

UM DEBATE ACADÊMICO SOBRE A APRENDIZAGEM DE CIRCUITOS ELÉTRICOS: O ESTADO DA ARTE

Fernando B. Freiesleben – professor.fernandobf@gmail.com

Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha

Rua Inconfidentes, 395 – Bairro Primavera

93.340-140 - Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul

Liane L. Loder – lianeludwig@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Elétrica

Av. Paulo Gama, 110 - Bairro Farroupilha

90.040-060 - Porto Alegre - Rio Grande do Sul

Maria Luiza R. Becker – mlbecker@portoweb.com.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação

Av. Paulo Gama, 110 - Bairro Farroupilha

90.040-060 - Porto Alegre - Rio Grande do Sul

Resumo: Este artigo apresenta um levantamento de pesquisas recentes, realizado com o objetivo de verificar qual o debate acadêmico que existe atualmente no país sobre o modo como os estudantes aprendem os circuitos elétricos. Para esse fim, foram investigados os anais dos cinco mais recentes Congressos Brasileiros de Educação em Engenharia (COBENGE) e o Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Efetuando-se a busca nos anais do COBENGE, através das palavras-chave “ensino de circuitos elétricos” e “aprendizagem em circuitos elétricos”, foram localizados artigos que não se referiam, especificamente, a estes temas, mas que continham estas expressões. Optou-se então analisar estes artigos visando identificar aqueles em que o autor investigava o ensino ou a aprendizagem pela perspectiva do estudante. Partiu-se da premissa de que essa abordagem é pré-requisito para quem deseja investigar a aprendizagem em circuitos elétricos. No Banco de Teses e Dissertações da CAPES, localizaram-se trabalhos sobre o tema, os quais foram lidos buscando-se conhecer a concepção do autor e a linha central dos textos, classificando-os em dois grupos, um sobre ensino e outro sobre aprendizagem. No grupo de aprendizagem identificaram-se trabalhos em que os autores analisam aprendizagem, concepções e dificuldades de compreensão dos estudantes em circuitos elétricos ou ainda, fatores que nelas possam influir. Finalmente, questiona-se a inexistência de trabalhos que investiguem os processos mentais de aprendizagem em circuitos elétricos, almejando-se que, este trabalho possa servir como incentivo e referência a futuras pesquisas sobre este tema.

Palavras-chave: Aprendizagem em circuitos elétricos, Concepções sobre circuitos elétricos, Dificuldades de aprendizagem em circuitos elétricos, Aprendizagem pela perspectiva do estudante.

1. INTRODUÇÃO

A temática Circuitos Elétricos Lineares detém um papel importante no cenário da educação nacional, destacado tanto pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, no Ensino Fundamental como pelas Orientações Curriculares no Ensino Médio, e, sobretudo, possuem um papel essencial nos cursos técnicos e superiores, nas áreas de Física, Eletricidade, Eletrônica, Mecânica e outras correlatas. Portanto, pode-se inferir que o ensino, a aprendizagem e a avaliação destes conhecimentos devam requerer um olhar deveras criterioso.

No Ensino Fundamental, os Parâmetros Curriculares Nacionais recomendam que a aprendizagem seja articulada através de eixos temáticos tais como “Tecnologia e Sociedade”, citando como exemplo situações de interesse da disciplina de Física referentes à eletroeletrônica, magnetismo, acústica, óptica e mecânica, tais como: circuitos elétricos, campainhas, máquinas fotográficas, motores, chuveiros, torneiras elétricas e rádios a pilha (BRASIL, 1998).

Já no Ensino Médio, o documento Orientações Curriculares para o Ensino Médio prevê a existência de temas estruturadores e unidades temáticas que possuem o objetivo de articular competências e conteúdos, dentre os quais três possuem relação direta com Circuitos Elétricos Lineares, quais sejam: Calor, Ambiente e Usos de Energia; Som, Imagem e Informação; e Equipamentos Elétricos e Telecomunicações (BRASIL, 2006).

Em cursos tecnológicos, tais como o Curso Técnico de Eletrônica, constatou-se que, na Grade Curricular de um determinado curso, citada a título de exemplo, a Teoria de Circuitos Elétricos Lineares aparece diretamente ou como pré-requisito em mais de 70% da carga horária total das disciplinas da Área Técnica (FUNDAÇÃO ESCOLA TÉCNICA LIBERATO SALZANO VIEIRA DA CUNHA, 2010).

Assim, considerando a importância da Aprendizagem dos Circuitos Elétricos Lineares, este artigo aborda este tema segundo uma concepção de que o conhecimento dos processos de aprendizagem dos estudantes é condição relevante para a definição de estratégias de ensino, e, como consequência, para o planejamento da avaliação.

