

Ganho Cognitivo no Estudo de Circuitos Elétricos com Utilização de Ferramentas Hiperulturais

Cognitive Gain in the Study of Electric Circuits with Hiperultural Tools usage

Luís Paulo Basgalupe Moreira

Instituto Federal Sul-rio-grandense e Ulbra Canoas
lp-rs@pelotas.ifsul.edu.br

Agostinho Serrano de Andrade Neto

Ulbra Canoas
asandraden@gmail.com

Resumo

Neste trabalho buscou-se identificar de que forma o uso das tecnologias da informação pode auxiliar nas mudanças cognitivas dentro do estudo de circuitos elétricos como forma de preencher lacunas da dificuldades na aprendizagem pelas tradicionais aulas com quadro e giz. Com a utilização dessas tecnologias, proporcionou-se aos estudantes uma interação com situações que visam a dar uma melhor compreensão dos conteúdos ministrados, fazendo com que aumente a relação com a realidade deles. Com essa ideia é possível verificar que existe ganho cognitivo quando os estudantes utilizam estruturas externas, como é o caso descrito pela Teoria da Mediação Cognitiva (TMC). O fato de os estudantes terem sido submetidos à intervenção de softwares evidencia uma mudança cognitiva devido a esse processo, caracterizada pela aquisição de drivers hiperulturais. Os resultados apontam para uma real mudança conceitual dentro do estudo proposto em circuitos elétricos.

Palavras chave: Simulações Computacionais, Teoria de Campos Conceituais, Hiperultura.

Abstract

In this paper we sought to identify how the use of information technology can aid in cognitive changes within the electrical circuits study as a way to fill gaps of difficulties in learning the traditional classroom with blackboard and chalk. Using these technologies, there is provided an interaction with students situations aimed at giving a better understanding of the contents, causing increase their relationship with reality. With this idea you can see that there is cognitive gains when students use external structures, such as described by the Theory of Cognitive Mediation (TMC). The fact that the students were subjected to intervention software shows a cognitive change because of this process, characterized by the acquisition of hiperulturais drivers. The results point to a real conceptual change within the proposed study on electrical circuits.

Key words: Computer Simulations, Theory of Conceptual Fields, Hyperculture

Introdução

Com o considerável aumento no uso de microcomputadores pelos alunos nos últimos anos, é possível perceber que existe uma possibilidade muito grande de se associar a aprendizagem de conteúdos de Física, em nosso caso especialmente estamos trabalhando como associar essa ferramenta ao ensino de eletricidade. São estratégias pedagógicas que podem se adequar perfeitamente ao aluno de hoje, pois o computador passou a ser de uso diário, envolvendo o estudante nas diferentes plataformas que estão à sua disposição. O uso correto dessas plataformas pode fazer com que exista um ganho cognitivo acentuado, uma vez que já é um ambiente de uso diário e de total domínio. São as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) sendo utilizadas a favor do professor e do próprio estudante.

Teoria da Mediação Cognitiva em Rede (TMC)

Souza (2002) propõe uma teoria cognitiva baseada na ideia de que a inteligência humana não resulta apenas de um funcionamento cerebral, mas também da complementação desse funcionamento pelo processamento auxiliar realizado por estruturas externas ao indivíduo (mediação), o que inclui objetos, artefatos, grupos sociais e culturas. Com a revolução digital, surgiram as TICs e estas passaram a ser uma nova forma de mediação há algum tempo. É a sociedade mudando com o auxílio da cultura. Mesmo considerando que a capacidade humana cognitiva cresceu nos últimos séculos, não se pode considerar que isso seja suficiente para que o homem possa resolver todos os problemas que lhe surjam. É possível deduzir que a expansão da capacidade cognitiva dos seres humanos se dá por meio de alguma forma de processamento extracerebral de informações.

Souza *et al* (2004), procuram explicar o processamento da informação pelo cérebro, propondo assim uma abordagem ampla para a cognição humana. A TMC é uma teoria contextualista e construtivista. Os autores apresentam o desafio de “fornecer uma síntese teórica coerente de teorias psicológicas e estruturais que são geralmente vistas como separadas, ou mesmo em conflito umas com as outras, de modo a produzir um modelo unificado” (Souza *et al*, 2004, p. 2321). A TMC é fundamentada e referenciada em cinco premissas relativas à cognição humana e ao processamento de dados:

A espécie humana tem como maior vantagem evolutiva a capacidade de gerar, armazenar, recuperar, manipular e aplicar o conhecimento de várias maneiras; 2) A cognição humana é efetivamente o resultado de algum tipo de processamento de informação; 3) Sozinho, o cérebro humano constitui um finito e, em última instância, seu recurso de processamento de informação é limitado; 4) Praticamente qualquer sistema físico organizado é capaz de executar operações lógicas em algum grau; 5) Seres humanos complementam o processamento da informação cerebral por interação com os sistemas físicos externos organizados. (Souza *et al*, 2004, p. 2321; tradução nossa).

