A ideia de mediação consiste na afirmação de que uma interação entre dois elementos envolve a presença de um terceiro elemento. A teoria que descrevemos e utilizamos neste artigo afirma que as ações especificamente humanas sempre envolvem o uso de um elemento ou recurso mediador.

Agora mesmo, a ação de comunicação realizada entre nós, os autores deste texto e você, leitor, é realizada a partir da mediação de muitos elementos: o suporte no qual o texto está inscrito (papel ou tela do computador); as normas-

padrão do português brasileiro; os conceitos do campo da educação escolar e do ensino de ciências, que nós autores compartilhamos com nosso leitor; etc.

Todos os elementos descritos nesse exemplo podem ser considerados recursos mediacionais. As ações dos estudantes, no contexto das atividades escolares, bem como as interações estudante-estudante ou estudantes-professor, sempre envolvem o uso de diversos recursos mediacionais e podem ser compreendidas por meio da teoria da ação mediada. Neste artigo, no entanto, vamos nos ocupar, principalmente, dos recursos mediacionais reconhecidos como TIC's e, mais especificamente, do recurso mediacional *Laboratório Virtual Simulador de Circuitos*.

A investigação que deu origem à parte empírica da pesquisa aqui relatada surgiu como um desdobramento do processo de concepção e uso de um instrumento destinado a orientar estudantes a avaliar um curso de física introdutória e a auto-avaliar seu próprio engajamento nesse curso. Tal instrumento, descrito sumariamente na quinta seção deste artigo, foi utilizado no final do primeiro trimestre letivo de 2011.

A escola onde ocorreu a pesquisa está situada em Belo Horizonte, Minas Gerais, e oferece cursos técnicos de automação, eletrônica, informática, química e análises clínicas. O corpo docente é formado por dois mestres e quatro doutores, todos envolvidos com a pesquisa em ensino de ciências e dotados de uma nítida consciência sobre sua responsabilidade com a inovação educacional. Os estudantes do primeiro ano não têm contato com as disciplinas específicas focadas na formação dos futuros técnicos, que são ministradas a partir do segundo ano. Sendo assim, acreditamos que a pesquisa realizada nesse contexto particular pode ser objeto do interesse de todos aqueles envolvidos com o ensino da física em cursos de Ensino Médio, tanto regulares, quanto técnicos.

Os dados que discutiremos neste artigo constituem um pequeno recorte de um conjunto maior de dados obtidos com o uso do instrumento que concebemos para realizar uma avaliação do curso, de modo a subsidiar nosso planejamento pedagógico. Os dados aqui apresentados nos permitiram responder às seguintes questões empíricas: (a) como se compara o engajamento declarado pelos estudantes no uso do LV *Simulador de circuitos*, com o engajamento declarado por esses sujeitos no uso dos outros recursos mediacionais?; (b) para os estudantes, o uso do LV contribuiu para a realização das ações de ensino e aprendizagem mediadas pelos outros recursos?

Dois questões de natureza teórica serão também respondidas. Tais questões, tratadas na quarta seção deste artigo, justificam a inserção deste trabalho na seção *Bases Teóricas e Metodológicas do Ensino de Física mediado por TIC's*, que compõe este número especial do *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*.

Essas questões podem ser assim formuladas: (i) quais são os fundamentos teórico-metodológicos que sustentam as escolhas pedagógicas realizadas durante a concepção e a articulação dos recursos mediacionais utilizados em nosso curso? (ii) que expectativas sobre as contribuições do LV estão contidas nesses fundamentos?

Essas questões são consideradas teóricas por estarem associadas ao problema da fundamentação teórica da prática pedagógica. A importância de explicitarmos e discutirmos aqui essas questões deve-se ao fato de que não encontramos, na revisão de literatura que realizamos, trabalhos que oferecem reflexões sistemáticas acerca das bases teóricas e metodológicas para o ensino de ciências mediado por TIC's. Nossa sensação de que esse tipo de trabalho não é facilmente encontrado aumentou a partir da leitura de um recente trabalho de revisão (SCALISE et al., 2011) destinado à caracterização da literatura que avalia possíveis avanços no ensino de ciências promovidos pelo uso de ambientes virtuais nos níveis *middle* e *high school* (respectivamente equivalentes aos Ensinos Fundamental e Médio, no Brasil). Nessa revisão, Scalise et al. (2011) apontam para a incipiência das pesquisas na área. Nesse trabalho de revisão, os autores buscaram evidências oriundas da pesquisa que pudessem justificar o uso de simulações e laboratórios virtuais<sup>3</sup>, bem como permitir escolhas racionais de *softwares* e princípios de *design* para o desenvolvimento posterior dos mesmos, tendo em vista a obtenção de ganhos na aprendizagem.

No rodapé de uma tabela dedicada à apresentação de uma síntese das principais características dos ambientes virtuais<sup>4</sup> que, segundo as pesquisas analisadas por esses autores, são necessárias para se promover avanços no ensino de ciências, Scalise et al. (idem, p. 1061) afirmam que nenhum dos relatos de pesquisa por eles avaliados sugerem, explicitamente, em seus resultados, recomendações destinadas aos desenvolvedores de *softwares* ou aos professores.

Concordando com esses autores sobre a importância de compartilhar com professores recomendações sobre o uso dos ambientes virtuais no ensino de ciências, iremos apresentar, em nossas considerações finais, duas orientações didático-metodológicas que emergem, tanto de nossa interpretação da avaliação dos estu-

---

<sup>3</sup> Os autores citados distinguem as simulações dos laboratórios virtuais do seguinte modo: os laboratórios virtuais simulam na tela de um computador experimentos que são tradicionalmente realizados em laboratórios escolares reais. As simulações têm como principal característica o uso de modelos que explicitam aspectos inobserváveis de fenômenos reais.

<sup>4</sup> Utilizaremos, aqui, a expressão “ambientes virtuais de ensino de ciências”, ou, simplesmente, “ambientes virtuais”, para designar tanto simulações, quanto laboratórios virtuais.

dantes sobre as contribuições do LV, quanto dos fundamentos teóricos apresentados na quarta seção deste artigo. Com isso, pretendemos colaborar para o estabelecimento de bases teóricas e metodológicas para o ensino de Física mediado por TIC's.

## II. Breve descrição dos recursos mediacionais que utilizamos

Além do LV de circuitos elétricos, utilizamos, em nossas salas de aula, sete outros recursos de modo sistemático:

- experimentos realizados em um laboratório real;
- um caderno dedicado à produção de relatórios dos experimentos realizados no laboratório real;
- uma série de demonstrações, investigações compartilhadas e atividades em grupo realizadas em sala de aula;
- aulas expositivas dedicadas à apresentação de conceitos, modelos e teorias, bem como às discussões das atividades feitas em sala de aula ou no laboratório;
- um livro didático de Física para o Ensino Médio;
- diversas listas de exercícios;
- um caderno dedicado à produção de registros das atividades feitas em casa ou em sala de aula.

Em nossa escola, os experimentos de laboratório, daqui em diante denominados atividades em laboratório real, ou, simplesmente, LR, são realizados em grupos de até quatro alunos. Cada aluno tem uma carga horária de cinco horas-aula semanais: duas de laboratório (realização de experimento ou produção de relatório) e três com a participação de toda a turma em sala de aula. Os roteiros usados para orientar os estudantes na realização das atividades propostas no LR explicitam um objeto para cada atividade que, geralmente, é apresentado na forma de um problema usado para justificar a realização da atividade e orientar tanto a produção de dados, quanto a análise dos resultados.

O nível de estruturação das atividades pelos roteiros varia entre semiestruturado e pouco estruturado. As atividades de LR semiestruturadas contêm a explicitação de um problema-objeto descrito na introdução do roteiro, seguidas de questões destacadas em segmentos da atividade denominadas “explorações”. Nesses segmentos, há sugestões de procedimentos e métodos para responder às questões relacionadas ao problema-objeto, bem como de estratégias para a análise e interpretação dos dados obtidos em cada exploração. Nas atividades de LR pouco estru-

turadas, os estudantes precisam fazer escolhas quanto aos procedimentos e às estratégias a serem adotadas e, também, avaliar, *a posteriori*, a efetividade dos mesmos, tendo em vista a qualidade da resposta obtida para o problema-objeto e, eventualmente, também para as questões propostas ao longo das “explorações”. Nós não utilizamos roteiros fortemente estruturados do tipo “receita de bolo”.

Os relatórios das atividades de LR são redigidos coletivamente pelos mesmos grupos que fizeram os experimentos. Na confecção desses relatórios, os estudantes são orientados a seguir uma estrutura canônica composta pelas seguintes seções obrigatórias: introdução; objetivos; procedimentos e métodos; apresentação e análise de dados e resultados; considerações finais. No LR, as turmas, com cerca de trinta alunos, são divididas em duas subturmas. A elaboração dos relatórios é assistida por um professor que fica com uma das subturmas e a essa produção são destinadas duas horas-aula semanais. No mesmo período, a outra subturma inicia uma nova atividade, assistida por outro professor. Cada subturma vivencia um ciclo quinzenal constituído pela realização de um experimento no LR e pela elaboração do relatório deste experimento.

Assim como no caso dos relatórios registrados no caderno de laboratório, os registros produzidos nos cadernos de classe também seguem um conjunto de orientações específicas. Nesse segundo caderno, os alunos são orientados a produzirem um sumário constantemente atualizado à medida que novos registros são incorporados ao caderno. Nas páginas ímpares, os estudantes reservam uma margem vertical de 6 cm de largura para fazer anotações e comentários complementares durante ou após a discussão coletiva de atividades feitas em classe ou realizadas como tarefas para casa. Os professores orientam os estudantes em relação aos registros que devem constar “obrigatoriamente” no caderno e, periodicamente, olham os cadernos para avaliar estes registros. Cerca de 20% dos pontos do trimestre são reservados a essa atividade que também é valorizada por meio da permissão de consulta aos cadernos durante os diversos testes que antecedem as provas trimestrais.

As demonstrações e investigações compartilhadas, que são realizadas em sala de aula, tanto resgatam situações pouco exploradas em atividades de LR anteriores, quanto servem para introduzir novos temas que, posteriormente, são abordados no LR. Além disso, essas atividades servem: (i) de apoio para aulas expositivas dialogadas utilizadas para a apresentação dos conceitos, modelos e teorias da Física escolar; (ii) para responder a dúvidas e questionamentos feitos pelos estudantes durante esse tipo de apresentação; (iii) para a realização de atividades de modelagem de fenômenos físicos.