Este pressuposto baseia-se em conceitos estabelecidos pela Epistemologia Genética de Jean Piaget, tais como o de que o estímulo (provocado pelo ensino) só é realmente considerado como tal pelo sujeito na medida em que for significativo para ele, ou seja, na medida em que houver uma estrutura que permita sua assimilação, a qual acolhe este estímulo, e, ao mesmo tempo produz uma resposta. (PIAGET, 1972),

Ainda conforme Piaget, quando, ao ensinar, se permite que o sujeito observe os resultados de uma dedução que este sujeito deveria ter feito por si mesmo, ou quando se informa estes resultados a ele, ocorre pouca mudança no seu pensamento lógico, ou então, há uma extraordinária mudança momentânea no seu raciocínio, sem acarretar, efetivamente, uma real compreensão. (PIAGET, 1975).

Isto nos sugere abordar o ensino segundo uma concepção que considere a aprendizagem sob o ponto de vista do estudante, na qual se identifique os processos de aprendizagem e as estruturas de pensamento a ele subjacentes, tomando-os como requisitos ao se desenvolver estratégias e práticas de ensino e de avaliação.

Neste contexto, este artigo apresenta um levantamento realizado no ambiente acadêmico, no ano de 2012, com o objetivo de investigar qual o debate acadêmico que existe atualmente no país sobre o modo como os estudantes aprendem os circuitos elétricos lineares.

Para efetuar esta investigação, foram utilizados como fonte de informações os anais dos cinco mais recentes Congressos Brasileiros de Educação em Engenharia

(COBENGE), de 2007 a 2011, e o Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação.

A metodologia utilizada no levantamento destas pesquisas, bem como os resultados obtidos através destas duas fontes de consultas são apresentados no capítulo seguinte.

2. O LEVANTAMENTO DAS PESQUISAS

2.1 Anais dos COBENGES

O COBENGE é um importante fórum brasileiro de reflexão sobre a Educação em Engenharia e áreas correlatas, abordando temas como metodologias e modalidades de ensino, avaliações, currículos, dentre outros.

Nos anais desses congressos procurou-se artigos relacionados com o tema desta pesquisa, ativando o mecanismo de busca através das palavras-chave “ensino e aprendizagem de circuitos elétricos”, resultando nos dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparativo entre o Total de Artigos e os Artigos Localizados

Ano do COBENGE	Total de artigos	Artigos localizados
2007	607	6
2008	317	14
2009	283	9
2010	330	19
2011	476	16
TOTAL	2013	64

Muito embora se tenha localizado 64 artigos, ao ler seus resumos verificou-se que esses não se referiam especificamente nem ao ensino nem à aprendizagem em circuitos elétricos, mas a diversos temas que foram selecionados pelo mecanismo de busca porque continham essas expressões ao longo dos seus textos. Foi então refeita a busca utilizando-se as expressões “ensino de circuitos elétricos” e “aprendizagem de circuitos elétricos” individualmente; entretanto, os resultados foram semelhantes.

Em virtude da carência de artigos sobre ensino e aprendizagem de circuitos elétricos, decidiu-se então analisar, nessas edições do COBENGE, o comportamento da variável “quantidade de artigos apresentados” com o objetivo de identificar se há um aumento ou uma redução no debate acadêmico no que se refere às questões que abordam o ensino e a aprendizagem em Engenharia e áreas correlatas.

Esta análise faz sentido, na medida em que se pressupõe que a identificação de um padrão de comportamento desta variável possa ser útil para indicar ou reforçar a importância e a necessidade de se desenvolver ainda mais os estudos, as pesquisas e, em consequência, o debate acadêmico sobre o ensino e a aprendizagem nestas áreas.

Assim sendo, na Figura 1, a seguir, apresenta-se um gráfico onde estão relacionados a quantidade de artigos submetidos às cinco mais recentes edições do COBENGE com o correspondente ano de submissão.