A capacidade do cérebro humano de complementar o processamento de informações com o uso de sistemas físicos organizados é, para os autores dessa contribuição, uma das suas melhores características e culmina com o desenvolvimento dos computadores. Com o surgimento da Revolução Digital, houve mudanças importantes nas sociedades e culturas de todo o mundo, influenciando o homem em níveis individuais e coletivos pelo impacto das tecnologias digitais sobre o pensamento, surgindo desse contexto uma nova cultura, a hipercultura (Souza *et al*, 2004).

Segundo os autores, mesmo antes dos adventos computacionais, o cérebro humano já se utilizava de mediações externas auxiliares, porém essas eram mediações físicas do ambiente, objetos, sistemas simbólicos e artefatos. Essa mediação, para os autores, era denominada de Mediação psicofísica cultural.

A cognição humana é o resultado de processamento de informações, e uma parte importante desse processamento é realizada fora do cérebro. Nesse sentido, utilizou-se o processamento externo por meio da interação com estruturas do ambiente para aumentar a capacidade de processamento de informações feitas pelo cérebro. Por exemplo, quando se utiliza um computador para processar informações, ou mesmo realizar um cálculo mais complexo, está-se utilizando-o como um mecanismo externo de mediação. Para tanto, precisa-se construir alguns mecanismos internos que possibilitem manusear esse computador e compreender não somente o seu processamento, mas também as informações que ele está oferecendo. Esses mecanismos internos é que tornam possível a utilização dos mecanismos externos e são chamados pelos autores de drivers, tecendo uma analogia à computação, própria a uma abordagem baseada na metáfora computador-cérebro da psicologia cognitiva.

Souza (2006) considera a emergência de uma nova forma de mediação na qual os mecanismos externos passam a incluir os dispositivos computacionais e seus impactos culturais, enquanto que os mecanismos internos incluem as competências necessárias para o uso eficaz de tais mecanismos externos. Isso é o que ele chama de mediação social. Quando usamos um computador para processar informações, seja qual for a complexidade, o estamos utilizando como um mecanismo externo de mediação. Para tanto, precisamos construir alguns mecanismos internos em nossa estrutura cognitiva que nos possibilite manusear esse computador e compreender não somente seu funcionamento, mas também as informações que ele está nos fornece. São os mecanismos internos que tornam possível o emprego dos mecanismos externos, e esses mecanismos internos são chamados pelo autor da TMC de “drivers”,

Um modelo científico do pensamento humano precisa levar em conta não apenas uma esfera intracerebral do intelecto, mas também uma dimensão extracerebral em que ocorre a manipulação de dados, informações e conhecimento. É possível chamar a todo esse processo de “mediação” (ver Figura 1).

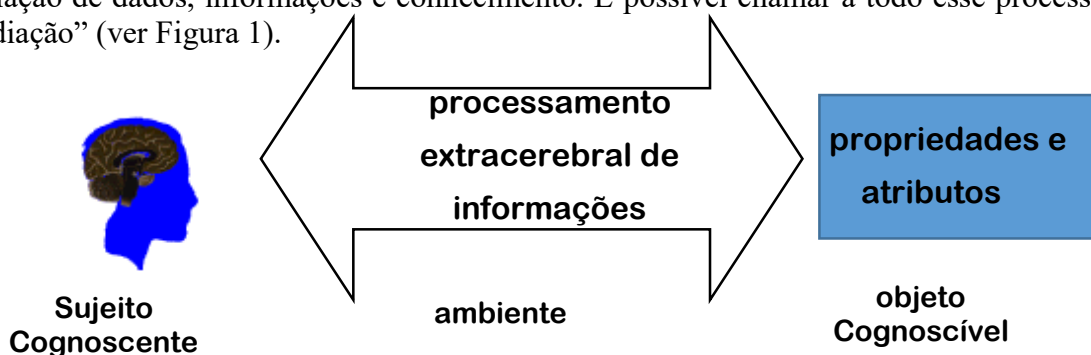


Figura 1: O processo de mediação

O que se está introduzindo aqui é uma nova noção, segundo a qual, do ponto de vista de um determinado indivíduo, a mediação é mais do que um filtro, sendo, de fato, um componente ativo que age como um verdadeiro dispositivo computacional, realizando diversas operações lógicas sobre os dados e as informações associados a um determinado objeto e situação.

