

A INTEGRAÇÃO ENTRE ATIVIDADES COMPUTACIONAIS E EXPERIMENTAIS: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO NO ENSINO DE CIRCUITOS CC E CA EM FÍSICA GERAL

THE INTEGRATION BETWEEN COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL ACTIVITIES: AN EXPLORATORY STUDY IN THE TEACHING OF DC AND AC CIRCUITS IN GENERAL PHYSICS

Pedro Fernando Teixeira Dorneles¹
Ives Solano Araujo², Eliane Angela Veit³

¹UFRGS/Instituto de Física/pdorneles@if.ufrgs.br

²UFRGS/Instituto de Física/ives@if.ufrgs.br

³UFRGS/Instituto de Física/veit@if.ufrgs.br

Resumo

No presente trabalho apresentamos um estudo exploratório que teve como objetivo avaliar as potencialidades do uso de atividades experimentais em conjunto com atividades computacionais no ensino de circuitos elétricos de corrente contínua e de corrente alternada. A fundamentação teórica adotada esteve baseada na teoria de Ausubel sobre aprendizagem significativa e na teoria sócio-interacionista de Vygotsky. O estudo envolveu 12 alunos matriculados na disciplina de Física III (Eletromagnetismo) do curso de Física da UFRGS, no 2º semestre de 2006. Os resultados sugerem que atividades experimentais em conjunto com simulações computacionais que levem em consideração o conhecimento prévio dos alunos podem constituir-se em um elemento motivador para aprendizagem, criando assim melhores condições para uma aprendizagem significativa. Mostram, também, que os alunos interagiram constantemente, entre si, e com o professor, ao resolverem questões conceituais presentes nos guias das atividades, propiciando situações favoráveis para a negociação, internalização e externalização de significados.

Palavras-chave: simulação computacional; atividade experimental; circuitos elétricos; Ensino de Física.

Abstract

In this paper we present an exploratory study carried out to assess the potentialities of the use of experimental activities together with computational activities in the teaching of *dc* and *ac* electric circuits. The theoretical framework was based on Ausubel's meaningful learning theory and on Vygotsky social-interactionist theory. The study was carried out with 12 students enrolled in the subject Electromagnetism (Physics III) of the physics major curriculum at UFRGS, during the second semester of 2006. The findings suggest that the association of experimental and computational activities taking into account students' previous knowledge might help to motivate them and to create more favorable conditions for meaningful learning. Also, show that students interacted much more among themselves, as well as with the teacher, when dealing with the conceptual issues involved in the activity-guides, generating appropriate conditions for the negotiation, internalization and externalization of meanings.

Keywords: computational simulation; experimental activities; electric circuits; physics instruction.

1. Introdução

Neste trabalho apresentamos resultados de um estudo exploratório que buscou analisar as potencialidades da integração entre atividades computacionais e experimentais para a superação de dificuldades de aprendizagem no estudo de circuitos elétricos de corrente contínua (*cc*) e de corrente alternada (*ca*). Este estudo está vinculado a uma tese de doutorado em Física inserida em uma linha de pesquisa do Grupo de Ensino de Física da UFRGS que investiga o uso de atividades computacionais como recurso instrucional na aprendizagem de Física. Em tal linha de pesquisa, pretende-se apresentar propostas de atividades didáticas que, levando em conta as dificuldades de aprendizagem demonstradas pelos alunos em áreas específicas da Física, possam auxiliá-los a superá-las e propiciar melhores condições para uma aprendizagem significativa na acepção de Ausubel (Ausubel, 2003; Moreira, 2006).