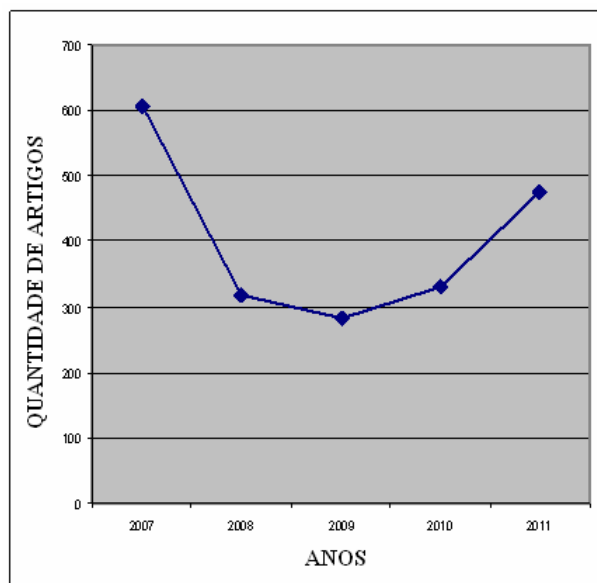


Figura 1 – Quantidade de Artigos Publicados nos COBENGES

Através do gráfico apresentado na Figura 1, pode-se verificar que houve uma redução na quantidade de artigos publicados, desde 2007 (607 artigos) até 2009 (283 artigos). No entanto, a partir de 2010 a quantidade de artigos começou a aumentar, parecendo então, haver uma tendência de manutenção do crescimento após este ano, o que pode sugerir uma preocupação significativa e crescente dos professores com o aprendizado dos estudantes. Isto parece indicar e ressaltar a importância e a necessidade de se desenvolver mais estudos, pesquisas e debates acadêmicos sobre o ensino, a aprendizagem e a avaliação em Engenharia e áreas correlatas.

Em outro momento, decidiu-se reler os resumos dos 64 artigos com o objetivo de identificar aqueles em que o autor investigava a aprendizagem pelo ponto de vista do estudante, partindo-se da premissa de que esse foco é um pré-requisito para aqueles que desejam investigar os processos de aprendizagem de circuitos elétricos e, assim, foram encontrados 13 artigos, os quais se apresenta a seguir.

No congresso de 2007 havia somente o artigo de Araújo *et al.* (2007), da Universidade de Pernambuco, que visava investigar as dificuldades encontradas por estudantes iniciantes nos cursos de Engenharia da Escola Politécnica dessa universidade.

No COBENGE de 2008 havia dois trabalhos nessa linha: Loder (2008), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, apresentou um trabalho no qual investigava a representação psicossocial como a autoimagem do aluno; Curi e Farias (2008), da Universidade Federal de Campina Grande, apresentaram um artigo em que analisavam os métodos de estudos dos estudantes e a sua relação com o seu desempenho acadêmico.

Em 2009 haviam dois trabalhos neste congresso: Loder (2009), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, apresentou uma investigação sobre a formação dos estudantes em Engenharia Elétrica com relação às suas expectativas e competências adquiridas; Sarubbi e Soares (2009), da Universidade Estadual do Rio de Janeiro,



relatarem um estudo sobre os problemas de cálculo de taxas relacionadas e algumas hipóteses das causas das dificuldades dos estudantes com esse tipo de problema.

No COBENGE de 2010 encontrou-se quatro trabalhos: do Carmo *et al.* (2010), da Universidade Federal do Ceará, apresentaram uma comparação entre os estilos de aprendizagem e o desempenho nas avaliações dos alunos das disciplinas de Planejamento e Controle da Produção e Logística do curso de Engenharia de Produção Mecânica dessa universidade; Hippert *et al.* (2010), da Universidade Federal de Juiz de Fora, mostraram a contribuição dos estilos de aprendizagem para a conclusão do curso de Engenharia Civil; do Carmo *et al.* (2010), da Universidade Federal do Ceará, avaliaram a percepção discente do aprendizado de Estatística, identificando dificuldades e deficiências para a aprendizagem, relacionando-as com as metodologias usadas pelos docentes; Loder (2010), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, expôs os resultados de uma investigação acerca do papel do estudante no contexto escolar e sobre os conhecimentos construídos em função desses papéis.

No congresso de 2011 havia quatro trabalhos: Punhagui e John (2011), da Universidade de São Paulo, apresentaram uma investigação sobre os fatores que podem vir a interferir no aprendizado de estudantes de Engenharia Civil dessa universidade; Almeida *et al.* (2011), da Universidade Federal do Vale do São Francisco, apresentaram uma análise dos aspectos psicológicos, na perspectiva de Piaget e a partir da Psicometria, sobre o processo de aprendizagem dos estudantes aprovados nos cursos de Engenharia dessa universidade, identificando aqueles que comprometem a aprendizagem; Bazzo *et al.* (2011), da Universidade Federal de Santa Catarina, questionaram a forma como os estudantes estudam, decorando conceitos sem compreender o que eles representam nem exercer seu poder reflexivo, sendo, portanto levados a um caminho de aprendizado apático; e Piemolini-Barreto e Sandri (2011), da Universidade de Caxias do Sul, apresentaram uma avaliação dos estilos de aprendizagem dos estudantes de Engenharia de Alimentos dessa universidade.