A Mediação Social é um ponto importante na TMC. Quando se colocam diversos sujeitos num mesmo ambiente, fatalmente algum tipo de interação começa a ocorrer entre eles. Pode-se observar isso na ilustração (ver Figura 2): Sejam A, B e C sujeitos/objetos. À medida que A interage com B via mediação psicofísica e B interage com C da mesma forma, é possível reduzir isso a uma interação indireta entre A e C. Caso A, B e C estejam em interação devido a algum tipo de convívio social estável, é possível afirmar que se trata de uma verdadeira mediação social entre A e C.

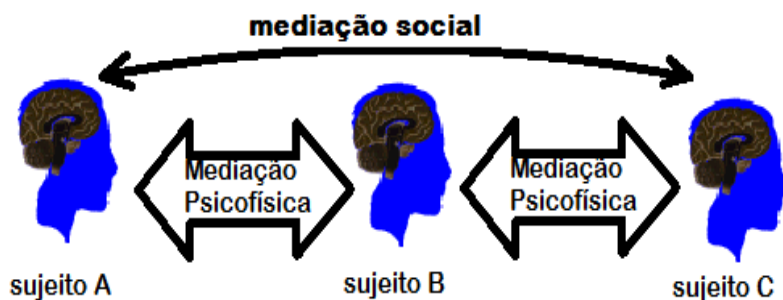


Figura 2 – Mediação social

Os circuitos elétricos têm um campo conceitual bastante abstrato e, sendo assim, é necessário recorrer a signos para poder penetrar mentalmente no mundo dos elétrons. Para compreender o funcionamento de um circuito elétrico, o aluno precisa criar modelos mentais. Para entender tal assunto, os estudantes precisam estar familiarizados com a multiplicidade de condições, com o significado de modelos científicos e também com a diferença entre os níveis macroscópicos (fenômenos físicos), microscópicos (elétrons, cargas) e representacionais (simbólicas e representações matemáticas). Segundo Johnstone (1991), os conteúdos podem ser representados nesses três níveis. O nível macroscópico corresponde às representações mentais adquiridas a partir da experiência sensorial direta, ou seja, é construído mediante a informação proveniente dos sentidos; já o nível microscópico refere-se às representações abstratas, a exemplo de modelos que os estudantes têm sobre a Física associados ao esquema de partículas; o outro nível chamado de simbólico expressa os conceitos que os estudantes têm a partir de fórmulas, equações, expressões matemáticas, gráficos, entre outros.

Definição do Problema e Método de Pesquisa

Este trabalho tem como objetivo apresentar evidências de como o uso de softwares de simulação no ensino de Física pode se tornar uma ferramenta de processamento extracerebral e quais as possíveis modificações ocorrem na estrutura cognitiva dos estudantes nesse processo. Trabalhamos ao longo de um semestre com alunos do Instituto Sul-rio-grandense Campus Pelotas com a disciplina intitulada Física e Eletricidade no curso Tecnólogo em Sistemas de Internet. A turma era composta de 16 alunos, 12 eram do sexo masculino e 4 do sexo feminino.

Descrição da atividade

A disciplina tem como objetivo trabalhar os conteúdos de eletricidade básica que servirão de base para uma disciplina que trabalha o hardware de computadores. Os conteúdos trabalhados estão classificados dentro da Eletricidade. Após o estudo dos conteúdos da Eletrostática, é dada ênfase para os Circuitos Elétricos. Por se tratar de um curso superior, todos os alunos deveriam ter visto tal disciplina no Ensino Médio ou equivalente. Mesmo com esse particular, notou-se que os alunos reclamam muito da forma como esse conteúdo foi trabalhado. Em muitos casos, eles alegaram que o conteúdo não foi ministrado. Outros reclamam que o conteúdo ministrado dava maior ênfase às fórmulas. Como forma de melhor trabalhar os conteúdos, fazendo com que as aulas fossem mais atrativas e proporcionando um melhor entendimento, optou-se por trabalhar com aulas práticas em laboratório. Parte dessas aulas utilizaram práticas com uso de simulação com softwares de computador. No caso específico, trabalhou-se com o software Modellus e o software PhET. A partir dos softwares Modellus (Veit; Teodoro, 2002) e PhET – Physics Education Technology (Perkins et al, 2006), há condição para o estudo de circuitos elétricos e um ambiente para experimentos de circuitos elétricos que permita aos alunos a criação e a análise de circuitos elétricos reais. Modellus é um software que permite trabalhar

com modelos matemáticos em Matemática, Física e Química, não só para serem feitos cálculos ou esboçar gráficos, mas também para, a partir desses modelos, poder fazer simulações de situações previstas por eles (Teodoro, 2008). As limitações inerentes a cada modelo podem ser discutidas e o software, por si só, não cria um fenômeno físico, por isso podem ser consideradas simulações de certas situações reais.