Em estudo anterior (Dorneles, 2005; Dorneles, Veit e Moreira, 2005) investigamos a aprendizagem alcançada por alunos que trabalharam com um conjunto de atividades de simulação e modelagem computacionais com o *software Modellus*, no ensino de circuitos elétricos simples e do tipo RLC¹. Os resultados quantitativos mostraram que houve diferenças estatisticamente significativas no desempenho dos alunos que trabalharam com atividades computacionais (grupo experimental), quando comparado com o de alunos expostos apenas ao método tradicional de ensino (grupo controle). Os resultados qualitativos sugerem que muitos alunos do grupo experimental alcançaram uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos trabalhados no estudo de circuitos elétricos. Acreditamos que tenham fortemente contribuído para isto a interação dos alunos com as atividades computacionais, dos alunos entre si e do professor com a turma. Também verificamos que as atividades computacionais podem auxiliar os alunos a superarem algumas concepções alternativas relatadas na literatura (Dupin e Johsua, 1990; Mcdermott e Shaffer, 1992; Stocklmayer e Treagust, 1996; Duit e Rhöeneck, 1998; Solano, Gil, Pérez *et al.*, 2002; Engelhardt e Beichner, 2004), como por exemplo, as concepções de que a corrente elétrica se desgasta ao passar por uma resistência elétrica, ou que uma bateria ideal é uma fonte de corrente elétrica constante. Estes resultados nos motivaram a propor um estudo mais amplo visando contemplar não somente situações virtuais idealizadas, mas também atividades experimentais com circuitos elétricos. Mais especificamente, buscamos avaliar as potencialidades da integração entre atividades experimentais e computacionais para ir além do que o uso isolado de uma ou outra abordagem permita, tendo em vista uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos envolvidos.

A integração entre experimentos e simulações computacionais já foi objeto de pesquisa, por exemplo, de Ronen e Eliahu (2000), na qual foi investigado o papel de uma simulação como recurso instrucional para auxiliar os alunos a preencher o distanciamento entre teoria e realidade. Os resultados desse trabalho indicaram que a realização de atividades no computador, além de motivar e aumentar a confiança dos alunos, constituem-se em uma ferramenta capaz de estabelecer uma ponte entre modelos teóricos idealizados, representações formais, e realidade. Dentro do mesmo tema, Finkelstein, Adams, Keller *et al.* (2005) desenvolveram um trabalho com o objetivo de estudar a possibilidade de substituir o ensino de laboratório por simulações computacionais, no ensino de circuitos elétricos simples. O estudo envolveu dois grupos de alunos, um deles usou equipamento de laboratório e o outro usou simulações computacionais durante o ensino de circuitos elétricos simples. Os resultados mostraram que os alunos que usaram simulações computacionais no lugar de equipamentos de laboratório tiveram melhor desempenho na resolução de questões conceituais sobre circuitos simples e, surpreendentemente, desenvolveram maior habilidade na manipulação de componentes reais.

¹ Disponível gratuitamente em: www.if.ufrgs.br/cref/ntef/circuitos.

Nosso trabalho se enquadra na linha desenvolvida por Ronen e Eliahu (2000), pois ao inserir atividades computacionais no ensino de Física não estamos propondo a substituição das aulas de laboratório por simulações computacionais, mas sim modos de complementá-las. Nossa concepção é que deve-se empregar computadores em situações que de fato faça diferença usá-los, ou seja, quando estes facilitam a aprendizagem de Física. Quais são estas situações? Como integrar as atividades computacionais com atividades experimentais como recurso instrucional na aprendizagem de circuitos elétricos? Essas são questões norteadoras deste trabalho.

2. Objetivos

Com o propósito de encontrar subsídios para uma pesquisa mais ampla sobre a integração entre atividades computacionais e experimentais, desenvolvemos um estudo exploratório que teve como objetivos:

- estudar as potencialidades do uso de atividades experimentais em conjunto com simulação e modelagem computacionais no ensino de circuitos elétricos *cc* e *ca*, de modo a proporcionar condições favoráveis à aprendizagem significativa de conceitos dessa área;
- buscar evidências de que as atividades concebidas neste estudo são capazes de promover interação dos alunos entre si, com o material didático, e com o professor, transformando a sala de aula em um espaço privilegiado para a externalização, reflexão e discussão de idéias e concepções relacionadas à Física em geral, e ao funcionamento de circuitos elétricos em particular.

3. Referencial Teórico

A teoria de Ausubel

Da teoria de Ausubel (2003) levamos em conta neste estudo o conceito de aprendizagem significativa, as condições para sua ocorrência e os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Ausubel define a aprendizagem significativa como um processo pelo qual o significado de um novo conhecimento resulta da interação, que ocorre de maneira substantiva e não-arbitrária, entre este e um aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva do aprendiz, denominado *subsunçor*. Ausubel também propõe duas condições para que ocorra aprendizagem significativa: *i*) o material deve ser potencialmente significativo, isto é, o conteúdo do material a ser estudado deve ter relação com a estrutura cognitiva do aluno, de maneira não-arbitrária e não-literal e *ii*) o aluno deve manifestar disposição para relacionar o novo material, potencialmente significativo, de forma substantiva e não-literal, à sua estrutura cognitiva.