De modo geral, dentre os 2013 artigos submetidos aos cinco mais recentes congressos, foram encontrados 64 artigos, e dentre estes, apenas 13 artigos analisavam a aprendizagem pelo ponto de vista do estudante, lembrando ainda que não foram encontrados artigos que versassem sobre ensino e aprendizagem de circuitos elétricos.

Conforme se constatou, há uma aparente tendência de aumento da quantidade de artigos, o que pode indicar que a preocupação com a educação em Engenharia vem aumentando. Entretanto, verifica-se que, na sua maioria, os artigos ainda estão muito centrados numa visão unilateral da educação, fazendo pressupor que há uma priorização para as condições de ensino, relegando a um segundo plano a própria aprendizagem, o que lembra Marques quando esta autora afirma que a educação centra-se sobre si mesma, tendo por objetivos a próxima matéria, a próxima série, o próximo exame ou o vestibular e não a aprendizagem (MARQUES, 2005).

Essa situação parece indicar que há ainda certa dificuldade de olhar para a educação também sob a perspectiva do estudante, o que pode vir a explicar a ausência de artigos que analisem a aprendizagem dos estudantes sobre os circuitos elétricos.

Pensou-se também ser importante verificar se há algum indicio de que estas preocupações com a aprendizagem não são ocasionais, fortuitas ou passageiras, mas, pelo contrário, se há alguma tendência de aumento. Para tanto, através do gráfico apresentado na Figura 2, pode-se acompanhar a variação da quantidade de artigos que abordam a aprendizagem pela perspectiva do estudante nesses congressos.

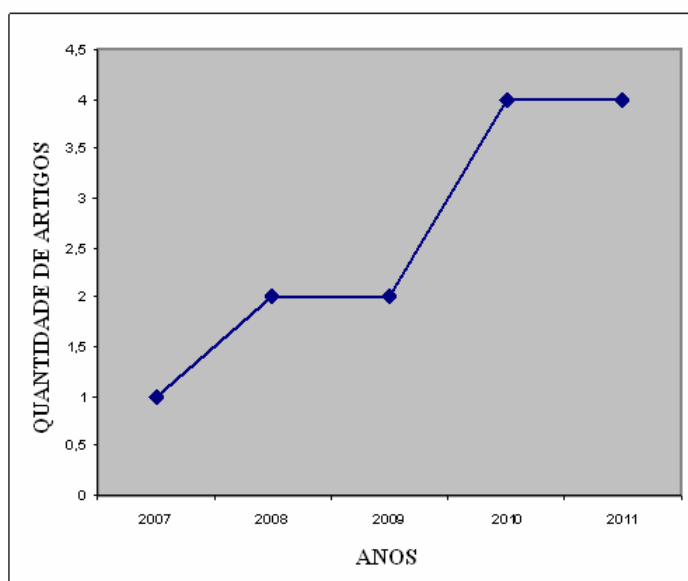


Figura 2 – Artigos sobre Aprendizagem pela Perspectiva do Estudante

Assim, pode-se verificar que, apesar de a quantidade de artigos que abordam a aprendizagem pela perspectiva do estudante ser ainda muito pequena, o comportamento da curva parece indicar uma tendência de crescimento, o que pode estar retratando um possível aumento da preocupação com a aprendizagem concebida segundo a perspectiva do estudante.

2.2 Banco de Teses e Dissertações da CAPES

O próximo passo foi procurar no Banco de Teses e Dissertações da CAPES trabalhos sobre o ensino e a aprendizagem de circuitos elétricos e, assim, obteve-se uma seleção de 22 resumos de trabalhos. Através da leitura dos títulos e resumos, identificaram-se quatro trabalhos que não versavam sobre circuitos elétricos, mas que foram selecionados pelo mecanismo de busca por conterem essas expressões nos seus textos.

Restaram, então, 18 resumos de trabalhos que foram relidos buscando-se conhecer a concepção de cada autor e o foco, a linha central, de cada texto, e assim foram classificados em dois grupos, um sobre ensino e outro sobre aprendizagem.

No primeiro grupo, denominado de métodos de ensino na temática circuitos elétricos, foram encontrados 15 trabalhos em que os autores pressupõem, afirmam, demonstram e/ou concluem que o uso de determinado instrumento pedagógico pode influir, ou influi, no rendimento escolar de quem estuda os circuitos elétricos.

