

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E APRENDIZAGEM ATIVA EM UM CONTEXTO DE ENSINO – APRENDIZAGEM DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NAS FÍSICAS INTRODUTÓRIAS PARA ENGENHEIROS

Oswaldo Balen¹; Valquíria Villas-Boas²; Francisco Catelli³

Universidade de Caxias do Sul
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – Bairro Petrópolis
95070-560 – Caxias do Sul - RS

¹obalen@ucs.br; ²vvillasboas@yahoo.com; ³fcatelli@ucs.br

Resumo: Resultados de um estudo levado a cabo em um curso introdutório teórico-prático de eletricidade e magnetismo para estudantes de diferentes programas de engenharia da Universidade de Caxias do Sul são apresentados. Estes resultados mostram que a metodologia da aprendizagem ativa gera resultados mais consistentes. As concepções alternativas ou errôneas encontradas nesta investigação são as mesmas já apresentadas na literatura.

Palavras-Chave: Aprendizagem ativa, circuitos elétricos, concepções alternativas, concepções errôneas.

1. INTRODUÇÃO

É fato bem conhecido o de que estudantes de cursos superiores trazem para seus cursos de física, conhecimentos e explanações derivadas de sua experiência profissional. Nas últimas décadas pesquisadores (McDermott, 1991; Hestenes *et al.*, 1992; Picciarelli *et al.*, 1991; Evans, 1978; Balen, 1998; Engelhardt and Beichner, 2004) estudaram estas concepções alternativas ou errôneas com a intenção de promover mudanças e aperfeiçoar o processo de ensino aprendizagem. Como diz McDermott (1991) “*Algumas concepções errôneas são de tal maneira sérias que podem tornar o ensino significativo uma tarefa impossível, mesmo quando o desempenho na solução de problemas quantitativos não é afetado. Mesmo que uma dificuldade de raciocínio ou de conceitos esteja predominantemente presente entre os estudantes, ela pode estar latente e conseqüentemente não aparente, nem para eles, nem para o professor. Algumas concepções errôneas podem ser atribuídas a uma experiência limitada. Outras podem resultar de falsas interpretações da experiência prévia. Nestes casos, a concepção errônea pode adquirir a solidez de uma crença. Dificuldades neste nível provaram ser altamente resistentes ao método convencional de ensino-aprendizagem*”.

Ao analisarem circuitos elétricos, os estudantes os vêem de uma forma fragmentada, em contraste com uma visão global. Segundo McDermott and Shaffer (1992), existe aí alguma evidência de que os estudantes mudam seus padrões de raciocínio adaptando-os à questão que eles têm em mãos. Eles aparentemente não usam um modelo único, simples e consistente para analisar os fenômenos elétricos. Ao invés disso, os estudantes usam uma das três formas seguintes de raciocínio: seqüencial, local ou de superposição (Picciarelli *et al.*, 1991; Engelhardt and Beichner, 2004). Se um elemento de um circuito, tal como um resistor, é mudado, o raciocínio seqüencial se manifesta. Raciocínio seqüencial significa que o estudante analisa o circuito em termos de “antes” ou “após” a passagem da corrente em um dado ponto. Uma troca nos elementos do “início” do circuito influenciaria os elementos que vêm depois,

enquanto que trocas nos elementos “do fim” do circuito não afetariam os que estão localizados no começo. A informação da troca é transmitida pela corrente elétrica. A corrente em um circuito é influenciada por um resistor quando ela “o atinge”; a informação é transmitida na direção do fluxo, mas não na direção oposta. Por outro lado, o raciocínio local descreve o comportamento daqueles estudantes que focalizam a atenção em um ponto do circuito e desprezam tudo o que acontece nos demais pontos. Um exemplo de raciocínio local é o de estudantes que olham para uma bateria como uma fonte de corrente constante e não como uma fonte de tensão constante. Uma bateria como fonte de corrente forneceria, segundo esse raciocínio, corrente constante, independente do circuito que a ela fosse conectado.

Neste trabalho, apresentamos resultados de um estudo levado a cabo em um curso teórico-prático de eletricidade e magnetismo, para estudantes de diferentes programas de engenharia da Universidade de Caxias do Sul (UCS). A investigação é discutida em termos dos estudos já publicados nesta área (McDermott, 1991; Hestenes *et al.*, 1992; Picciarelli *et al.*, 1991; Evans, 1978; Balen, 1998; Engelhardt and Beichner, 2004) e é comparada a um trabalho prévio, desenvolvido na UCS, em uma ocasião em que o processo de ensino-aprendizagem era completamente convencional (Balen, 1998).