O livro didático utilizado durante o primeiro trimestre letivo de 2011 para o tratamento do tema circuitos elétricos (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2009) foi enviado à escola pelo PNLD para ser utilizado pelos estudantes. Em nossa opinião como professores, o tema circuitos elétricos está entre os poucos assuntos que esse livro de volume único desenvolve de acordo com a nossa proposta pedagógica e o modo como entendemos o ensino da Física. Em nossa escola, no tratamento de outros conteúdos, outros textos didáticos e paradidáticos são utilizados como apoio ao estudo extraclasse demandado dos estudantes. Esses textos cumprem papel complementar e são apenas um dentre vários recursos utilizados em nossas estratégias de ensino e aprendizagem.

As listas de exercícios seguem o formato utilizado na maioria das escolas de Ensino Médio brasileiras, pois contemplam exercícios escolares típicos, normalmente similares aos usados em exames vestibulares. Todavia, nossas listas também contêm questões utilizadas no contexto da pesquisa em ensino de Física. Entre esse segundo tipo de questões, destacam-se as inspiradas no trabalho de Arons (1997). Além de oportunidades criadas pelos professores ou demandadas pelos estudantes para a discussão de dúvidas geradas na realização dessas listas, os estudantes podem marcar plantões com estudantes de licenciatura em Física que atuam, normalmente, como bolsistas de graduação em nossa escola.

No primeiro trimestre letivo de 2011, período que delimita o contexto da pesquisa relatada neste artigo, uma novidade foi inserida na lista de recursos midiacionais que já utilizávamos há vários anos. Trata-se da concepção e do uso sistemático de roteiros que propõem explorações e questões a serem enfrentadas pelos estudantes a partir da utilização de simulações ou laboratórios virtuais. Os roteiros usados no primeiro trimestre de 2011, para orientar o uso do LV *Simulador de circuitos elétricos*, foram revistos e reorganizados a partir de informações que obtivemos sobre o uso desse recurso pelos estudantes no período mencionado. Já com esse novo formato, esses roteiros foram reunidos no *Ebook Atividades em um laboratório virtual de eletricidade* (PAULA, 2011), que está disponível para *download* no site do projeto Pontociência ou no link <https://sites.google.com/site/fisica102104coltecufmg/ebooks>.

Seis dos sete roteiros que utilizamos, no primeiro trimestre de 2011, exploram o LV *Circuit Construction Kit DC* (ou Kit de Circuitos de Corrente Contínua), criado pelo projeto *Physics Education Technology (PHET)*, da Universidade do Colorado. O outro roteiro de atividade que utilizamos explora, conjuntamente, esse LV e a simulação *Resistance in a wire* (ou resistência em um fio condutor), também concebida pela equipe do PHET. Muitos dos recursos desenvolvidos por esse projeto, incluindo os que utilizamos com nossos alunos, estão traduzidas para

o português e podem ser acessados no endereço <<http://phet.colorado.edu/en/simulations/translated/pt>>, quer seja para serem executados *on line*, quer seja para serem “baixados” para a memória do computador. Esses e outros recursos educacionais produzidos no esteio do projeto PHET encontram-se também disponíveis no *Banco Internacional de Objetos Educacionais* (<<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>), do Ministério da Educação.

Todos os oito recursos mediacionais acima mencionados (LV, LR, produção de relatórios dos experimentos realizados no LR, demonstrações e investigações compartilhadas feitas em sala de aula, aulas expositivas ou dialogadas, listas de exercícios, livro didático, registros feitos no caderno de classe) foram concebidos como recursos integrados e complementares. Assim, levando em conta as especificidades, potencialidades e limitações à ação, inerentes a cada um desses recursos, nós os articulamos em nosso planejamento pedagógico esperando que o uso conjunto dessas mediações permitisse aos estudantes compreender os conceitos, modelos, procedimentos e métodos utilizados pela Física para o estudo, a caracterização e a compreensão do funcionamento dos circuitos elétricos de corrente contínua.

### III. Breve revisão da literatura sobre ambientes virtuais

O uso de ambientes virtuais no ensino de ciências tem sido objeto de vários estudos há pelo menos uma década (ver, por exemplo, de JONG et al., 1999; MEDEIROS e MEDEIROS, 2002; FIOLEAIS e TRINDADE, 2003; ARAUJO e VEIT, 2004). Todavia, tendo em vista o constante surgimento de novos *softwares* e recursos, a produção de pesquisas no campo da educação em ciências sobre essa área é necessariamente dinâmica e pode ser considerada incipiente, dado que os cenários avaliados e os recursos utilizados têm mudado rapidamente. Aparentemente, o periódico que mais tem publicado artigos nessa área é o *Journal of Research in Science Teaching*, da *Wiley Periodicals, Inc.* O crescimento quantitativo e qualitativo das pesquisas nessa área tende a mudar esse quadro, de modo a trazer o tema para o foco da preocupação de editores de vários outros periódicos.

A revisão de literatura que realizamos até o momento é preliminar e não se compara, em termos de extensão e sistematicidade, àquela encontrada no trabalho de Scalise et al. (2011). Este trabalho, por sinal, foi o último a que tivemos acesso, antes de produzir o relato de pesquisa contido neste artigo. Para nós, o quadro que emerge do trabalho de revisão que realizamos até o momento é claramente insatisfatório, algo que vem de encontro à avaliação realizada por Scalise *et al.* (idem) sobre as publicações na área. As evidências que emergem dos estudos

que analisamos são conflitantes: alguns sugerem que o uso de ambientes virtuais produz avanços para o ensino de ciências, outros afirmam o oposto.

Um exemplo de inconsistência entre resultados de pesquisa pode ser encontrada em uma sequência de artigos publicados por um mesmo grupo de pesquisa do departamento Educacional de Ciências da Universidade de Chipre. Os resultados do trabalho publicado por Zacharia (2007) sugerem que a combinação de experimentação real (LR) e virtual (LV) produz nos estudantes uma maior compreensão de conceitos necessários ao estudo dos circuitos elétricos, quando comparada ao uso exclusivo de LR. Além disso, os resultados desse trabalho parecem sugerir que o uso exclusivo de LV é mais efetivo que o uso exclusivo de LR. Esses resultados são, basicamente, reafirmados em outro trabalho (ZACHARIA *et al.*, 2008), que apresenta um estudo envolvendo o tema calor e temperatura. Esse mesmo tema de ensino foi novamente explorado em um terceiro trabalho (ZACHARIA; OLYMPIOU, 2011), cujos resultados, contudo, são diferentes e parcialmente contraditórios aos apresentados nos trabalhos anteriores. Nessa última pesquisa, foram utilizados mais grupos experimentais que nas anteriores: um grupo fez uso exclusivo do LV, outro uso exclusivo do LR, um terceiro usou os dois tipos de laboratório, mas as atividades no LR foram realizadas antes das atividades no LV, enquanto um quarto grupo fez o percurso contrário, usando o LV antes do LR. Além desses quatro grupos, o estudo envolveu um grupo de controle no qual não foram usadas atividades, nem de LV, nem de LR. Desta vez, não foram encontradas diferenças significativas entre grupos que usaram apenas LV, apenas LR ou diferentes sequências de uso de LV e LR: todos os quatro grupos obtiveram resultados equivalentes em testes de aferição de compreensão conceitual e tais resultados foram superiores àqueles obtidos pelo grupo de controle.

Há outros exemplos de inconsistência entre resultados de pesquisas na área. No trabalho de Finkelstein *et al.* (2005), estudantes foram separados em dois grupos: um deles realizou experimentos em LR e outro em LV por meio de um *software* que continha uma representação do fluxo de elétrons nos circuitos. Os estudantes que usaram o LV superaram seus pares, tanto em termos de seu domínio conceitual no tema circuitos, quanto em termos de sua capacidade em manipular equipamentos reais de laboratório e de descrever como cada circuito montado funcionava. A pesquisa realizada por Jaakkola *et al.* (2011), por sua vez, sugere que o ensino de eletricidade obtém melhores resultados, do ponto de vista dos ganhos de compreensão pelos estudantes, quando simulações e experimentos no laboratório real são usadas paralelamente, mesmo que o uso das simulações seja suportado por instrução explícita.

No trabalho de Klahr *et al.* (2007), um grupo de estudantes do sétimo e oitavo anos foi convidado a projetar e testar carros que deveriam se mover na maior distância possível. Os estudantes foram divididos em quatro grupos a partir de dois critérios: uso exclusivo de LV ou LR para projetar e testar os carros; limitação no número de carros que poderia ser concebido e testado ou limitação no tempo destinado à tarefa. Não houve diferenças significativas na aquisição de conhecimento causal sobre os fatores que influenciavam o comportamento dos carros, de modo que os autores concluem ser legítimo optar pelo uso do LV no lugar do LR por questões “pragmáticas”, tais como as diferenças de custo, a gestão e a manutenção desses dois tipos de ambientes educacionais.

Winn *et al.* (2006) criticam a concentração das pesquisas por eles analisadas, cujo objeto, de modo predominante, era a comparação entre aprendizagens geradas pela utilização de ambientes virtuais ou laboratórios tradicionais. Isso parece ter motivado os autores a realizarem uma pesquisa na qual a aprendizagem gerada pelo uso de simulações é comparada com a aprendizagem gerada por atividades de campo nas quais se torna possível estudar diretamente os fenômenos abordados pelas simulações. Para os autores, os resultados mostram que as atividades de campo são mais eficazes para contextualizar os objetos de aprendizagem, enquanto as simulações permitem de modo mais eficaz que os estudantes façam conexões entre diferentes aspectos dos conteúdos trabalhados ao longo das aulas.

Diante disso, Winn *et al.* (*idem*) concluem que as simulações de computador e outras atividades de ensino e aprendizagem, como é o caso das atividades de campo, têm contribuições relevantes e complementares para a educação em ciências. Na revisão realizada por Scalia *et al.* (2011), esse tipo de defesa pelo uso coordenado de atividades em ambientes virtuais, em laboratórios remotos e atividades do tipo “mão na massa”, aparece em 7 das 230 características dos ambientes virtuais que seriam responsáveis, segundo os 79 *papers* que compuseram o *corpus* de análise desses autores, por avanços no ensino de ciências. Nesse trabalho de revisão, o percentual de argumentos a favor do uso coordenado dos ambientes virtuais e outros recursos educacionais é pequeno: apenas 3%. No presente artigo, todavia, pretendemos fazer uma defesa enfática dessa tese, como está sinalizado no título que escolhemos para o mesmo.