No segundo grupo, denominado processos de aprendizagem na temática circuitos elétricos, foram encontrados três trabalhos em que os autores analisam os processos de aprendizagem dos estudantes em circuitos elétricos, ou, ainda, procuram identificar fatores que poderiam influir nesses processos, trabalhos estes que se encontram resumidos e comentados a seguir.

Preocupado com as dificuldades de aprendizagem conceituais em circuitos elétricos, Gouveia desenvolve sua investigação com a finalidade de verificar qual é o potencial da linguagem pictórica (desenhos livres) para incitar a explicação e apontar as dificuldades

de compreensão dos alunos sobre circuitos elétricos. O autor acredita que a linguagem simbólica é objeto central para a aprendizagem porque possui um código de regras que determinam o uso coordenado da representação dos conceitos científicos (GOUVEIA, 2007).

O autor defende que o desenho livre, por ser uma representação pessoal que constitui-se em uma forma de linguagem mais próxima dos estudantes, pode construir mediações didáticas que permitam reduzir o distanciamento entre as representações científicas de grande complexidade e o pensamento cotidiano.

Segundo Gouveia, os sujeitos constroem conceitos distantes do significado científico, que na literatura são denominados como concepções alternativas. Essas concepções, de acordo com este autor, são conhecimentos peculiares do sujeito, muito resistentes a mudanças, estando estruturadas na vivência diária e que, num primeiro momento, dão conta da maioria das explicações (GOUVEIA, 2007).

Em seu trabalho, Gouveia apresenta um quadro das dificuldades conceituais (incompreensões) e concepções alternativas (não científicas) sobre conceitos de circuitos elétricos elementares, retirado dos estudos de Dorneles (DORNELES, 2005).

Por exemplo, com relação à corrente elétrica, Dorneles fala de três tipos de dificuldades conceituais: a) a incapacidade de identificar que a corrente em uma carga ligada a uma fonte depende das características elétricas da fonte e da própria carga; b) a dificuldade de entender que a quantidade de cargas elétricas que adentram por um dos terminais da carga, em uma unidade de tempo, é a mesma quantidade de cargas elétricas que sai pelo outro terminal; c) reconhecer que a intensidade da corrente elétrica não depende da ordem dos elementos no circuito elétrico e nem do sentido dessa corrente (DORNELES, 2005).

Quanto às concepções alternativas de corrente elétrica, Dorneles apresenta quatro tipos: a) os sujeitos pensam que a bateria é uma fonte de corrente constante; b) os sujeitos pensam que a corrente diminui o seu valor numérico ao passar por um elemento resistivo; c) os sujeitos acreditam que a ordem dos elementos no circuito e o sentido da corrente são relevantes; d) os sujeitos pressupõem que a fonte fornece os portadores de carga responsáveis pela corrente (DORNELES, 2005).

Gouveia defende o uso de analogias para desenvolver e estender as ideias do aprendiz em direção ao ponto de vista científico, a fim de evitar confronto direto com suas concepções prévias. Para fundamentar esta proposta, o autor utilizou a Teoria do Modelo de Mudança Conceitual, que apresenta uma estratégia pedagógica baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (GOUVEIA, 2007)..

A metodologia da pesquisa de Gouveia constituiu-se, numa primeira etapa, na realização e análise de desenhos elaborados por 26 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio sobre circuitos elétricos para as situações de curto-circuito, circuito aberto, associação em série e associação em paralelo. Numa segunda etapa, foram feitas entrevistas semiestruturadas, nas quais o autor os arguia tentando identificar os raciocínios incorretos, as dificuldades de compreensão conceituais e as concepções alternativas desses estudantes sobre eletricidade, através da forma como estes estudantes representavam os circuitos elétricos.

Assim, Gouveia, da mesma forma que Dorneles, apresenta um quadro das dificuldades conceituais que detectou através dos desenhos livres dos alunos, no qual identifica diferentes tipos de complexidade de raciocínio (GOUVEIA, 2007).

Por exemplo, no que se refere às dificuldades conceituais expressas através da representação de curtos-circuitos, Gouveia elenca cinco tipos: a) a concepção de que a corrente é formada pela junção das cargas elétricas positivas e negativas; b) o fato de

que, ao não compreender o funcionamento da chave liga-desliga, o sujeito estabelece um curto-circuito entre os terminais da bateria; c) o fato de que o sujeito não compreende como fazer uma ligação em série; d) a dificuldade de efetuar uma ligação em série em uma disposição que facilite esse tipo de associação; e) a falta de atenção.