Em relação à dinâmica de sala de aula Ausubel (2003) propõe dois princípios programáticos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva é o princípio segundo o qual as idéias mais gerais e mais inclusivas da matéria de ensino devem ser apresentadas no início do ensino para, somente então, serem progressivamente diferenciadas em seus pormenores e em suas especificidades. Ausubel baseia-se em duas hipóteses: *i*) é mais fácil para seres humanos captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas previamente aprendidas; *ii*) a organização do conteúdo de uma certa disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual as idéias mais inclusivas e gerais estão no topo e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais

diferenciados. Já a reconciliação integradora é o princípio segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre idéias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes, opondo-se à prática usual nos livros de texto, que consiste em separar idéias e tópicos em capítulos e em seções (Moreira, 2006).

Ao conceber os materiais instrucionais deste estudo levamos em consideração o conhecimento prévio e propusemos atividades instigantes para motivar os alunos, visando melhores condições para uma aprendizagem significativa. Em todas as aulas deste estudo nossas exposições conceituais foram desenvolvidas com base em um método que podemos denominar de método colaborativo presencial, ancorado nos princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, que será descrito na próxima seção.

A teoria sócio-interacionista de Vygotsky

Da teoria de Vygotsky (2003) levamos em conta a importância da interação social nos processos de aprendizagem e o conceito de zona de desenvolvimento proximal.

Segundo Vygotsky a interação social é fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento. Segundo ele, a interação social que provoca a aprendizagem deve ocorrer dentro da zona de desenvolvimento proximal e tem um papel determinante nos limites desta zona. Por definição o limite inferior é fixado pelo nível real de desenvolvimento do aprendiz. Já o limite superior é determinado por processos instrucionais que podem ocorrer no brincar, no ensino formal ou informal, no trabalho (Driscoll, 1995, *apud* Moreira, 1999, p. 116).

Para Moreira (*ibid.*):

O conceito de zona proximal é definido como a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido através da solução de problemas sob orientação (de um adulto, no caso de uma criança) ou em colaboração com companheiros mais capazes.

No contexto de sala de aula o professor é o participante que já internalizou os significados contextualmente aceitos. E cabe a ele, em uma aula, apresentar aos alunos um conjunto de significados do contexto da matéria de ensino e os alunos devem, de alguma maneira, externalizarem ao professor os significados captados. O professor tem ainda a responsabilidade de verificar se os significados que os alunos assimilaram são aceitos, compartilhados socialmente. A responsabilidade dos alunos é verificar se os significados que captaram são aqueles que o professor pretendia que eles captassem e se são aqueles compartilhados no contexto da área de conhecimento em questão. Para Gowin, por exemplo, o processo ensino/aprendizagem se consuma quando os alunos e o professor compartilham dos significados a respeito da matéria de ensino (*apud* Moreira, *op. cit.*).

Neste estudo procuramos conceber atividades que requeressem constante interação dos alunos entre si, e algumas vezes com o professor, na resolução das questões conceituais apresentadas buscando sempre estimular a negociação de significados dentro da zona de desenvolvimento proximal dos alunos.

4. Metodologia

Para a realização do estudo exploratório, trabalhamos com uma turma de 12 alunos matriculados na disciplina de Física Geral e Experimental III (Eletromagnetismo) do curso de Física – Licenciatura e Bacharelado da UFRGS, no segundo semestre de 2006. Durante toda a disciplina, as aulas teóricas foram ministradas pelo segundo autor do trabalho de forma

convencional (exposição dialogada e resolução de exercícios) e acompanhadas *in loco* pelo primeiro, tendo sido invertida a ordem e alterada a metodologia, quando o conteúdo envolvendo circuitos elétricos foi abordado. A exceção das aulas práticas sobre o referido conteúdo, ministradas também pelo primeiro autor, todas as outras foram realizadas por outro professor que não fez parte do estudo.

Nosso estudo foi realizado em um total de sete encontros de 1h e 40 min cada, com frequência semanal. Esses encontros ocorreram em um laboratório de informática com mesas para montagens experimentais próximas aos computadores. Os alunos trabalharam em trios com um conjunto de simulações computacionais (oito simulações no total) elaboradas com o aplicativo *Modellus* (Teodoro, Vieira e Clérigo, 1997) e tiveram, à sua disposição, um conjunto de materiais experimentais para a construção dos circuitos elétricos representados em cada simulação.