Em um contexto em que várias atividades foram planejadas baseadas na metodologia da aprendizagem ativa, no final do semestre os estudantes realizaram um teste bastante simples, cocebido para medir a compreensão dos principais conceitos envolvidos nestas atividades. As respostas ao teste permitiram a identificação de três modelos utilizados pelos estudantes ao construir seus conhecimentos acerca de circuitos elétricos. As concepções alternativas ou errôneas que foram encontradas nesta investigação são as mesmas referidas na literatura.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho, uma comparação entre os resultados de dois estudos e dados de literatura foi efetuada. O primeiro estudo, que vamos nomear PC (abreviação para “Processo Convencional de ensino-aprendizagem”), foi realizado com 137 alunos dos cursos de engenharia mecânica, engenharia química e licenciatura em matemática da Universidade de Caxias do Sul que estavam cursando a disciplina de física 3 – eletricidade e magnetismo durante os anos de 1995, 1996 e 1997 (Balen, 1998). O processo de ensino-aprendizagem a que esses alunos foram submetidos foi um processo completamente convencional (ou tradicional). Neste processo, as aulas teóricas e de laboratório foram conduzidas por diferentes professores, e eram completamente dissociadas umas das outras. Ao final do semestre, estes 137 alunos foram submetidos a um teste bastante simples que está apresentado na seção 2.1.

O segundo estudo, que vamos nomear AA (abreviação para “Aprendizagem Ativa”), foi realizado com 99 alunos das diferentes modalidades do curso de engenharia da Universidade de Caxias do Sul e regularmente matriculados nas disciplinas física – eletromagnetismo (curso de engenharia de controle e automação – ECA) e física geral e experimental III (cursos de engenharia mecânica, produção, química, ambiental, alimentos e materiais - EG) durante o ano de 2007. O processo de ensino-aprendizagem a que esses alunos foram submetidos foi um processo de caráter interativo e experimental, baseado na metodologia da aprendizagem ativa e com uma forte inclinação para as atividades do tipo mão-na-massa e trabalho em grupo. Neste processo, as aulas teóricas e de laboratório foram conduzidas pelo mesmo professor, mas de forma sincronizada. Ao final do semestre, esses 99 alunos foram submetidos ao mesmo teste que o aplicado aos alunos do estudo PC (vide seção 2.1).

A repetição literal do livro texto no quadro negro é drasticamente reduzida no estudo AA, quando comparada ao PC. No estudo AA, os estudantes foram expostos a demonstrações em tempo real, demonstrações informatizadas e demonstrações em vídeo. Os estudantes foram incitados a repetir algumas das demonstrações e foram induzidos a formular conceitos, através da discussão com seus pares e com o professor.

Em termos de infra-estrutura, um grande número de experimentos simples foi utilizado nas demonstrações de aula, com a participação dos estudantes. Estas demonstrações simples, feitas em tempo real, foram muito importantes como auxílio no desenvolvimento de conceitos em eletricidade e magnetismo. Um exemplo é uma montagem, feita com fios, lâmpadas e

chaves montadas em um suporte de madeira. A fonte de energia é a rede elétrica; lâmpadas de diferentes especificações foram empregadas. Diversas combinações são apresentadas; os estudantes são provocados a preverem o brilho das lâmpadas antes que a conexão à rede seja efetuada. Os “acertos” e “erros” na previsão do brilho das lâmpadas são então discutidos, na tentativa de se fazer uma elaboração preliminar de um modelo que explique as observações efetuadas, em contraste com os resultados oriundos da manipulação do circuito elétrico.