Gouveia concluiu que o uso de desenhos elaborados pelos estudantes pode auxiliar a explicitar e acusar as suas dificuldades de compreensão e que é necessário priorizar o raciocínio qualitativo, ou seja, a compreensão dos conceitos (GOUVEIA, 2007). Em suas considerações Gouveia lembra a afirmação de Dorneles de que diversas pesquisas demonstraram que, mesmo utilizando-se estratégias pedagógicas diferenciadas, tais como o uso sistemático de aulas práticas, em muitos casos a compreensão dos conceitos físicos básicos não atinge o nível desejado (DORNELES, 2005).

O trabalho de Coelho, no que se refere à aprendizagem de circuitos elétricos, tinha os objetivos de investigar a evolução dos modelos explicativos dos estudantes no terceiro nível de um currículo em espiral e identificar o patamar de entendimento dos estudantes sobre os conceitos de circuitos elétricos simples (COELHO, 2007).

Coelho considera que as concepções alternativas são esquemas teóricos constituídos de ideias e conhecimentos parciais ou incompletos, que são concebidos pelos sujeitos para dar significado ao mundo, correspondendo a um pensamento primitivo primordial para a construção de uma lógica formal que se encontra associada aos conceitos científicos (COELHO, 2007).

Como exemplo dessas concepções, em relação à corrente elétrica em um circuito elétrico simples, Coelho cita quatro modelos: a) modelo unipolar, quando o estudante só considera um pólo da pilha; b) modelo de choque entre correntes, no qual o estudante considera que a lâmpada brilha quando a corrente que sai do pólo positivo da pilha se choca com a corrente que sai do pólo negativo; c) modelo de atenuação, no qual o estudante pensa que a corrente diminui de valor ao passar por cada um dos elementos do circuito; d) modelo científico, no qual o estudante entende que a corrente sai de um terminal da pilha, passa por todos os elementos do circuito e retorna ao outro terminal da pilha com a mesma intensidade (mesmo valor).

Para validar o seu sistema categórico, Coelho afirma ter utilizado o modelo estrutural cognitivo proposto por Biggs (1992) e Collis (1998), denominado “Modelo SOLO” (*Structure of the Observed Learning Outcome*). Este modelo é baseado no conceito piagetiano de estágios e, na sua taxionomia, prevê que a progressão está relacionada a fatores como a maturação física (sistema neuronal), a interação com outras pessoas, o confronto com um novo problema, os conhecimentos prévios e o processo de escolarização (COELHO, 2007).

Como instrumento de coleta de dados, Coelho elaborou questões abertas contendo o desenho de um circuito elétrico simples, formado por uma pilha, três fios, um interruptor e uma lâmpada, solicitando ao sujeito que descrevesse tudo o que ocorria em cada um desses elementos quando a lâmpada estava acesa (COELHO, 2007).

A coleta de dados foi realizada com 134 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio em dois momentos distintos, no início e no final do ano letivo. As respostas foram então classificadas em modelos conforme a complexidade dos conceitos, de acordo, segundo Coelho, com os modelos de Osborne (1983), Shipstone (1984) e Borges (1999).

Através da análise dessas respostas, Coelho constatou que houve progresso dos modelos dos estudantes ao longo do período e que esse progresso poderia ser indício de aprendizagem devido às experiências feitas pelos sujeitos (COELHO, 2007)..

Já na sua Tese de Doutorado, Coelho procurou investigar se os estudantes evoluem no entendimento dos conceitos de eletricidade ao longo de uma unidade de ensino de

Física e, ainda, se determinados fatores contextuais, a que denominou preditores, tais como vocacionamento (curso, turma), gênero, nível socioeconômico e estado de engajamento comportamental, cognitivo e emocional do estudante, contribuem para explicar esta evolução (COELHO, 2011).

Para coletar os dados, Coelho procedeu a um estudo longitudinal com 152 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, no ano de 2008, mediante três ondas de dados (em três momentos distintos). Nestes estudos abordou o entendimento sobre a natureza da corrente elétrica, as transformações de energia e os princípios de conservação envolvidos em um circuito elétrico elementar composto por pilha, fios, interruptor e lâmpada (COELHO, 2011).

Nas duas primeiras ondas, os estudantes tinham que descrever tudo o que ocorria nos elementos desse circuito elétrico após a lâmpada ser ligada. Na terceira onda, os estudantes responderam a questões fechadas que exigiam respostas do tipo “Verdadeiro”, “Falso” ou “Não Sei” sobre conceitos e cálculos em um circuito elétrico semelhante ao apresentado nas duas primeiras ondas.