Em relação à dinâmica das aulas utilizamos um método que podemos denominar de método colaborativo presencial, ancorado nos princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa propostos por Ausubel (2003) e na interação social proposta por Vygotsky (2003). Este método de ensino consiste em apresentar na primeira parte de cada aula uma exposição inicial, de aproximadamente 30 min, sobre os conceitos físicos mais gerais envolvidos na matéria de ensino, para serem progressivamente diferenciados em termos de detalhes e especificidades durante a aula com a participação ativa dos alunos. Em todas as aulas, após a exposição inicial sobre os conceitos mais gerais envolvidos nas atividades a serem trabalhadas, os alunos receberam um guia impresso contendo questões dissertativas a serem respondidas em pequenos grupos sobre as atividades computacionais realizadas e o material experimental disponibilizado. Ao final de cada aula os alunos foram solicitados a entregarem uma única solução por grupo das questões respondidas para fins de avaliação formativa. Com a exigência de uma única solução por grupo esperamos promover a negociação de significados entre os alunos. Tendo em vista a interatividade e o engajamento dos mesmos, concebemos os guias segundo um método que podemos denominar de PIE – Predizer, Interagir e Explicar – adaptado do método POE – Predizer, Observar e Explicar – proposto por White e Gunstone (*apud* Tao e Gunstone, 1999). Inicialmente os alunos são solicitados a *predizer* sobre o comportamento das grandezas físicas presentes em um circuito elétrico representado em um diagrama, como por exemplo, o que acontece com V_{ab} , I_t , I_1 , I_2 e I_3 ao fechar a chave A-B no circuito mostrado na Figura 1. A seguir, é dada a possibilidade aos alunos de *interagir* com uma simulação computacional e com o material experimental para gerar resultados e então avaliar o que efetivamente ocorre e, finalmente, *explicar* as divergências e convergências de suas previsões em relação ao que foi observado.

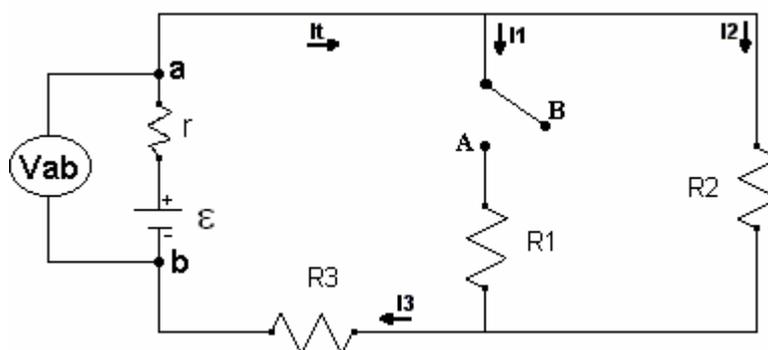


Figura 1: Diagrama de um circuito elétrico simples com uma fonte real.

Para fins de ilustração, apresentamos na Figura 2 a tela principal de uma simulação computacional sobre um circuito RLC em série, excitado senoidalmente. Nesta simulação é possível variar a resistência elétrica do resistor R (barra em preto), a capacitância do capacitor C

Como fonte de dados, além de nossas notas de campo e das respostas apresentadas pelos alunos nos guias entregues, realizamos uma entrevista individual semi-estruturada com duração média de 25 min por aluno, em momento posterior à avaliação final da disciplina. Na primeira parte da entrevista, apresentamos aos alunos questões relacionadas ao trabalho em grupo, à interação com o professor, ao uso das simulações computacionais, à realização de experimentos e a integração entre eles. Na segunda parte, os alunos responderam quatro questões conceituais voltadas para a detecção de algumas concepções alternativas sobre corrente elétrica e fontes de tensão, levantadas por McDermott e Shaffer (1992); Duit e Rhöeneck (1998) e Engelhardt e Beichner (2004).

5. Resultados e discussão

A partir dos dados coletados detectamos alguns elementos importantes a respeito da interação social promovida em sala de aula, do uso do computador, da integração entre as atividades experimentais e computacionais e do entendimento dos conceitos físicos trabalhados.