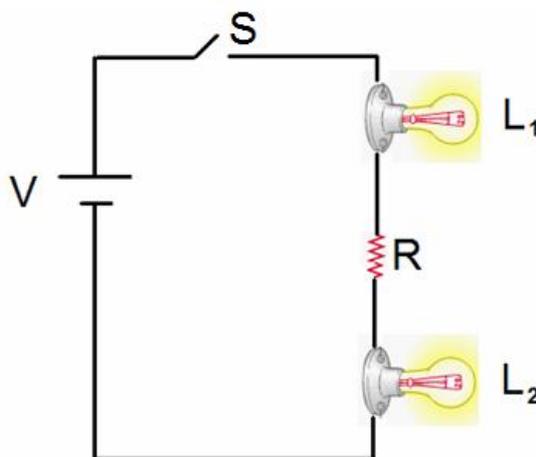
Nas aulas de laboratório, foi usada uma forma bastante interativa de roteiros para os experimentos. Nestes roteiros, os estudantes são desafiados a fazer coisas, a pensar sobre o que estão fazendo e a discutir suas experiências. Na concepção destes roteiros foi tomado como base o material desenvolvido pelo Physics Education Group da Universidade de Washington (McDermott, 1992). Este material tinha como motivação especial auxiliar os estudantes a desenvolver por si mesmos os conceitos que necessitavam. Estes conceitos são a base, em um passo subsequente, para a resolução de problemas. Este tipo de material requer uma intensa atividade entre pares, a qual via de regra, transforma a sala de aula em um ambiente agradável e dinâmico.

Para as aulas teóricas, textos especiais foram utilizados para cada assunto, sempre que os estudantes necessitaram de suporte extra. Em geral, o final de cada aula foi reservado à solução de problemas em pequenos grupos de dois ou três estudantes. Estes momentos constituem-se em uma prolongação do debate em grande grupo e como tal em uma parte muito importante do ambiente de aprendizagem. Um dividendo extra se refere ao fato que o aprendizado da física através de intensas discussões e interação entre pares propicia aos futuros engenheiros um melhor relacionamento social e o desenvolvimento de um pensamento crítico mais elaborado.

2.1 O teste

O principal objetivo do teste é identificar se os alunos interpretam os processos que estão ocorrendo no circuito elétrico em questão, considerando os conceitos físicos baseados no formalismo científico ou se utilizam raciocínios do tipo sequencial ou local. O teste aplicado aos alunos consiste de apenas três questões bastante simples. Estas questões abordam situações envolvendo circuitos elétricos onde os componentes estão ligados em série e são percorridos por uma corrente contínua. Apresenta-se a seguir o teste:

COMPLETE O TESTE ABAIXO MARCANDO APENAS UMA ESCOLHA EM CADA QUESTÃO



Situação A: na figura acima, R é a resistência, L_1 e L_2 são duas lâmpadas idênticas, V é a bateria e S é uma chave que abre e fecha o circuito.

1. Nas condições da situação A, quando a chave é fechada podemos afirmar que:

- (a) L_1 brilha mais que L_2
- (b) L_1 e L_2 são igualmente brilhantes
- (c) L_1 brilha menos que L_2

Situação B: o circuito é o mesmo da situação A, mas o valor da resistência R foi aumentado.

2. Nas condições da situação B, quando a chave é fechada podemos afirmar que:

- (a) L_1 brilha mais na situação B do que na situação A
- (b) L_1 brilha menos na situação B do que na situação A
- (c) L_1 é igualmente brilhante na situação B e na situação A

3. Nas condições da situação B, quando a chave está fechada, podemos afirmar que

- (a) L_2 brilha mais na situação B do que na situação A
- (b) L_2 brilha menos na situação B do que na situação A
- (c) L_2 é igualmente brilhante na situação B e na situação A

2.2 Concepção dos modelos

A tabulação e a análise das respostas encontradas no estudo PC levaram à identificação de três modelos de concepções (Balén, 1998). O agrupamento das respostas utilizado nesta identificação é apresentado a seguir:

Tabela 1 - Modelo A.

| Modelo | Resposta | Alternativa |
|--------|--|-------------|
| A-1 | L_1 brilha mais que L_2 | 1a |
| | L_1 é igualmente brilhante na situação B e na situação A | 2c |
| | L_2 brilha menos na situação B do que na situação A | 3b |
| A-2 | L_1 brilha menos que L_2 | 1c |
| | L_1 brilha menos na situação B do que na situação A | 2b |
| | L_2 é igualmente brilhante na situação B e na situação A | 3c |

Outras combinações de alternativas também foram consideradas como pertencentes a este modelo

Tabela 2 - Modelo B.

| Modelo | Resposta | Alternativa |
|--------|--|-------------|
| B | L_1 e L_2 são igualmente brilhantes | 1b |
| | L_1 brilha menos na situação B do que na situação A | 2b |
| | L_2 é tão brilhante na situação B quanto na situação A | 3c |

Tabela 3 - Modelo C.

| Modelo | Resposta | Alternativa |
|--------|---|-------------|
| C | L_1 e L_2 são igualmente brilhantes | 1b |
| | L_1 brilha menos na situação B do que na situação A | 2b |
| | L_2 brilha menos na situação B do que na situação A | 3b |