Para analisar o engajamento cognitivo, Coelho construiu instrumentos que abordavam conceituação e características dos fenômenos, bem como aspectos dos circuitos elétricos, realizando as avaliações no final de cada aula, nestas três ondas. O engajamento comportamental foi analisado mediante observação e o engajamento emocional não pode ser averiguado com as informações disponíveis (COELHO, 2011).

Coelho constatou uma evolução no entendimento dos conceitos de eletricidade, mas observou que, para isso ocorrer, não bastou somente o engajamento comportamental, foi necessário também o engajamento cognitivo durante as aulas, visto que esse fator contribuiu positivamente para uma maior aprendizagem em Física (COELHO, 2011).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as leituras dos trabalhos identificados nos cinco mais recentes COBENGES e no Banco de Teses e Dissertações da CAPES, foi possível verificar, de imediato, que os desenhos de circuitos elétricos lineares dos estudantes podem revelar dificuldades conceituais que estão relacionadas com uma certa incapacidade do sujeito em compreender o fenômeno científico. Uma segunda constatação refere-se à existência do que os autores denominam de concepções alternativas ou não científicas, que são conhecimentos peculiares e particulares do sujeito, muito resistentes a mudanças, que estão estruturados na vivência diária e que, em um primeiro momento, dão conta da maioria das explicações, sendo, por isso mesmo, muito difíceis de serem superados (GOUVEIA, 2007).

Algumas pesquisas indicam também a existência de patamares de desenvolvimento cognitivo em relação aos conceitos dos circuitos elétricos lineares e demonstram que as experiências dos estudantes sobre um fenômeno propiciam que eles utilizem, *a posteriori*, modelos mais sofisticados para explicar aquele fenômeno estudado, lembrando o sistema epigenético elaborado por Jean Piaget.

Com relação à metodologia através da qual as pesquisas foram desenvolvidas e sobre a forma como as informações dos sujeitos foram obtidas, os trabalhos proporcionaram o conhecimento de diferentes tipos de instrumentos e métodos de investigação. Em especial, a Tese de Doutorado de Coelho apresenta instrumentos diversos, tanto com questões abertas como com questões fechadas, que serviram para a autora obter respostas qualitativas e quantitativas dos estudantes sobre conceitos e características de certas situações ou fenômenos físicos, visando identificar o

entendimento desses estudantes sobre aquelas questões, em diferentes momentos e com propósitos diversos (COELHO, 2011).

Destaque importante pode-se fazer para a afirmação de Dorneles de que a compreensão dos estudantes não depende somente de estratégias pedagógicas (DORNELES, 2005), o que parece reforçar o pressuposto inicial deste trabalho de que a aprendizagem deva ser considerada sob o ponto de vista do estudante, mediante a identificação dos processos de aprendizagem e das estruturas de pensamento a ele subjacentes, e que estes deverão servir como subsídios e requisitos para o planejamento e desenvolvimento de estratégias e práticas de ensino e de avaliação.

Outra passagem que chama a atenção é a constatação de Coelho de que a evolução no entendimento dos conceitos não está relacionada somente com o engajamento comportamental, mas também requer certo nível de engajamento cognitivo (COELHO, 2011), pensamento este que parece estar de acordo com o conceito de estágios, ou seja, com o modelo epigenético estabelecido na Epistemologia Genética por Jean Piaget.

Ao finalizar este estudo, pode-se afirmar ter atingido o objetivo proposto no seu início, visto que, com este levantamento, foi possível verificar a existência, no país, de debates acadêmicos sobre as dificuldades e os modelos de aprendizagem em circuitos elétricos lineares, no entanto, constatou-se também não existirem pesquisas que busquem mapear, explicitar, discutir e compreender os processos de aprendizagem relativos a esta temática bem como as estruturas de pensamento a eles subjacentes.

Assim sendo, identificou-se a possibilidade que emerge em tal contexto de se desenvolver novas pesquisas visando a aquisição destes conhecimentos, tomados à luz da Epistemologia Genética de Jean Piaget.

Acredita-se que, desta forma, é possível se obter subsídios que venham a proporcionar uma releitura sobre o planejamento e a utilização de estratégias e práticas de ensino e de avaliação, considerando-se para tal, como referencial, a aprendizagem sob o ponto de vista do estudante.

4. REFERÊNCIAS

BIGGS, J. The psychology of educational assessment and the Hong Kong scene. Bulletin of the Hong Kong Psychological Society, Nos. 28/29, p. 1-18, 1992.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura Secretaria da Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: ftp://ftp.fnde.gov.br/web/pcn/05_08_ciencias_naturais.pdf. Acesso em: 29 nov. 2012.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02-internet.pdf. Acesso em: 29 nov. 2012.