Em relação ao trabalho em sala de aula, um dos pontos mais destacados pelos alunos foi a possibilidade concreta de interação com o professor (primeiro autor do trabalho). Em suas próprias palavras:

“...o professor tem muitas experiências para passar para a gente que a gente não consegue ver no livro. Eu acho que o professor se empenhou muito em querer fazer a gente aprender, entender e mostrar todos os detalhes de cada coisa. Por isso, eu acho muito importante a interação com professor” (Aluno 10).

“Quanto ao meu aprendizado o fator mais importante foi à interação com o professor. É preciso que tenha uma abertura para questionamentos e para que o desenvolvimento do meu raciocínio não esteja atrás nem à frente do professor. Quando ele está passando matéria ele tem que se colocar numa posição relativa à minha sem estar muito à frente nem muito atrás. Essa interação: ‘pessoal agora vocês percebem isto, percebem aquilo, ficaram ainda com alguma dificuldade?’. Isso realmente faz com que as coisas se organizem e fiquem claras quando a gente tá tendo uma aula” (Aluno 9).

De fato uma de nossas maiores preocupações esteve em possibilitar um ambiente propício para a negociação de significados, fazendo também com que o aluno se engajasse em seu próprio aprendizado. Apesar de não terem sido todos os alunos (7 alunos) a citarem a interação com o professor como fator mais importante, mesmo assim acreditamos que neste estudo possibilitamos situações em sala de aula capazes de estimular a negociação de significados entre todos os participantes do episódio de ensino.

Em relação ao uso do computador, vários alunos destacaram que as simulações propostas propiciam uma visualização mais geral dos circuitos elétricos, o que acaba facilitando o desenvolvimento de raciocínios sistêmicos. Vejamos três exemplos:

“Com o computador eu realmente consegui visualizar os gráficos e perceber como as coisas estão variando eu variava a resistência e percebia como variava a tensão, a corrente elétrica. No caso do circuito RLC nós conseguimos perceber muitas coisas relativas à potência também (Aluno 9).

“Para ter uma visão mais aprofundada o computador é excelente. Tu montas um equipamento tu vê fisicamente como funciona, mas o experimento te limita muitas variações, mas com o computador tu pode variar todas possíveis variáveis o que propicia uma visão mais abrangente e imediata” (Aluno 3).

“...aquilo que a gente vê em aula tu vê no computador com muito mais clareza. É aquilo que te digo se botar uma senóide no osciloscópio de repente tu não consegue vê onde está a amplitude, tu não consegue entender o que é frequência, pois o osciloscópio não é uma coisa do dia-dia, do computador somos mais íntimos” (Aluno 12).

Realmente nosso objetivo ao utilizar o computador esteve em apresentar aos alunos uma ferramenta que os auxiliasse a desenvolver raciocínios sistêmicos ao analisarem um circuito elétrico, de modo a proporcionar uma melhor compreensão dos conceitos físicos envolvidos nesta área. Os resultados deste estudo estão de acordo com os estudos de Dorneles (2005), Araujo, Veit e Moreira (2007) e Finkelstein, Adams, Keller *et al.* (2005), que sugerem que o uso de atividades computacionais pode contribuir para uma melhor compreensão conceitual e constituir-se em um elemento motivador para aprendizagem dos alunos.

Quanto ao uso de atividades experimentais integradas com atividades computacionais todos os relatos dos alunos foram amplamente favoráveis. Em suas próprias palavras:

“...é uma combinação que funciona. O computador te dá uma visualização melhor de tudo que está acontecendo e o experimental te dá a questão de montar de como funciona o sistema na prática. Acho que são duas coisas diferentes e de extrema importância na minha concepção. Acho que é importante esta integração. (Aluno 11).

“Eu acho que uma coisa complementou a outra. Super válida essa integração da parte experimental em si com o uso do computador têm coisas que se vê melhor na prática têm coisas que ficam mais claro vendo no computador. Eu achei ótimo isto” (Aluno 8).

“Eu acho que o computador dá uma informação mais completa do que com os circuitos, mas também não dá para ficar só com os computadores porque senão será que este programa está direito, será que no circuito de verdade não é diferente eu acho que a integração está certa” (Aluno 1).

Dois alunos sugeriram, ainda, que haja maior integração:

“acho que elas complementam bastante uma a outra. Seria melhor se houvesse uma evolução nessa integração se fosse ainda mais integrada. Acho que as coisas ainda estão um pouco distintas a gente trabalha agora no computador e agora a gente trabalho no experimento, mas se a gente trabalhasse com as duas coisas ao mesmo tempo seria melhor” (Aluno 9).