Acreditamos que as evidências conflitantes que encontramos em nossa revisão sinalizam um equívoco dos trabalhos que pretendem produzir uma validação de *softwares* ou metodologias de ensino baseadas no uso de TIC's. Para nós, esse tipo de validação é, em si, impossível: o máximo que se pode concluir é que certos produtos e métodos produzem bons ou maus resultados para um público específico, em um contexto também específico. Por essa razão, nossa expectativa, ao ana-

lisar um relato de pesquisa nessa área, é encontrar uma boa descrição do contexto da pesquisa e das características da experiência educacional no interior da qual o uso de determinados recursos e seus impactos na prática pedagógica são avaliados. Essa afirmação encontra eco no trabalho de Ma e Nickerson (2006). Segundo esses autores, os pesquisadores cujos trabalhos eles avaliaram muitas vezes ignoram ou até mesmo confundem os diferentes fatores que interferem no sucesso ou fracasso de experiências educacionais baseadas no uso de TIC's.

Como essa expectativa tem sido, em geral, frustrada até o presente momento, os fundamentos teórico-metodológicos, apresentados na quarta seção deste artigo, e que têm orientado o uso de TIC's em nossa prática pedagógica, não nos foram introduzidos por trabalhos na área específica de TIC's, mas vinculam-se a referenciais mais amplos do campo da educação em ciências. Esse quadro não nos é incômodo, uma vez que não acreditamos na necessidade ou pertinência de erigir bases teóricas e metodológicas para o uso de TIC's que sejam exclusivas ou radicalmente diferentes daquelas que orientam o uso de outros recursos mediacionais. Ao contrário, cremos que os ambientes virtuais e outras TIC's têm suas especificidades, mas devem ser pensados e coordenados com outros recursos educacionais a partir de princípios teóricos e pedagógicos mais gerais.

Como se pode perceber a partir da breve revisão que apresentamos aqui, existe uma concentração de pesquisas concebidas para comparar o LV e o LR, quer seja para avaliar se um destes recursos é superior ao outro, quer seja para identificar as situações em que cada um deles é mais adequado que o outro. Em nossa opinião, esse é um patamar de discussão bastante limitado. Com a apresentação da teoria da ação mediada, na próxima seção deste artigo, pretendemos superar esse patamar ao apresentar fundamentos teóricos para sustentar o uso coordenado do LV com outros recursos. Como veremos a seguir, a partir da teoria da ação mediada de Werstch (1998), adquirimos a convicção de que o LV não deve ser utilizado para substituir o LR, ou outros recursos mediacionais, mas deve ser encarado como um modo de dar origem a ações mediadas que não podem ser realizadas por meio de outros recursos.

#### **IV. Fundamentos teórico-metodológicos para o uso do LV no ensino de ciências**

Nesta seção, serão discutidos os conceitos de mediação, mediação semiótica, ação mediada e recurso mediacional, a partir dos quais será possível responder às duas questões teóricas de nossa pesquisa, apresentadas na introdução. Em outras palavras, esta seção discorrerá sobre alguns dos fundamentos teórico-

metodológicos que inspiraram nossas escolhas pedagógicas e apresentará as expectativas que tais fundamentos trazem em termos das contribuições do LV para o ensino de ciências.

Nossos fundamentos encontram-se ancorados na abordagem sócio-histórica-cultural de Lev S. Vygotsky, apresentada, entre outros tantos textos, em Vygotsky (1991 e 1999). Esta abordagem tem orientado pesquisas e práticas no campo da educação em ciências, nas últimas décadas, e será aqui caracterizada a partir dos trabalhos de James Wertsch (WERTSCH, 1985, 1998 e 2007) e Alex Kozulin (KOZULIN, 2002). A escolha desses textos, em particular, para a caracterização que faremos da perspectiva vygotskyana, deve-se ao fato de que, nesses trabalhos, os autores centram sua atenção no conceito de mediação, que está no âmago dos fundamentos teórico-metodológicos que têm orientado tanto o uso que fazemos do LV em nossa prática pedagógica, quanto a reflexão teórica sobre esta prática.

Como nos lembra Kozulin (2002), um dos principais empreendimentos teóricos a que se dedicou Vygotsky foi a construção de uma teoria sobre o surgimento das capacidades especificamente humanas, que ele denominou como funções intelectuais superiores. A atividade humana possibilitada pelo exercício dessas funções é necessariamente uma atividade mediada por ferramentas psicológicas que também permitem a comunicação interpessoal realizada por meio da linguagem verbal, dos gestos, etc. As ferramentas psicológicas foram concebidas, inicialmente, como análogas às ferramentas materiais. Todavia, enquanto essas últimas servem à realização das ações humanas sobre o mundo físico, as primeiras servem à constituição das funções intelectuais superiores, tais como o pensamento conceitual mediado pela linguagem. Filo e ontogeneticamente, essas ferramentas psicológicas são as responsáveis por transformar funções intelectuais naturais, tais como percepção elementar, memória associativa, atenção e vontade, em funções superiores ou culturais. É esclarecedor a esse respeito, o seguinte exemplo retirado por Kozulin (2002, p. 116-117)<sup>5</sup> de um dos textos de Vygotsky:

*(...) se um esforço elementar, natural, de memorização, conecta o evento A com o evento B, por meio da capacidade natural do cérebro humano, então, na mnemônica [memória mediada], esta relação é substituída por duas outras: A para X e X para B, onde X é uma ferramenta psicológica artificial, como um nó num lenço, um bilhete escrito ou um [outro] esquema mnemô-*

---

<sup>5</sup> Os termos em colchetes foram introduzidos por nós para explicitar o sentido de nossa interpretação desta citação.

nico [qualquer] (VYGOTSKY, 1981, p. 138, apud. KOZULIN, 2002, p. 117).

É importante salientar, neste exemplo, que a ferramenta psicológica X exerce o papel de mediação entre os eventos A e B, que poderiam ter sido conectados diretamente por meio da memória natural, na ausência de X. É claro, porém, que o uso de ferramentas culturais ou recursos mnemônicos amplia em muito a memória humana natural, uma vez que desobriga o cérebro de manter, persistentemente, uma conexão entre os eventos A e B. É nesse sentido, por exemplo, que podemos dizer que registramos um compromisso em uma agenda para podermos “esquecer” do mesmo, entre o período no qual ocorre o registro e as vésperas da ocasião na qual o compromisso será finalmente honrado.

Como todas as funções intelectuais superiores envolvem algum tipo de mediação, conclui-se, com Vygotsky, que as ações humanas sobre os mundos físico e social são necessariamente indiretas, já que pressupõem o uso de ferramentas materiais ou culturais. Tanto Kozulin (2002), quanto Werstch (1985) nos chamam a atenção para o fato de que a mediação a que Vygotsky se refere é uma mediação semiótica. Assim, as ferramentas psicológicas ou culturais são constituídas a partir de sistemas de signos ou sistemas semióticos.

A semiótica pode ser definida, a partir de Peirce (1975), como uma teoria geral dos signos, mas também, a partir de Kress *et al.* (2001), como uma área do conhecimento que se ocupa dos processos de significação (ou semiose) de elementos culturalmente utilizados nos processos de comunicação humana. Uma estratégia para conduzir o leitor não iniciado a uma compreensão preliminar do objeto da semiótica consiste em apresentá-la como uma espécie de “linguística ampliada”. Assim, enquanto a linguística se ocupa dos processos de produção, circulação e interpretação de signos verbais (palavras, expressões verbais, onomatopeias, etc.), a semiótica se ocupa dos mesmos processos, mas lida com signos de todos os tipos, incluindo signos não-verbais, tais como os signos visuais (imagens, mapas, etc.), os signos gestuais (movimentos específicos feitos com os braços e as mãos) e os signos acionais (coreografias, movimentos com a cabeça, etc.).

Ainda para o leitor não iniciado, pode ser útil conceber o signo, também de modo preliminar, como o resultado de uma interação entre três elementos. Um desses elementos é um objeto (material ou imaterial), que funciona como uma representação e, desse modo, substitui outro elemento, que atua, na constituição do signo, na condição de objeto representado. Essa substituição, todavia, só é significativa para alguém (um indivíduo) ou para algum sistema de significação (um *software*, por exemplo), sob certas circunstâncias e sob um determinado conjunto

de regras. Essa concepção de signo emerge, historicamente, da semiótica triádica de Charles Sanders Peirce, no interior da qual os três elementos que apresentamos como constituintes dos signos são denominados, respectivamente, como *representamen* (ou veículo do signo), referente e interpretante.

A semiótica no tempo de Vygotsky era uma área nova e embrionária. Talvez por isso, a maioria dos trabalhos originais de Vygotsky concentrou-se sobre os signos verbais que já compunham os objetos de estudo dos primeiros linguistas, teóricos da literatura e filólogos. Assim, em Vygotsky (1999), encontramos importantes considerações semióticas utilizadas no contexto de estudos sobre o significado da palavra, eleito, por ele, no contexto daquele trabalho, como sua principal unidade de análise. Vygotsky afirmou que a capacidade de generalização das palavras, que está no cerne dos conceitos científicos, pressupõe tanto a existência de uma relação entre um conceito e um objeto que o conceito substitui, na condição de signo, quanto, também, a existência simultânea de uma relação entre esse conceito e outros conceitos que constituem um dado sistema conceitual.

Essa afirmação nos autoriza a concluir que a criação de sistemas conceituais, ou sistemas de signos, constituídos no marco das teorias, é o que permitiu a diferentes culturas criar, ao longo da história da humanidade, mundos concebidos que são dotados de uma estrutura hierárquica e de uma organização lógica. São esses mundos e seus sistemas conceituais subjacentes que tornam possível identificar, relacionar e antecipar as transformações que atribuímos aos objetos e eventos do mundo vivido. Com mundos concebidos estruturados, lógica e hierarquicamente, tornamo-nos verdadeiros viajantes do tempo e do espaço, libertando-nos do aqui e do agora, do real vivido, e construindo novos possíveis que são, para nós, tão reais quanto o mundo em que supomos viver, embora sejam apenas imaginados.