BRASIL, Ministério da Educação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Disponível em <http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>. Acesso em 01 de junho de 2012.

COELHO, Geide Rosa. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Programa de Pós-Graduação em Educação. A evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade: um estudo longitudinal.. 2011. 173p, il. Tese (Doutorado em Educação)

_____. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Programa de Pós-Graduação em Educação. A evolução dos modelos explicativos dos estudantes sobre circuitos elétricos e sobre a natureza da luz em um currículo recursivo. 2007. 236p, il. Dissertação (Mestrado em Educação)

COLLIS, K.; JONES, B.L.; SPROD, T.; WATSON, J.M.; FRASER, S.P. Mapping development in students understanding of vision using cognitive structural model. *International Journal of Science Education*, v. 20, n.1, p.45-66, 1998.

CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 35., 2007. Curitiba. Anais. 1 CD-ROM.

CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 36., 2008, São Paulo. Anais. 1 CD-ROM.

CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 37., 2009, Recife. Anais. 1 CD-ROM.

CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 38., 2010, Fortaleza. Anais. 1 CD-ROM.

CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 39., 2011, Blumenau. Anais. 1 CD-ROM.

DORNELES, Pedro Fernando Teixeira. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Programa de Pós-Graduação em Física. Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional *MODELLUS*. 2005. 141p. il.. Dissertação (Mestrado em Física)

FUNDAÇÃO ESCOLA TÉCNICA LIBERATO SALZANO VIEIRA DA CUNHA. Plano do Curso Técnico de Eletrônica Integrado ao Ensino Médio. Novo Hamburgo, 2010. 99 p.

GOUVEIA, Amandio Augusto. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Dificuldades de aprendizagem conceitual em circuitos elétricos reveladas por meio de desenhos. 2007. 136p. il.. Dissertação (Mestrado em Educação)

MARQUES, Tânia Beatriz Iwaszko. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Programa de Pós-Graduação em Educação. Do Egocentrismo à Descentração: a docência no ensino superior. 2005. 264p. il.. Tese (Doutorado em Educação)

OSBORNE, R. Towards. Modifying children's ideas about electric current. *Research in Science and Technology Education*, v.1, n.1, p. 73-82, 1983.

PIAGET, Jean. Desenvolvimento e Aprendizagem. Texto traduzido por Paulo Francisco Slomp do original incluído no livro de: LAVATTELLY, C. S. e STENDLER, F. Reading in child behavior and development. New York: Hartcourt Brace Janovich, 1972. Que, por sua vez, é a reimpressão das páginas 7-19 de: RIPPLE R. e ROCKCASTLE, V. Piaget rediscovered. Cornell University, 1964. Disponível em http://livrosdamara.pbworks.com/f/desenvolvimento_aprendizagem.pdf. Acesso em: 02 jan. 2013.

_____. A Teoria de Piaget. In: CARMICHAEL, Leonard. Manual de Psicologia da Criança. São Paulo: EPU, EDUSP, 1975. v. 4, Desenvolvimento Cognitivo I.

SHIPSTONE, D. M. A study of children's of understanding of eletricity in simple D.C. circuits. European Journal of Science Education, v.6, p.185-198, 1984.

AN ACADEMIC DEBATE ON THE LEARNING OF ELECTRIC CIRCUITS: STATE OF THE ART

Abstract: *This article presents a survey of recent research, conducted with the purpose of examining which is the current academic debate in the country regarding the way students learn electric circuits. To this aim, the annals of the five more recent Brazilian Congresses of Education in Engineering (COBENGE) and the Database of Theses and Dissertations of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) were investigated. With the search on COBENGE annals, using the keywords “ensino de circuitos elétricos” and “aprendizagem em circuitos elétricos”, it was possible to find articles that did not refer specifically to these topics but mentioned these expressions. Then it was chosen to analyze these articles in order to identify those in which the author investigated the teaching or the learning process from the student's point of view, assuming that this approach is a prerequisite for those who want to investigate the learning of electric circuits. Studies on the topic found on the CAPES Database of Theses and Dissertations were read, in order to determine the conception of the author and the central idea of the texts, and then classified into two groups, one on teaching and other on learning. In the group on learning, we identified studies in which the authors analyze learning, conceptions and students' difficulties in understanding electric circuits, or factors that may have an influence on these issues. Finally, the lack of studies investigating the mental processes of learning in electric circuits is questioned, and we aim that this paper can work as an incentive and reference to future investigations on this topic.*

Key-words: *Learning in electric circuits, Conceptions on electric circuits, Difficulties in learning electric circuits, Learning from the student's point of view.*