“...me pareceu é que vocês tão começando a fazer isso agora. Eu acho que essa integração deve crescer.” (Aluno 12).

De fato este é o primeiro estudo que realizamos sobre o uso de atividades computacionais integradas com atividades experimentais e, certamente, esta integração deverá

evoluir com o desenvolvimento de nosso trabalho. Mesmo assim, percebemos que as simulações computacionais proporcionam uma visualização mais geral dos circuitos elétricos, o que facilita um melhor entendimento dos conceitos físicos envolvidos nesta área e a realização de atividades experimentais propicia aos alunos desenvolverem habilidades de técnicas laboratoriais e vivências com situações reais, o que pode auxiliar os alunos a superarem algumas concepções alternativas. Com os dados deste estudo acreditamos que as simulações computacionais e as atividades experimentais são recursos instrucionais que se complementam, pois quando utilizados integradamente aumenta-se o espectro de possibilidades de auxiliar os alunos a superarem suas dificuldades de aprendizagem no estudo de circuitos elétricos.

Um aspecto importante que aconteceu durante a realização das entrevistas foi que ao perguntarmos sobre a integração entre atividades experimentais e simulações computacionais vários alunos compararam com a forma que vinham sendo trabalhadas as atividades experimentais ao longo da disciplina no laboratório de Física, destacando as dificuldades encontradas ao trabalharem com os tradicionais roteiros fortemente dirigidos. Em suas próprias palavras:

“Acho um pouco soltas as atividades feitas no laboratório de Física. Faz este procedimento, tira tais dados e calcula tais coisas; o porquê de fazer aquilo exatamente não é dito” (Aluno 6).

“...muito mecânico nada me surpreendeu nos resultados que vi nas atividades experimentais. Para meu aprendizado nada me acrescentou” (Aluno 11)

“As aulas de laboratório eram maçante. Não gosto de roteiro. Lê o roteiro monta o que tem que montar e mede o que diz pra medir não pensa em cima daquilo e depois escreve um relatório copiando aquele roteiro” (Aluno 1).

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Hodson (1994); Borges (2002) e Carrascosa, Pérez, Vilches *et al.* (2006), que sugerem que atividades experimentais propostas com roteiros fortemente dirigidos – “ao estilo de receita de bolo” – além de não serem relevantes do ponto de vista dos alunos, não contribuem satisfatoriamente para a aprendizagem.

Com base nos guias preenchidos pelos alunos e na entrevista percebemos que a maior parte dos alunos após o ensino de circuitos elétricos simples não apresentou a concepção alternativa de consumo de corrente elétrica, por exemplo:

“A corrente elétrica se conserva ao longo de um circuito” (Aluno 6).

“Quando há uma associação em série a corrente elétrica é constante entre os resistores. Quando há uma associação em paralelo, a corrente se divide entre os resistores. No menor resistor há intensidade de corrente elétrica maior” (Aluno 10).

“No circuito em série a corrente será constante em todo o circuito e no circuito em paralelo ela irá dividir-se conforme a resistência das malhas” (Aluno 11).

“ L_1 e L_2 brilham com a mesma intensidade, pois estão associados em série. A corrente se conserva” (Aluno 5).

Em relação à concepção de que uma bateria ideal é uma fonte de corrente elétrica constante, cinco alunos persistiram com esta concepção alternativa, mas sete demonstraram ter

compreendido que a intensidade da corrente elétrica em um circuito elétrico não depende somente das características da fonte, mas também da resistência equivalente do que foi acoplado entre seus terminais. A seguir apresentamos dois exemplos de cada caso.

Primeiro caso:

“Neste circuito com apenas L_1 e L_2 em paralelo, ao retirar L_1 o brilho de L_2 aumenta, pois a intensidade da corrente elétrica sobre L_2 aumentará” (Aluno 12).

“ L_1 e L_2 em paralelo, quando retira-se L_1 irá passar mais corrente por L_2 ” (Aluno 4)

Segundo caso:

“A corrente elétrica depende da resistência equivalente da malha, e para encontrá-la deve-se conhecer a fem e a resistência equivalente” (Aluno 9).

“A corrente elétrica total vai cair pela metade, pois a resistência resultante vai dobrar” (Aluno 1).