Os sistemas conceituais teoricamente estruturados permitem que os signos se tornem invariantes e passem a ser aplicados a um número virtualmente infinito de contextos, reais ou imaginários, dando-nos, desse modo, a capacidade de estabelecer relações entre estes inúmeros contextos. Na leitura que Wertsch (1985, p. 103) faz de Vygotsky, só quando os referentes dos signos (verbais ou não-verbais) tornam-se suficientemente abstratos, o sujeito que os utiliza adquire a capacidade de operar, completamente, no interior de sistemas de signos ou sistemas conceituais. Em outras palavras, só após termos constituído mundos concebidos inteiros ou completamente estruturados é que podemos voltar aos nossos contextos de vida e significado para sobre eles operar "cientificamente".

Essa afirmação tem uma implicação importante para a educação escolar, uma vez que os estudantes estão sendo iniciados em uma nova cultura, em um



novo modo de conceber e compreender a realidade, e, por essa razão, têm um domínio apenas parcial, preliminar e precário, dos mundos concebidos pelas ciências. Grande parte das dificuldades que enfrentamos na condição de professores de ciências está relacionada à necessidade de demandar dos estudantes tarefas de iniciação que pressupõem, em alguma medida, o domínio de sistemas de signos que eles ainda não compreendem. Por isso, devemos conceber atividades coletivas nas quais os estudantes: (i) assumem papéis específicos de colaboração conosco, na condição de especialistas ou sujeitos mais experientes; (ii) enfrentem tarefas progressivamente mais complexas, nas quais os avanços conquistados em etapas anteriores, em termos de conhecimentos e habilidades, tornem-se instrumentos para o enfrentamento de novos desafios. Essas atividades devem ter objetos bem definidos e o motivo para realizá-las deve ser compartilhado pelo grupo formado pelos estudantes e pelo professor. Tal perspectiva de educação em ciências se aproxima da ideia de “participação periférica legítima” (LAGE; WENGER, apud. ENGSTRÖM, 2002), na qual os estudantes podem se apropriar, progressivamente, dos conhecimentos e métodos das ciências.

A existência de relações causais estáveis e descontextualizadas, constituídas no interior de sistemas de signos, ou sistemas conceituais, acaba por impregnar nossa compreensão do mundo em que vivemos com processos inobserváveis. Esse é o caso, por exemplo, do modo como concebemos a luz e a visão sob a ótica das ciências. Ao nos apropriarmos do modelo científico de luz e visão, um patrimônio cultural, nosso raciocínio passa a nos impor a ideia de que a luz de uma lâmpada “sai” desse objeto, propaga-se em direção aos objetos que o circundam, atinge esses outros objetos e, depois, “viaja” em direção aos nossos olhos, para excitar nossas retinas.

Por meio da apropriação cultural desse modelo de luz e visão, uma série de crenças ontológicas, conceitos e padrões de raciocínio (con)fundem-se com o nosso mundo vivido, a ponto de nos levar a afirmar que a luz *realmente* se comporta da maneira descrita pelo modelo, ainda que nenhum dos processos que ele postula possam ser diretamente percebidos ou observados. Nossa crença em relação à veracidade do modelo não advém, portanto, da percepção natural ou não mediada, mas do ajustamento ou da aproximação entre os mundos vivido e concebido, sendo esse último, essencialmente, um mundo semiótico constituído de signos reunidos em sistemas<sup>6</sup>. Em outras palavras, podemos dizer que nossa percepção do mundo

---

<sup>6</sup> No caso do modelo científico de luz e visão, lidamos com signos que representam a trajetória da luz, sua interação com os objetos, etc., e que são reunidos em sistemas que possuem sua própria sintaxe, como é o caso da sintaxe que rege a ótica geométrica.

vivido é semiótica e culturalmente mediada, uma vez que os conceitos, modelos e teorias das ciências são objetos semióticos e culturais.

Feita essa apresentação sucinta dos conceitos de mediação e mediação semiótica, daremos continuidade à apresentação dos fundamentos teóricos que balizam o uso do LV em nossa prática pedagógica. O passo seguinte consiste na caracterização dos conceitos de recurso mediacional e ação mediada. Como nos mostra Werstch (1998), a distinção entre ferramentas materiais e culturais, introduzida nos trabalhos seminais de Vygotsky, é mais sutil do que parece. Assim, mesmo o uso de ferramentas materiais não modifica apenas os objetos do mundo físico ou nossas ações sobre tal mundo, essas ferramentas alteram, também, a nós mesmos, ao interferirem no fluxo e na estrutura de nosso funcionamento mental. Por essa razão, Werstch (idem) suaviza a distinção entre ferramentas materiais e psicológicas ou culturais, substituindo estes termos pelo conceito mais amplo de *mediational mean*, um termo que temos traduzido por meio da expressão *recursos mediacionais* (representada, a partir de agora, pela sigla RM).

Werstch (idem) define o que são os RM's, ao apresentar os fundamentos de sua *Teoria da Ação Mediada*. Como dissemos anteriormente, na perspectiva vigotskiana, a mediação é imanente a toda a ação especificamente humana e, por essa razão, o termo ação mediada pode ser considerado um pleonasma. Seu uso só se justifica em função da necessidade de explicitar a centralidade do conceito de mediação para o entendimento da atividade humana. Werstch (idem, p. 23-72) atribui dez propriedades à ação mediada, mas iremos nos referir a apenas três, em função da exiguidade do espaço de que aqui dispomos. Essa mesma limitação nos fará também extrair apenas umas poucas implicações ilustrativas de cada propriedade selecionada. As três propriedades que selecionamos para realizar uma rápida exposição da teoria da ação mediada são:

- A ação mediada instaura uma tensão irreduzível entre agente e RM.
- Os RM's tanto possibilitam quanto constroem a ação.
- Novos RM's transformam a ação mediada.

Em nosso modo de compreender a primeira propriedade, consideramos, a partir de Leontiev (1978), que toda ação humana se insere no quadro mais geral de uma atividade. Por isso, além de considerar a ação a partir da relação entre um agente e um RM, devemos ter em mente outros elementos da atividade humana, tais como o contexto e os objetos/motivos da atividade, bem como os objetivos das ações realizadas no desenvolvimento da atividade e as operações/condições que viabilizam cada ação.

Um dos exemplos dados por Werstch (1998) para explicar a primeira propriedade da ação mediada consiste na análise da multiplicação de dois números

com três casas decimais cada. Praticamente, todas as pessoas escolarizadas conseguem fazer esse tipo de operação. Ao realizar essa ação/operação, mesmo sem utilizar uma calculadora ou lápis e papel, fazemos uso de um algoritmo e de um sistema de numeração. Sem esses RM's tal ação mediada não poderia ser realizada. Além disso, nossa proficiência na execução dessa ação/operação é totalmente dependente do RM específico que aprendemos a utilizar. Por conseguinte, se formos impedidos de usar o sistema de numeração indo-arábico e tivermos de operar, por exemplo, com números romanos, a grande maioria de nós não conseguirá realizar essa ação/operação. Nesse sentido, podemos dizer que essa ação, tomada como exemplo, envolve uma tensão irreduzível entre o agente e o RM que ela utiliza.

Apresentaremos agora algumas implicações dessa primeira propriedade da ação mediada. No exemplo dado acima, ao usar um algoritmo para fazer uma operação matemática, o "pensamento matemático" de qualquer agente torna-se distribuído e se realiza, também, ou simultaneamente, por meio da sintaxe do algoritmo. O mesmo acontecerá com qualquer outra ação humana, de modo que o sucesso na realização de uma ação nunca poderá ser atribuído, de maneira isolada, à "competência" do agente ou do RM que ele utiliza. A competência deve ser vista como domínio de um RM na realização de uma ação mediada, ou como a facilidade de uso do RM neste contexto.

Há outra implicação importante dessa primeira propriedade. Ao usar um RM, não precisamos compreender sua história e seus fundamentos e, por essa razão, podemos ser considerados "consumidores ignorantes de RM's". A esse respeito, Werstch (2007, p. 188) vai nos dizer que:

*Não é apenas possível, mas desejável que os estudantes digam e façam coisas que extrapolam seu nível de entendimento atual. Isso é possível porque os estudantes estabelecem uma participação intersubjetiva em uma atividade compartilhada com professores ou pares mais experientes e, desse modo, elevam suas capacidades iniciais a níveis mais elevados.*

Esta é uma afirmação que se aproxima da ideia de "participação periférica legítima", que comentamos alguns parágrafos atrás. Além do mais, tal afirmação nos permite concluir que o uso dos sistemas de signos, tanto na esfera social, quanto individual (ou mental), ocorre antes que os usuários desses sistemas tenham uma completa compreensão de seus significados ou aspectos funcionais. Na interface do LV, que utilizamos na experiência relatada nesta pesquisa, existem muitos aspectos funcionais do sistema de signos usados na interface cujo significado é, inicialmente, ignorado pelos estudantes. Por isso, foi importante conceber roteiros de atividade que promovessem uma compreensão progressiva dos conceitos, dos

modelos e das teorias que compunham a lógica da interface e a área da Física escolar dedicada ao estudo dos circuitos elétricos. Em nossos roteiros, as atividades propostas tornam-se cada vez mais sofisticadas e exigem mais autonomia dos estudantes.

De acordo com a segunda propriedade da ação mediada, os RM's tanto possibilitam quanto constroem a ação. Por conseguinte, qualquer tentativa de entender ou agir sobre a realidade está inerentemente limitada pelos RM's que necessariamente empregamos em nossas ações mediadas sobre essa mesma realidade. Assim, por exemplo, nossos conceitos, nossos modelos e nossas teorias determinam nossas observações ou percepções do mundo vivido, pois: (i) dirigem e restringem nossa atenção; (ii) criam a rede de relações que podemos estabelecer entre os observáveis. Por isso, de modo metafórico, podemos dizer que a linguagem verbal e as outras modalidades de comunicação e pensamento funcionam como os filtros e as lentes usadas na fotografia.