As principais características dos três modelos são descritas a seguir:

Modelo A: o estudante apresenta o conceito de que a corrente elétrica é “algo que se gasta” ao percorrer o circuito elétrico; o aluno analisa o circuito em partes e não relaciona os componentes uns com os outros, operando-os independentemente. Nesse modelo a energia e/ou a carga elétrica não são conservadas; o sentido da corrente influencia na escolha das alternativas, ou seja, se a corrente percorre o circuito no sentido convencional ocorre um determinado efeito nas lâmpadas; se o sentido é invertido, invertem-se também os efeitos. Segundo a terminologia de McDermott e Schaffer (1992), trata-se de um típico “comportamento seqüencial”.

Modelo B: ao analisar o circuito o estudante considera apenas as especificações dos componentes como a potência nominal das lâmpadas ou a resistência elétrica dos resistores utilizados; a diferença de potencial ou a corrente à qual o componente é submetido parecem não afetar o brilho da lâmpada. Uma outra hipótese a ser considerada é a de que alguns estudantes têm uma “crença” irrestrita no que está escrito nas especificações do componente. Por exemplo, se uma lâmpada contém as especificações 220 V – 60 W, eles crêem que esta diferença de potencial de 220 V não pode ser diferente, mesmo com lâmpadas ligadas em série umas com as outras e à rede elétrica. Eles crêem não ser possível, em nenhuma hipótese, “mudar” os valores especificados pelo fabricante. Estes estudantes não conseguiriam admitir uma leitura do tipo “se a diferença de potencial da lâmpada for 220 V, **então** a potência será de 60 W”. Se esta conjectura tiver algum fundamento, dificilmente o estudante manifestará alguma consciência deste fato. Em outras palavras, ele não saberia exprimir claramente esta “impossibilidade” à qual ele acredita estar submetido. Mais uma vez, segundo a terminologia de McDermott e Schaffer, um comportamento local poderia ser identificado.

Modelo C: o estudante interpreta o processo considerando os conceitos físicos baseado predominantemente no formalismo científico. Nesse modelo o aluno identifica e aplica corretamente os princípios de conservação da carga elétrica e da energia em circuitos resistivos.

Estes modelos foram utilizados para analisar os resultados obtidos nos estudos PC e AA.

3. RESULTADOS

As investigações realizadas por Balen (1998) com estudantes de cursos de engenharia e licenciatura na UCS, que resultaram nos modelos A, B e C descritos acima, apresentaram resultados bastante similares aos descritos na literatura para estudantes norte americanos, nas mesmas condições (Mc Dermott e Schaffer, 1992). No estudo realizado por Balen, pode-se notar um resultado ligeiramente superior dos estudantes dos cursos de tecnologia em automação industrial, resultado este que provavelmente pode ser explicado pela experiência prática prévia apresentada por alunos que freqüentaram uma escola técnica em nível de ensino médio. Nesta ocasião, os resultados gerais apresentaram uma maciça tendência ao modelo A, um modelo nitidamente seqüencial, na terminologia de McDermott e Schaffer (tabela 4).

Tabela 4 - Resultados obtidos no estudo PC (Balén, 1998)

| Modelo | Engenharias e Matemática | % | Tecnologia em Automação Industrial | % | Total | % |
|--------|--------------------------|-------|------------------------------------|-------|-------|-------|
| A | 106 | 77,4 | 41 | 71,9 | 147 | 75,7 |
| B | 16 | 11,7 | 7 | 12,3 | 23 | 11,9 |
| C | 15 | 10,9 | 9 | 15,8 | 24 | 11,4 |
| Total | 137 | 100,0 | 57 | 100,0 | 194 | 100,0 |

Nas investigações recentes, relatadas neste trabalho (estudo AA), feitas a partir de um curso conscientemente inserido dentro de uma perspectiva de participação maciça dos alunos, através de técnicas de “learning by inquiry” e atividades no estilo “hands-on”, a melhoria nos resultados foi espetacular. Após a aplicação do mesmo teste, proposto em 1998 (ver tabela 4), aos alunos do estudo AA (2007) os resultados obtidos apontaram para um crescimento substancial de respostas enquadradas na categoria C.