6. Considerações finais

Uma das perguntas que ocorre nos dias de hoje é se a utilização de tecnologias computacionais no ensino de Física irá substituir o ensino de laboratório didático de Física. Conforme já mencionado, ao utilizarmos atividades computacionais no ensino de Física não é este nosso objetivo; estamos interessados em investigar as possibilidades de usar atividades computacionais em conjunto com atividades experimentais como recurso instrucional no ensino de circuitos elétricos de *cc* e *ca*.

Para servir como base para uma pesquisa mais ampla, realizamos este estudo exploratório buscando estudar as potencialidades da integração entre atividades computacionais e experimentais no ensino de circuitos elétricos, de modo a proporcionar condições favoráveis à aprendizagem significativa de conceitos desta área. Além disto, buscamos indícios de que as atividades concebidas neste estudo são capazes de promover a interação dos alunos entre si, com o material instrucional, e com o professor, transformando a sala de aula em um ambiente privilegiado para a externalização, reflexão e discussão de idéias, em particular sobre o funcionamento de circuitos elétricos.

Com base nos dados coletados temos resultados que nos levam a acreditar que o uso de atividades experimentais em conjunto com simulações computacionais no ensino de circuitos elétricos *cc* e *ca* pode propiciar melhores condições para a aprendizagem significativa. Também podemos observar que os alunos ao responderem questões conceituais presentes nos guias interagiram constantemente entre si e com o professor, o que mostra que as atividades concebidas neste estudo propiciam situações capazes de promover a interação social defendida por Vygotsky (2003). Com estes resultados, temos como perspectiva futura a realização de um próximo estudo, em que investiremos em maior integração entre as atividades computacionais e experimentais propondo questões relacionadas ao contexto de validade dos modelos teóricos subjacentes às simulações computacionais, e possíveis fontes de erro nas medidas experimentais.

Referências

Araujo, I. S.; Veit, E. A.; Moreira, M. A. Physics students' performance using computational modelling activities to improve Kinematics graphs interpretation. *Computers & Education*, doi:10.1016/j.compedu.2006.11.004. 2007.

Ausubel, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003.

Borges, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.19, n.3, p.803-815, dez. 2002.

Carrascosa, J.; Pérez, D. G.; Vilches, A.; Valdés, P. Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.23, n.2, p.157-181, ago. 2006.

Dorneles, P. F. T. *Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional Modellus*. 2005. p.142. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

Dorneles, P. F. T.; Veit, E. A.; Moreira, M. A. Ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional Modellus. In: Nardi, R. e Borges, O. *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Bauru, SP, 2005.

Duit, R.; Rhöeneck, C. V. Learning and understanding key concepts in electricity. In: Tiberghien, A., Jossem, E., Barojas, J. *Connecting research in physics education*. Ohio: International Commission on Physics Education Books, 1998. p.1-10.

Dupin, J. J.; Johsua, S. Una analogía térmica para la enseñanza de la corriente continua en electricidad: descripción y evaluación. *Enseñanza de las Ciencias*, v.8, n.2, p.119-126, mayo 1990.

Engelhardt, P. V.; Beichner, R. J. Students' understanding of direct current resistive circuits. *American Journal of Physics*, v.72, n.1, p.98-115, Jan. 2004.

Finkelstein, N. D.; Adams, W. K.; Keller, C. J.; Kohl, P. B.; Perkins, K. K.; Podolefsky, N. S.; Reid, S. 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, n.1, p.010103-1 010103-8, Oct. 2005.

Hodson, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v.12, n.3, p.299-313, Nov. 1994.

Mcdermott, L. C.; Shaffer, P. S. Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, v.60, n.11, p.994-1003, Nov. 1992.

Moreira, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

Ronen, M.; Eliahu, E. Simulation - a bridge between theory and reality: the case of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, v.16, n.1, p.14-26, Mar. 2000.

Solano, F.; Gil, J.; Pérez, A. L.; Suero, M. I. Persistencia de preconcepciones sobre los circuitos eléctricos de corriente continua. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.24, n.4, p.460-470, jun. 2002.

Stocklmayer, S.; Treagust, D. Images of electricity: How do novices and experts model electric current? *International Journal of Science Education*, v.18, n.2, p.163-178, Apr. 1996.

Tao, P.-K.; Gunstone, R. F. The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, v.36, n.7, p.859-882, Sept. 1999.

Teodoro, V. D.; Vieira, J. P.; Clérigo, F. C. *Modellus, interactive modelling with mathematica*. San Diego: Knowledge Revolution, 1997.

Vygotsky, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2003.