O LV que utilizamos permite a realização de experimentos virtuais similares aos que podem ser desenvolvidos em um LR mediante o uso de baterias, lâmpadas, fios metálicos, interruptores e medidores elétricos. Apesar disso, ele não foi utilizado para substituir o LR. Algumas tarefas no LV foram concebidas para reduzir as chances de dano a equipamentos usados no LR, principalmente, aos amperímetros, sensíveis aos curtos-circuitos. Nesses casos, as ações de ensino e aprendizagem propostas, posteriormente, no LR, acrescentam novos desafios e aspectos ao tema. Em outras ocasiões, atividades no LV eram propostas como extensões do LR, como, por exemplo, em uma situação que envolveu a ligação de uma grande quantidade de lâmpadas no circuito paralelo para sinalizar a sobrecarga de fontes de tensão ligadas ao circuito. Houve ainda o uso do LV para responder a dúvidas ou situações associadas a exercícios de lápis e papel, assim como vários relatos de uso espontâneo do LV por parte dos estudantes.

Em várias ocasiões, mostramos aos estudantes as diferenças dos comportamentos de elementos de circuito do LR com suas representações no LV. Pilhas e baterias reais, por exemplo, têm limitações no que diz respeito à quantidade de energia que são capazes de fornecer, a cada segundo, aos elementos dos circuitos a elas conectados. No LV, todavia, esse tipo de limitação não aparece na configuração *default*, devendo ser introduzida mediante a atribuição de uma resistência interna a essas fontes de tensão. Lâmpadas reais, por sua vez, apresentam um comportamento não ôhmico, mas, no LV, todas as lâmpadas são objetos ôhmicos. As diferenças entre LV e LR são sinalizadas em Medeiros e Medeiros (2002), um dos primeiros trabalhos na área de TIC's a que tivemos acesso. Ao compreender as

diferenças entre LR e LV como efeitos das possibilidades e limitações inerentes a quaisquer RM's, podemos utilizar de modo mais racional as características do LV.

Há outra diferença fundamental entre o LV e o LR, pois o primeiro permite construir uma representação de um fenômeno natural ou tecnológico que funde aquilo que observamos, ao trabalhar no LR, com aquilo que imaginamos a partir das ideias e teorias que as ciências criaram para compreender esse fenômeno. Isso nos autoriza dizer que o experimento simulado no LV promove uma aproximação entre o mundo vivido (aquele que julgamos vivenciar e observar) e o mundo concebido (as coisas que imaginamos para compreender o que vivenciamos e observamos). Também nos autoriza a concluir que as simulações normalmente contidas na maioria dos laboratórios virtuais de que temos conhecimento não substituem os experimentos realizados com materiais concretos, do mesmo modo que esses últimos não substituem as simulações. Assim, em uma situação ideal, tanto simulações quanto experimentos com materiais concretos deveriam ser utilizados, pois, afinal, todo e qualquer RM tanto possibilita quanto constringe a ação.

Isso nos leva diretamente à terceira propriedade da ação mediada, que vai nos dizer que novos RM's transformam a ação mediada. Assim, uma mudança nos RM's tem, geralmente, uma força mais poderosa no desenvolvimento de novas ações mediadas e na produção de alterações no "funcionamento mental" dos agentes de tais ações, do que o aumento das habilidades dos agentes no uso dos RM's anteriormente disponíveis. Segundo Werstch (1998), novos RM's transformam a ação mediada porque a introdução de um novo RM produz um desequilíbrio na organização sistêmica das ações mediadas utilizadas em um dado momento do desenvolvimento filo, sócio ou ontogenético.

Essa afirmação tem consequências importantes para o problema do ensino de ciências mediado por TIC's, porque ela nos leva a pensar em como o uso de um dado conjunto de novos RM's leva ao desenvolvimento de novas habilidades particulares, em vez de habilidades abstratas, isto é, de habilidades que os sujeitos supostamente adquiririam de modo independente dos RM's e que eles possam vir a utilizar ao agir. No início de 2011, enfrentamos, no setor de Física de nossa escola, algumas escolhas diretamente relacionadas a essa questão. Assim, por exemplo, a partir do segundo trimestre de 2011, os estudantes passaram a utilizar computadores para elaborar os relatórios das atividades feitas no LR.

Antes disso, os relatórios eram feitos no caderno. Como exigimos que os relatórios fossem feitos segundo um formato canônico e, também, que cada seção contivesse tipos de enunciado específicos, havia certa dificuldade em fazer com que, por exemplo, os estudantes deixassem linhas em branco para redigir a introdução apenas no final da elaboração dos relatórios. Quem já escreveu relatórios

técnicos ou trabalhos acadêmicos sabe muito bem que é preciso saber qual é o conteúdo a ser introduzido, antes de finalizar o texto de introdução. Com a utilização dos computadores, os membros de cada grupo mudaram seu modo de organização do trabalho de transformar os rascunhos produzidos no LR nas seções que compunham os relatórios.

Em muitos casos, as diversas seções do relatório passaram a ser elaboradas por alunos individuais para serem, posteriormente, reunidas em um texto único. Segmentos de texto ou enunciados posteriormente identificados como tendo sido inseridos nas seções incorretas passaram a ser rapidamente movidos de um lugar a outro do texto. Além disso, o texto passou a ser compartilhado entre os membros do grupo e com o professor de laboratório por meio do *Google Docs*. Eventualmente, novas alterações eram introduzidas nos textos, mesmo após o término da aula destinada à produção dos relatórios. Apesar de não termos realizado nenhuma pesquisa sistemática para avaliar os impactos da introdução desse novo RM na redação dos relatórios e de não termos descrito aqui alguns aspectos negativos que observamos nesse processo, não é difícil ao leitor compreender como esse exemplo ilustra a terceira propriedade da ação mediada descrita por Werstch.

Outra escolha que enfrentamos, também em 2011, ilustra igualmente bem essa terceira propriedade. Em muitas das atividades que propomos no LR, os estudantes precisam fazer medidas e obter dados, posteriormente, organizados em gráficos. Em 2011, nossos estudantes começaram a fazer uso do *software* livre *Qti-Plot* para realizar esse tipo de ação. A aprendizagem proporcionada pela tarefa de organizar dados e produzir gráficos sofre drásticas transformações com a introdução desse novo RM. Os estudantes não precisam mais escolher e construir escalas e, portanto, deixam de aprender as habilidades específicas ligadas a esse tipo de ação/operação.

O mesmo acontece em relação a outras ações, tais como colocar pequenas barras de erro em torno dos pontos para sinalizar a imprecisão das medidas e fazer o ajuste manual de curvas para interpolar ou extrapolar os dados. Todas essas funções são rapidamente acessíveis com o uso do *software*. Por outro lado, o tempo anteriormente gasto nessas tarefas passa a poder ser utilizado, por exemplo, para a produção de uma maior quantidade de diferentes gráficos ou modos de tratar os dados e, dessa forma, os roteiros de atividades podem se tornar menos estruturados, no que diz respeito à prescrição das operações necessárias à realização das ações destinadas à organização ou interpretação dos dados.

Mesmo esses dois únicos exemplos, que não foram extraídos da literatura, mas das salas de aula dos autores deste artigo, são suficientes para entendermos porque uma mudança nos RMs modifica a natureza e o curso das ações mediadas,

promove o desenvolvimento de novas habilidades específicas entre os estudantes e produz um desequilíbrio na organização sistêmica das ações mediadas anteriormente utilizadas.

## V. Metodologia da pesquisa empírica

Como dissemos na introdução, produzimos uma pesquisa empírica destinada a investigar a percepção dos estudantes acerca do uso coordenado de um LV com outros recursos mediacionais que usamos em sala de aula. Julgamos que, desse modo, poderíamos avaliar a pertinência das expectativas que criamos a partir dos fundamentos teórico-metodológicos que têm inspirado nossa prática e orientado nossa reflexão sobre a mesma.

Também na introdução, dissemos que a investigação que deu origem a essa pesquisa empírica emergiu de um recorte dos dados gerados por um instrumento de avaliação do curso. Trata-se de um questionário que foi aplicado a todos os estudantes que compõem as sete turmas de primeiro ano pelas quais fomos responsáveis em 2011. O questionário foi concebido a partir dos seguintes objetivos pedagógicos:

1. Fortalecimento de um contrato didático baseado em uma relação de confiança entre professor e estudantes, mediante a criação de uma oportunidade para os estudantes avaliarem o curso, as estratégias de ensino e aprendizagem e os recursos mediacionais utilizados.

2. Estímulo à tomada de consciência, por parte dos estudantes, acerca das implicações de suas atitudes e comportamentos para sua própria aprendizagem.

3. Reorientação da prática docente a partir de uma avaliação da adequação dos recursos mediacionais que usamos e da percepção dos estudantes em relação à função desses recursos para sua aprendizagem.

O questionário continha uma breve introdução, na qual apresentamos aos estudantes uma justificativa de uso daquele instrumento com um recurso concebido para orientá-los a avaliar: (i) seu comportamento e suas atitudes ao longo do trimestre; (ii) os recursos e as estratégias usados na sala de aula ou no laboratório. Foi dada aos estudantes a opção de não se identificarem ao preencherem o questionário, de modo que eles se sentissem à vontade para serem sinceros ao realizarem a avaliação.

A avaliação de aspectos atitudinais, comportamentais e motivacionais compôs a parte I do questionário, denominada *Sua atitude diante dos recursos e das estratégias utilizados em nosso curso*. A parte I tem como objeto a relação do estudante com cada um dos oito recursos mediacionais já descritos neste artigo. A

resposta dos estudantes ao conjunto de itens que compôs essa primeira parte do instrumento nos permite ter uma ideia acerca do engajamento desses sujeitos com o curso e com os recursos mediacionais nele utilizados. Por isso, essa primeira parte permitiu que produzíssemos dados para responder à seguinte questão: como se compara o engajamento declarado pelos estudantes no uso do LV, com o engajamento declarado por esses sujeitos no uso dos outros recursos mediacionais?

Reproduzimos a seguir a introdução da parte I e o item destinado à avaliação do LV, de modo a permitir ao leitor o entendimento da estrutura dessa primeira parte do questionário. Assim como em todos os outros nove itens que compunham a parte I, o item apresentado a seguir mostra uma gradação entre as alternativas (a), (b), (c) e (d), que vai do não engajamento ao engajamento mais intenso do estudante com o recurso considerado. Essa característica do questionário foi concebida para facilitar a tabulação dos dados, haja vista a possibilidade de atribuir níveis de engajamento progressivamente maiores diante da avaliação de cada recurso e de gerar dados sobre tendências e frequências, tanto em cada turma tomada isoladamente, quanto no conjunto dos estudantes das sete turmas do primeiro ano. Essas alternativas foram concebidas a partir de nossa experiência e de nossas noções sobre quais são as atitudes e comportamentos exibidos por alunos mais e menos engajados<sup>7</sup>.