Tabela 5 - Resultados obtidos nesta pesquisa (estudo AA).

| modelo | ECA | | EG | | TOTAL | |
|--------|-----|--------|----|--------|-------|--------|
| | N | % | N | % | N | % |
| A | 15 | 42,9 | 36 | 56,3 | 51 | 51,5 |
| B | 6 | 17,1 | 7 | 10,9 | 13 | 13,1 |
| C | 14 | 40,0 | 21 | 32,8 | 35 | 35,4 |
| | 35 | 100,00 | 64 | 100,00 | 99 | 100,00 |

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos superaram os descritos na literatura (McDermott, 1990), os quais foram obtidos com estudantes previamente submetidos a processos tradicionais de ensino-aprendizagem. Estes resultados mostram que atividades baseadas na metodologia da aprendizagem ativa dão melhores resultados, quando comparadas com processos tradicionais. Também foi possível notar que os estudantes de engenharia de controle e automação mostraram uma performance superior à de estudantes de outros programas, tais como engenharia mecânica, química, materiais, ambiental, industrial e de alimentos. Estudantes oriundos de escolas técnicas também mostraram performances melhores que os de escolas convencionais.

Finalmente, as concepções alternativas ou errôneas encontradas nesta pesquisa são as mesmas encontradas na literatura (McDermott, 1990, Evans, 1978). Estes resultados são satisfatórios e estão de acordo com as expectativas de um número considerável de investigadores nesta área como é indicado na literatura. Nas palavras de McDermott e Schaffer “*para atingir uma mudança conceitual significativa é necessário engajar os estudantes em um nível intelectual suficientemente profundo [...] Existe a necessidade de material instrucional que provoque a participação mental ativa dos estudantes no processo de aprendizagem*”.

Agradecimentos

À Universidade de Caxias do Sul e à FINEP, pelo apoio financeiro prestado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALEN, O. "O conceito de circuito elétrico na concepção dos alunos egressos do 2º grau", **Revista do CCET 1** (1), 67-75 (1998).
- DE GRAAF, E. & KOLMOS, A. (2003). Characteristics of Problem-Based Learning. **International Journal of Engineering Education**, 19, 657-662.
- DE THEUX, M.-N., JACQMOT, C. & WOUTERS, P. (2002). *Se former à son métier d'étudiant dans un contexte d'apprentissage actif en groupe*. ACTES DU 19^e COLLOQUE DE L'AIPU, Association Internationale de Pédagogie Universitaire, 29-31 mai 2002.
- ENGELHARDT, P. V., R. J. BEICHNER, "Students' understanding of direct current resistive electrical circuits", **American Journal of Physics** 72 (1), 98-115 (2004).
- EVANS, J., "Teaching electricity with batteries and bulbs", **The Physics Teacher** 16 (1), 15-22 (1978).
- HESTENES, D., M. WELLS AND G. SWACKHAMER, "Force concept inventory", **The Physics Teacher** 30, 141-158 (1992)
- JONNAERT, PH. & VANDER BORGHT, C. **Créer des conditions d'apprentissage. Un cadre de référence pour la formation didactique des enseignants**. Bruxelles, De Boeck-Université. (2003. 2^e éd.).
- MCDERMOTT, L.C. "Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap", **The American Journal of Physics** 59 (4), 301-315 (1991).
- MCDERMOTT, LILLIAN C.; PETER S. SCHAFFER. "Research as a guide for curriculum development: an example from introductory electricity. Part 1: Investigations of student understanding. **American Journal of Physics** 60 (11) November, 1992, p. 994 – 1003.
- MOORE, G. (2006). Un formation à la loupe? *In* Raucent, B. & Vander Borght, C. (Eds.). **Etre enseignant : Magister ou metteur en scène ?** (pp.349-354). Bruxelles, De Boeck.
- PICCIARELLI, V., M. DI GENNARO, R. STELLA AND E. CONTE, "A Study of University Students' Understanding of Simple Electric Circuits Part 1: Current in d.c. Circuits", **European Journal of Engineering Education** 16 (1), 41-56, 1991.

ALTERNATIVE CONCEPTIONS AND ACTIVE LEARNING IN A CONTEXT OF TEACHING-LEARNING OF ELECTRIC CIRCUITS IN INTRODUCTORY PHYSICS COURSES FOR ENGINEERS

Abstract: *Results of a study carried out in an introductory theory and lab course on electricity and magnetism, for students of different engineering programs at the Universidade de Caxias do Sul are presented. These results show once again that activities based on the active learning methodology generate better results. The alternative conceptions or misconceptions which were found in this investigation are the same ones found in the literature.*

Key words: *Active learning, electric circuits, alternative conceptions, misconceptions*