*Parte I – Sua atitude diante dos recursos e das estratégias utilizados em nosso curso.*

*I.1- Dentre as alternativas apresentadas a seguir, marque, com um X, aquela que melhor expressa sua atitude diante dos recursos e das estratégias utilizados em nosso curso:*

*1) Em relação ao Laboratório Virtual Simulador de Circuitos:*

*a) Não fiz uso dos tutoriais, nem utilizei o simulador de circuitos.*

*b) Fiz uso dos tutoriais e do simulador apenas para cumprir uma tarefa e poder registrá-la em meu caderno de aula.*

*c) Fiz uso dos tutoriais e do simulador com interesse e empenho, mas me limitei a seguir as instruções e a fazer o que era pedido.*

---

<sup>7</sup> Não realizamos, portanto, nenhum estudo prévio ou piloto e também não entrevistamos estudantes para redigir as alternativas que refletiam diferentes níveis de engajamento. Embora fosse desejável, tal investimento implicaria a utilização de tempo e recursos incompatíveis com a situação de ensino e de premência na realização da avaliação pedagógica que deu origem ao instrumento.



d) Fiz uso do simulador, tanto para fazer o que era pedido nos tutoriais, quanto para estudar a matéria, resolver dúvidas e explorar ideias que me ocorrem durante o estudo.

e) Nenhum dos anteriores (especificar): \_\_\_\_\_

A segunda parte do questionário, denominada *Contribuições de cada recurso utilizado para a aprendizagem proporcionada pelo uso dos outros recursos*, permitiu-nos responder à seguinte questão: para os estudantes, o uso do LV contribuiu para a realização das ações de ensino e aprendizagem mediadas pelos outros recursos?

Reproduzimos, a seguir, a introdução da parte II do questionário, o item relacionado ao recurso *Simulador de Circuitos* e o item relacionado ao recurso *Experimentos de Laboratório*. Desse modo, o leitor pode vislumbrar a estrutura dessa segunda parte do questionário. Assim como em todos os outros seis itens que compunham a parte II, os itens apresentados aqui dão aos estudantes a oportunidade de diferenciar quatro diferentes níveis de contribuição que um dado recurso apresenta, do ponto de vista do uso de outros recursos mediacionais.

*Analise cada recurso ou estratégia destacado a seguir, do ponto de vista de suas contribuições para os outros recursos utilizados no 1o trimestre. Marque um X sobre o numeral: 1 (um) quando julgar que não houve nenhuma contribuição efetiva; 2 (dois) quando julgar que houve uma pequena contribuição; 3 (três) quando julgar que houve uma contribuição média; 4 (quatro) quando julgar que houve uma grande contribuição. Se você não achar necessário, você não precisa marcar a opção “Outros (especificar)”.*

1) Contribuições do laboratório virtual de simulação de circuitos para:				
Realização dos experimentos de laboratório	1	2	3	4
Produção de bons relatórios das atividades práticas	1	2	3	4
Compreensão de demonstrações e experimentos feitos em sala	1	2	3	4
Compreensão do conteúdo do livro didático	1	2	3	4
Realização ou compreensão dos exercícios propostos nas listas	1	2	3	4
Compreensão das aulas expositivas ou participação nas mesmas	1	2	3	4
Outros (especificar):	1	2	3	4

2) Contribuições dos experimentos feitos em laboratório para:				
Realização de experimentos no simulador	1	2	3	4
Compreensão de demonstrações e experimentos feitos em sala	1	2	3	4
Compreensão do conteúdo do livro didático	1	2	3	4
Realização ou compreensão dos exercícios propostos nas listas	1	2	3	4
Compreensão das aulas expositivas ou participação nas mesmas	1	2	3	4
Outros (especificar):	1	2	3	4

A lista dos outros recursos e das ações de ensino e aprendizagem em relação às quais cada RM avaliado poderia contribuir, foi concebida a partir de nossa expectativa em relação às especificidades e complementaridades de cada RM utilizado. Pode-se dizer que essa lista reflete diretamente as expectativas e escolhas que compuseram nosso planejamento pedagógico. A opção *Outros – especificar* foi reservada para que os estudantes sinalizassem outras situações e recursos não mencionados no questionário. Assim, por exemplo, a alternativa *Desempenho em testes e provas* foi inserida apenas no item dedicado à avaliação do recurso *Contribuições da produção de registros no Caderno de sala de aula*, que aparecia como o primeiro item da parte II do questionário. A não explicitação dessa alternativa nas seções dedicadas à avaliação dos outros recursos não impedia que ela fosse mencionada pelos estudantes mediante a utilização da alternativa *Outros – especificar*.

O questionário foi aplicado aos alunos e suas respostas tabuladas utilizando o pacote estatístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versão 13. O mesmo *software* foi utilizado para o tratamento dos dados. As respostas foram graduadas, na primeira parte do questionário, de “1” a “4”, seguindo a ordem crescente de engajamento associada às alternativas de (a) até (d). Na segunda parte do questionário, as respostas já estavam graduadas de “1” a “4”, de acordo com o nível de contribuição de cada RM que foi percebido pelo aluno.

A opinião dos estudantes sobre seu engajamento nos recursos mediacionais utilizados foi verificada pela frequência de escolha de cada alternativa nas questões que compunham a primeira parte do questionário. Como mencionado antes, as alternativas (a) e (b), ou “1” e “2” no banco de dados do SPSS, indicam menor engajamento dos estudantes nos recursos citados, enquanto as alternativas (c) e (d), ou “3” e “4” no banco de dados do SPSS, indicam maior engajamento nesses recursos.

A visão dos estudantes sobre o uso do LV como RM e sobre a contribuição desse recurso para sua aprendizagem foi avaliada, tanto por uma análise descritiva da frequência das opções escolhidas pelos alunos, quanto através da correlação

entre o engajamento no recurso simulação e a manifestação dos estudantes sobre a contribuição da simulação para os processos de aprendizagem mediados pelos outros recursos. O uso da correlação se justifica pela nossa expectativa de que os recursos mediacionais que concebemos e utilizamos eram integrados e complementares. Assim, se os estudantes valorizassem um dado recurso, declarando-se engajados no seu uso, seria de se esperar que eles também atribuísem maior importância a esse recurso para a realização das ações de ensino e aprendizagem mediadas pelo uso dos outros recursos. Se essa hipótese se confirmasse, deveríamos observar uma correlação significativa. Caso contrário, poderíamos concluir que a articulação entre os RM's, que foi vislumbrada em nosso planejamento pedagógico, não teria sido percebida e, possivelmente, não teria sido vivenciada pelos estudantes.

## VI. Análise dos dados empíricos

A opinião dos estudantes sobre o seu engajamento nas ações mediadas pelos RM's utilizados durante o curso foi avaliada através da porcentagem de resposta em cada alternativa das questões que compuseram a parte I do questionário. As alternativas estão em ordem crescente de engajamento e nos gráficos da Fig. 1, apresentados a seguir, vão da alternativa "1", que indica o não engajamento, e está situada mais à esquerda do eixo das abscissas, até a alternativa "4" que, no mesmo eixo, indica grande engajamento.

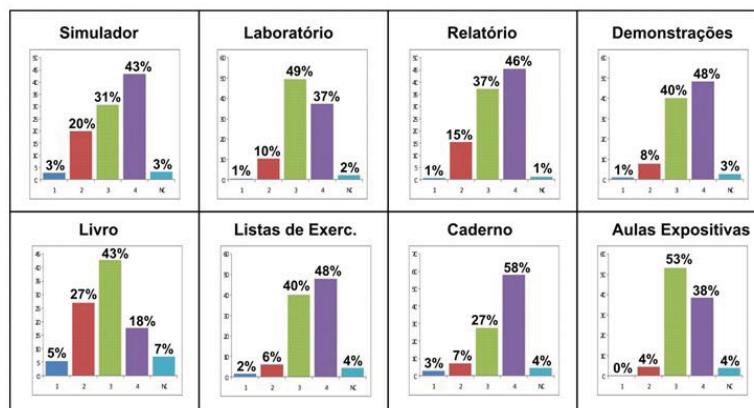


Fig. 1 – Engajamento dos estudantes nos recursos mediacionais.

Nos gráficos da Fig. 1, a quinta coluna, situada mais a direita do eixo das abscissas, mostra os resultados não categorizados (NC), que correspondem a respostas em branco ou respostas nas quais os estudantes utilizaram a opção *Outros – especificar*. A ocorrência de respostas em branco foi rara e pode ser interpretada como um sinal de que a maioria dos estudantes respondeu ao questionário de modo responsável. A escolha pela opção *Outros – especificar* também foi pequena, embora tenha gerado informações interessantes que, no entanto, não serão analisadas neste trabalho.

A porcentagem conjunta das alternativas “3” e “4”, que indicam um engajamento maior, é alta para sete dos oito recursos avaliados variando entre 74% para o LV até 91% para as aulas expositivas dialogadas. A única exceção é o recurso livro didático que teve 61% dos alunos sinalizando um maior engajamento. O uso menos engajado do livro didático não foi surpresa para os professores das turmas, mas não obtivemos informações que nos permitam interpretar de modo mais apropriado este dado. É fato conhecido da maioria dos professores de Física, entretanto, que muitos estudantes utilizam pouco os livros didáticos.

O bom desempenho dos estudantes nos testes e nas atividades realizados em sala de aula atesta que o menor engajamento em relação ao uso do livro não trouxe prejuízos significativos para sua aprendizagem, muito provavelmente porque muitos RM’s foram utilizados, algo que não acontece em muitas escolas, nas quais os professores utilizam quase exclusivamente o livro didático, o quadro negro e as listas de exercícios. No nosso caso, podemos inferir de nossos dados que, na visão dos estudantes, o LV foi quase tão importante quanto os outros RM’s utilizados, sendo inclusive mais importante do que o livro didático no qual eles puderam estudar.

A percepção dos nossos alunos sobre as contribuições do LV para os processos de aprendizagem mediados pelos outros RM’s foi avaliada a partir da escolha feita por eles entre as alternativas de “1” a “4”, na segunda questão da parte II do questionário, que foi reproduzida, neste artigo, na seção de metodologia. A Fig. 2 traz seis gráficos com o cômputo das alternativas escolhidas por todos os estudantes para a questão que focalizava as contribuições do LV.

Na visão dos alunos, com exceção, novamente, do uso do livro didático, o LV contribuiu fortemente para todas as outras ações mediadas de ensino e aprendizagem e seus respectivos recursos mediacionais. Essa é a conclusão a que chegamos ao considerar a porcentagem conjunta da escolha pelas alternativas 3 e 4. Note o leitor que o livro didático destoa dos outros recursos, já que, nesse quesito, a porcentagem conjunta das alternativas 1 e 2 chega a 44%, o que mostra que o uso do LV não facilitou, para 44% dos estudantes, a compreensão do livro. Isso tam-

bém sugere que, para esse universo dos estudantes, o livro didático não foi percebido como estando bem integrado aos diversos RM's usados naquela experiência de aprendizagem. A análise das respostas dos estudantes às outras questões que compõem a parte II, que não foi reproduzida aqui, reforça essa interpretação.

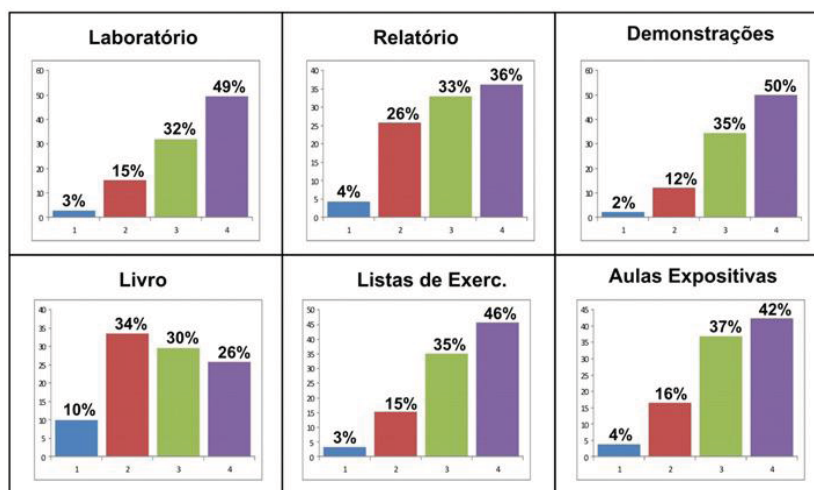


Fig. 2 – Contribuições do LV para as ações de aprendizagem mediadas por outros RM's.

No nosso planejamento pedagógico, acreditávamos na necessidade de coordenar o uso de vários RM's, devido às possibilidades e aos constrangimentos inerentes às ações dos estudantes que estão associadas a esses recursos. Assim, as potencialidades de um dado recurso poderiam compensar as fragilidades de outros e o uso combinado de todos eles poderia levar a um processo de ensino e aprendizagem mais satisfatório.

Com o foco no uso do LV, determinado pelas questões de pesquisa explicitadas neste artigo, procuramos verificar, dentre as respostas dos estudantes, a presença da percepção da complementaridade dos recursos. Para fundamentar tal inferência, recorremos ao cálculo da correlação entre o nível de engajamento no LV (obtido pela análise da parte I do questionário) e a percepção da contribuição desse recurso para os processos de aprendizagem mediados pelos outros recursos (avaliada a partir de dados gerados pela parte II do questionário).

Na tabela 1, apresentamos os resultados do cálculo das correlações. Observe o leitor que há correlação significativa entre o nível de engajamento no uso do LV e a percepção da contribuição desse recurso para todos os outros RM's utilizados. Por essa razão, podemos dizer que os estudantes que valorizaram o LV e se declararam engajados em sua utilização, também atribuíram uma contribuição significativa a esse recurso, ao considerarem os processos de aprendizagem mediados pelos outros recursos.

As correlações significativas apresentadas na tabela 1 não indicam qual é a estrutura de causa e efeito entre as variáveis. Assim, não sabemos se os estudantes se engajaram de modo significativo no LV porque perceberam, antecipadamente, a contribuição desse recurso para os processos de aprendizagem mediados pelo uso dos outros recursos, ou seu engajamento no uso de outros recursos os levou a também se engajarem no LV. Também não é possível descartar outras hipóteses de interpretação, tal como a atribuição de um caráter lúdico ao uso do LV, que leva ao engajamento, seguido de um reconhecimento, *a posteriori*, das contribuições do LV para a aprendizagem mediada pelos outros recursos. Essas questões só poderiam ter sido elucidadas se a pesquisa que realizamos fosse dotada de um caráter qualitativo. Isso, contudo, implicaria um tipo de investimento que não nos foi possível naquela época.

## VII. Considerações finais

Há seis anos, um dos autores deste artigo, apresentou uma comunicação oral durante o V ENPEC (PAULA, 2005), centrada no seguinte problema: como identificar os objetivos e as características das atividades de ensino e aprendizagem, de modo a diversificá-las e a coordená-las para promover uma educação em ciências comprometida com o desenvolvimento da autonomia moral e intelectual dos estudantes? Esse trabalho chamava a atenção para o fato de que as representações sobre o papel do professor em sala de aula mudaram, desde um foco quase exclusivo na coerência e na relevância do discurso deste sujeito, para um foco em seu papel como responsável pela organização do ambiente de ensino e aprendizagem.

A partir dos fundamentos teóricos que apresentamos na quarta seção deste artigo, a organização do ambiente de ensino e aprendizagem pode ser concebida como um processo de escolha de recursos mediacionais que dão origem a atividades e ações mediadas, por meio das quais os estudantes se apropriam da subcultura das ciências, constroem conhecimentos e desenvolvem capacidades fundamentais à vida na sociedade contemporânea. Esses fundamentos, ancorados na perspectiva

sócio-histórica-cultural, também sinalizam para uma segunda mudança de foco a partir da qual a atenção dada às ações realizadas pelos estudantes, tomados individualmente, dá lugar a uma atenção dirigida à comunidade estudantes-professor, bem como às atividades que essa comunidade pode vivenciar.

Tabela 1 – Correlações entre o engajamento dos estudantes no uso da simulação e as contribuições desse recurso para a aprendizagem mediada pelo uso dos outros recursos						
Contribuições do simulador para:	Experimentos de laboratório	Elaboração de relatórios	Compreensão das demonstrações feitas em sala	Compreensão do livro	Realização de exercícios	Compreensão das aulas expositivas
Correlação de Pearson <sup>8</sup>	0,32	0,17	0,41	0,28	0,338	0,32
Significância <sup>9</sup>	< 0,001	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Número de respondentes	176	176	175	175	176	176

Em decorrência dessas duas mudanças de foco, o planejamento pedagógico passa a estar centrado na definição daquilo que os estudantes devem fazer para aprender e de como eles devem interagir entre si, com o professor e com os recursos mediacionais disponibilizados naquele ambiente. Desde essa perspectiva, o

<sup>8</sup> Embora não exista um consenso absoluto na literatura, atribui-se aos valores entre 0,30 e 0,70 uma correlação moderada e acima de 0,70 uma correlação forte. Os valores de correlação podem ser assim interpretados: o quadrado da correlação é igual à porcentagem de variância de um fator que é compartilhada pelo outro. Assim, se a correlação for 0,32, seu quadrado será 0,10 ou 10%. Para maiores informações, ver Silveira (1999).

<sup>9</sup> O conceito de significância no contexto de correlação testa a hipótese nula, ou seja, a hipótese de que a correlação seja nula no universo de onde a amostra foi retirada. Fazemos o teste calculando a probabilidade de que, mesmo sendo nula a correlação no universo, a correlação tenha o valor encontrado na amostra por causa de erros amostrais. Por exemplo, a primeira correlação do quadro é 0,32 e a sua significância é  $p < 0,001$ . Isto é interpretado assim: tem-se uma probabilidade menor do que 0,1% ( $0,001 \times 100\%$ ) para que a correlação na amostra seja 0,32 mesmo que a correlação seja nula no universo de onde a amostra foi retirada. Como isso é muito pouco provável (0,1%) de acontecer, podemos refutar a hipótese nula, ou seja, a correlação NÃO é nula e há realmente uma relação entre as variáveis.

planejamento pedagógico no ensino de ciências passa a ser concebido como um processo de concepção e integração de recursos mediacionais variados e de ações mediadas que estão estruturadas em um dado conjunto de atividades coletivas. Essa orientação delinea o tipo de trabalho que é desenvolvido há vários anos na escola onde se deu a pesquisa relatada neste artigo e também sintetiza o projeto curricular encontrado em alguns livros didáticos de ciências, como é o caso, por exemplo, da coleção da coleção Paula *et al.* (2010).

Neste trabalho, apresentamos a percepção de estudantes do primeiro ano de uma escola técnica federal de nível médio sobre seu próprio engajamento no uso de oito diferentes tipos de recursos mediacionais (experimentos de laboratório, simulações, produção de relatórios dos experimentos, aulas expositivas, demonstrações e investigações compartilhadas feitas em sala de aula, listas de exercícios, livro didático, registros feitos no caderno de classe) e sobre a integração e complementaridade entre esses mesmos recursos, com o foco em um recurso específico: o laboratório virtual de simulação de circuitos.

O questionário utilizado para conduzir a parte empírica da pesquisa aqui relatada mostrou-se adequado para as finalidades deste trabalho, ao permitir certo acesso à percepção dos estudantes sobre o seu engajamento nas ações mediadas que constituíram o curso e sobre as contribuições dos recursos mediacionais a partir dos quais tais ações aconteceram. Desse modo, com o questionário, pudemos responder às questões empíricas de pesquisa aqui apresentadas.

A expectativa dos professores do curso, dois deles autores deste artigo, era que o uso conjunto dos RM's escolhidos e utilizados fosse mais efetivo do que o ensino centrado no uso de poucos recursos que acontece, infelizmente, na maioria de nossas escolas, até mesmo por questões ligadas a falta de condições adequadas ao trabalho docente e discente. Essa expectativa foi satisfeita pela avaliação dos quatro professores responsáveis pelas sete turmas de Física do primeiro ano, tanto na capacidade exibida pelos estudantes para enfrentar os desafios e demandas a eles apresentados no LR, quanto no desempenho desses sujeitos durante a realização de exercícios propostos em listas, testes ou na avaliação trimestral. Nosso referencial teórico sinaliza que cada RM traz potencialidades e limitações às ações mediadas que eles propiciam, o que sugere a complementaridade desses recursos. Por essa razão, podemos dizer que esse referencial teórico serve tanto para orientar as escolhas que fazemos como para interpretar seus resultados.

Sintetizando os resultados que apresentamos aqui, podemos dizer que os estudantes se declararam engajados no uso dos recursos a eles apresentados. Além disso, em sua maioria, afirmaram perceber a complementaridade e a integração dos vários recursos que usamos como mediações dos processos de aprendizagem que



eles vivenciaram e, mais especificamente, reconheceram a contribuição do LV para a aprendizagem do tema circuitos elétricos. Esse reconhecimento e engajamento declarados não são garantia de uma efetiva aprendizagem, mas temos evidências de que essa aprendizagem ocorreu, tanto pela avaliação feita pelos professores das turmas sobre a aprendizagem alcançada por seus alunos, quanto pelo desempenho desses sujeitos na prova aplicada ao final do trimestre letivo.

A média dos alunos nessa prova foi superior a 65% para todas as turmas, um índice considerado adequado, tendo em vista as características da prova e o perfil dos estudantes que iniciam os cursos na primeira série. A média dos alunos nessa prova foi superior a 65% para todas as turmas, um índice considerado adequado, tendo em vista as características da prova e o perfil dos estudantes que iniciam os cursos na primeira série. A média das notas finais do trimestre foi superior a esse patamar, tendo em vista que a participação dos estudantes em todas as atividades realizadas é avaliada e valorizada. Essa estratégia de avaliação e distribuição de pontos permitiu-nos elaborar uma prova conceitualmente exigente, que incluiu questões inspiradas no trabalho de Arons (1997) e conhecimentos que deveriam ter sido construídos nas atividades de laboratório real e virtual. No que diz respeito ao perfil dos alunos, as turmas da primeira série são bastante heterogêneas, pois parte dos estudantes entra na escola via concurso, enquanto outra parte é egressa de uma escola pública de Ensino Fundamental vinculada à nossa, na qual, todavia, os estudantes entram por sorteio e progridem de série, basicamente, sem retenções pautadas em exigências estritamente acadêmicas. Mesmo os estudantes provenientes do concurso são, em sua maioria, egressos de escolas públicas, uma vez que o número de vagas destinado a esse segmento é proporcional ao número de inscrições provenientes do mesmo segmento. Por isso, considerando a composição dos estudantes que ingressam na primeira série em nossa instituição e a precariedade do Ensino Fundamental em nossas escolas públicas, mas também privadas, nem todos os alunos têm facilidade para apresentar alto rendimento em provas de física cuja exigência é mais elevada.

Na introdução deste artigo, anunciamos nossa intenção de apresentar, nesta seção de considerações finais, duas orientações didático-metodológicas que emergiram, tanto de nossa interpretação da avaliação dos estudantes sobre as contribuições do LV, quanto dos fundamentos teóricos aqui apresentados. Essas orientações são as seguintes: (i) coordenar o uso do LV e de outras TIC's com outros recursos mediacionais, de modo a propiciar a realização de ações mediadas por meio das quais os estudantes adquiram novas habilidades específicas relevantes para que eles possam aprender a fazer uso das ciências, ao compreender as ideias e métodos utilizados nas ciências; (ii) usar TIC's para promover o protagonismo dos

estudantes com progressiva transferência de responsabilidade aos mesmos no uso dos conceitos, modelos e teorias das ciências, em seus contextos de vida e significado.

A experiência educacional que aqui relatamos ocorreu em um ambiente que pode ser considerado privilegiado diante da realidade da maioria das escolas brasileiras: (i) boas condições materiais para a realização de atividades de diversos tipos (inclusive usando laboratórios reais e virtuais); (ii) professores dedicados, com boa formação e disponibilidade; (iii) alunos razoavelmente interessados em se apropriar do conhecimento que lhes é oferecido pela escola, independentemente de eventuais precariedades na formação acadêmica que tiveram no ensino fundamental. Ao usufruirmos dessas boas condições e ao adotarmos as duas orientações acima apresentadas, nós notamos que o conhecimento dos nossos estudantes sobre o tema circuitos elétricos avançou a olhos vistos. Eles também aprenderam a utilizar procedimentos e estratégias para realizar investigações, organizar resultados, e transformar dados em evidências, ao confrontá-los com as questões que deram origem às investigações.

Nós verdadeiramente acreditamos que o uso das TIC's na educação em ciências é viável e pode trazer enormes contribuições a escolas nas quais as condições de trabalho docente e discente são inferiores àquelas encontradas na instituição em que trabalhamos.

Muitos outros estudos e referenciais para estabelecer bases teóricas e metodológicas para o uso de TIC's na educação em ciências são necessários, de modo que temos clara consciência da pequena contribuição que pudemos trazer aqui ao apresentar e utilizar a teoria da ação mediada de James Werstch. Nós mesmos estamos atualmente envolvidos com a análise semiótica de ambientes virtuais usando referenciais teóricos, tais como os apresentados por Kress *et al.* (2001) e Roth *et al.* (2005). Assim, pretendemos produzir novos trabalhos, de modo a contribuir com o avanço do conhecimento necessário ao desenvolvimento desse importante recurso para a educação em ciências.

### Referências bibliográficas

<<https://sites.google.com/site/fisica102104coltecufmg/ebooks>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4. n. 3, p. 5-18, 2004.

- ARONS, A. B. **Teaching introductory physics**. New York: IE-WILEY, 1997.
- BARAB, S. A.; HAY, K. E.; BARNETT, M.; KEATING, T. Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building. **Journal of Research in Science Teaching**, Wiley Periodicals, Inc., v. 37, n. 7, p. 719-756, 2000.
- BAYRAKTAR, S. A meta-analysis of the effectiveness of computer-assisted instruction in science education. **Journal of Research on Technology in Education**, v. 34, n. 2, p. 173-188, 2002.
- BELL, R. L.; TRUNDLE, K. C. The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. **Journal of Research in Science Teaching**, Wiley Periodicals, Inc., v. 45, n. 3, p. 346-372, 2008.
- ENGESTRÖM, Y. Non scolae sed vitae discimus: como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: DANIELS, H. (Org.) **Uma introdução a Vygotsky**. São Paulo: Edições Loyola, 2002.
- FINKELSTEIN, N. D.; ADAMS, W. K.; KELLER, C. J.; KOHL, P. B.; PERKINS, K. K.; PODOLEFSKY, N. S.; REID, S.; LeMASTER, R. When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, v. 1, RES. 1, 010103, 2005.
- FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.
- JAAKKOLA, T.; NURMI, S.; VEERMANS, K. A comparison of students' conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation-laboratory contexts. **Journal of Research in Science Teaching**, Wiley Periodicals, Inc., v. 48, n. 1, p. 71-93, 2011.
- KLAHR, D.; TRIONA, L. M.; WILLIAMS, C. Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children. **Journal of Research in Science Teaching**, Wiley Periodicals, Inc., v. 44, n. 1, p. 183-203, 2007.

KOZULIN, A. O conceito de atividade na psicologia soviética: Vygotsky, seus discípulos, seus críticos. In: DANIELS, H. (Org.) **Uma introdução a Vygotsky**. São Paulo: Edições Loyola, 2002.

KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J.; TSATSARELIS, C. **multimodal teaching and learning: the rhetorics of the science classroom**. London: Continuum, 2001.

LEONTIEV, A. N. Activity, consciousness and personality. Tradução para o inglês do original em russo: Marie J. Hall. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall. 1978. Disponível em: <<http://www.marxists.org/archive/leontev/works/1978/index.htm>>. Acesso em: 02 fev. 2011.

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.

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

PAULA *et al.* **Construindo Consciências**. 3. ed. São Paulo: Ed. Scipione, 2010. v. 1 a 4.

PAULA. A diversificação das atividades de ensino e aprendizagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, V, 2005, Bauru. **Atas...**

PAULA. Atividades em um laboratório virtual de eletricidade [Recurso eletrônico]. Belo Horizonte, COLTEC/UFMG, 2011. Disponível em:  
PEIRCE, C. S. **Semiótica e filosofia**. São Paulo: Cultrix e Editora da Universidade de São Paulo, 1975.

ROTH, W-M.; POZZER-ARDENGHI, L.; HAN, J. Y. **Critical graphicacy: understanding visual representation**. Dordrecht: Springer, 2005.

SCALISE, K.; TIMMS, M.; MOORJANI, A.; CLARK, L.; HOLTERMANN, K.; IRVIN, P. S. Student learning in science simulations: design features that promote learning gains. **Journal of Research in Science Teaching**, Wiley Periodicals, Inc., v. 48, n. 9, p. 1050-1078, 2011.

SILVEIRA, F. L. Um exemplo de análise multivariada aplicada à pesquisa quantitativa em ensino de ciências: explicando o desempenho dos candidatos ao concurso

vestibular de 1999 da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 161-180, 1999.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. Tradução: José Cipolla Neto. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Tradução: Jefferson Luiz Camargo. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

WERSTCH, J. **Mind as action**. New York: Oxford University Press, 1998.

WERTSCH, J. Mediation. In: DANIELS, H.; COLE, M.; WERTSCH, J. (Org.). **The Cambridge Companion to Vygotsky**. Cambridge Collections Online. New York: Cambridge University Press. p. 178-192, 2007. cap. 7

WERTSCH, J. Vygotsky's semiotic analysis. In: WERTSCH, J. **Vygotsky and the social formation of mind**. USA: Harvard College, 1985. cap. 4, p. 77-128

WINN, W.; STAHR, F.; SARASON, C.; FRULAND, R.; OPPENHEIMER, P.; LEE, Y-L. Learning oceanography from a computer simulation compared with direct experience at sea. **Journal of Research in Science Teaching**, Wiley Periodicals, Inc., v. 43, n. 1, p. 25-42, 2006.

ZACHARIA, C. Z.; OLYMPIOU, G.; PAPAERVIPIDOU, M. Effects of experimenting with Physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature. **Journal of Research in Science Teaching**, Wiley Periodicals, Inc., v. 45, n. 9, p. 1021-1035, 2008.

ZACHARIA, C. Z. Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. **Journal of Computer Assisted Learning**, Blackwell Publishing Ltd, v. 23, p. 120-132, 2007.

ZACHARIA, C. Z.; OLYMPIOU, G. Physical versus virtual manipulative experimentation in Physics learning. **Learning and Instruction**, v. 21, p. 317e331, 2011.