Em Física, por meio desse software, pode-se estudar diversos fenômenos. As vantagens na utilização de uma simulação no Modellus residem no fato de o estudante poder variar fácil e rapidamente os parâmetros envolvidos nos modelos e obter uma saída gráfica, além de animação e ferramentas de medição. Ele foi desenvolvido por alguns estudantes da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa e pode ser obtido gratuitamente por meio da Internet (Teodoro, 2008).

É justamente na possibilidade de modificação dos valores das constantes associadas ao modelo e na visualização do resultado que reside a grande utilidade dessa ferramenta no processo de interatividade com o estudante. O estudante só precisa inserir o modelo (uma equação), colocar valores para certas constantes e dar início à simulação. Com isso, pode-se testar o comportamento do modelo para diversas situações físicas. Para mais detalhes sobre o funcionamento do software Modellus, pode-se consultar o manual do programa (Teodoro, 2008). Neste estudo, o software foi utilizado com a finalidade apenas de proporcionar aos alunos o manuseio das grandezas físicas resistência elétrica, diferença de potencial e corrente elétrica. Os circuitos propostos dão apenas a possibilidade de interagir com a variação das grandezas.

A segunda forma proposta para estudar os conteúdos relacionados a circuitos elétricos foi a utilização do PhET, Simulações Interativas de Ciência. O Projeto PhET foi iniciado por Carl Wieman, ganhador do prêmio Nobel em Física de 2001 por conseguir a condensação de Bose-Einstein. Wieman usava um applet de Martin Goldman (do site physics2000, um projeto anterior e muito famoso da mesma universidade). As simulações do PhET são escritas, sobretudo, em Java e distribuídas usando a tecnologia Web Start.

Pretendeu-se verificar como a utilização de softwares de simulação poderia ajudar na superação das diversas dificuldades encontradas pelos alunos, pois ambientes virtuais de fácil entendimento, associados a processos educativos, motivam os alunos. O uso de computadores pode permitir o estudo de situações difíceis ou inviáveis na prática, possibilitando ainda maior facilidade na compreensão dos fenômenos físicos (Araujo; Abid, 2003). Eles permitem a possibilidade de visualizar, interagir e realizar experiências que só poderiam ser efetuadas em laboratório, além de facilitar a aprendizagem nos processos reais. Simulações computacionais vão além das simples animações. Elas englobam uma vasta classe de tecnologias, do vídeo à realidade virtual, que podem ser classificadas em certas categorias gerais baseadas fundamentalmente no grau de interatividade entre o aprendiz e o computador (Gaddis, 2000).

Por último, foram realizadas as atividades em um painel de circuitos como forma de concluir as atividades de uma forma real, com um circuito com componentes reais. Com relação aos painéis, eles foram especialmente construídos com o objetivo de dar grande liberdade ao aluno de construir um circuito elétrico. A proposta era que ele conseguisse pensar a partir das simulações realizadas, sejam as feitas no Modellus ou no PhET. Com fios e componentes como resistores e lâmpadas, era possível a montagem de um circuito funcional. Optou-se por deixar fixos no painel a fonte com um interruptor e um multímetro.

Em alguns momentos, chama-se o painel de circuitos também de painel real. Portanto, trabalhou-se com duas ferramentas virtuais e uma ferramenta real. A ideia central foi que as ferramentas se ajudassem mutuamente, ou seja, o ambiente virtual se misturando ao ambiente real e proporcionando ao aluno visões diferentes de um mesmo assunto. As atividades são

introduzidas após apresentação do conteúdo Lei de Ohm.

A primeira atividade prática foi um circuito simples, trabalhado apenas pelo software Modellus. A atividade serviu para que os alunos pudessem verificar de que forma as grandezas resistência elétrica, diferença de potencial e corrente elétrica se relacionam.

O segundo conteúdo desenvolvido foi o circuito série. Nesse conteúdo, trabalhou-se com o Modellus e introduziu-se também o segundo software, o PhET.

O terceiro conteúdo trabalhado foi o circuito paralelo. O desenvolvimento desse conteúdo teve o software Modellus, o software PhET e o painel de circuitos. Dessa forma então, trabalhou-se o mesmo assunto de três formas diferentes, duas com a utilização de softwares e uma com o painel de circuitos.

O quarto assunto trabalhado foi o circuito misto. Estiveram novamente envolvidos os três recursos trabalhados anteriormente: o Modellus, o PhET e o painel de circuitos. Ainda no circuito misto, foram introduzidas atividades complementares envolvendo lâmpadas.

Descrição da etapa de tomada de dados

Dentro do desenvolvimento do curso, após a aplicação de todas as atividades com a utilização das ferramentas trabalhadas, foi proposta uma atividade com problemas tradicionais envolvendo circuitos elétricos. O objetivo de tais atividades seria verificar de que forma os estudantes agiriam no desenvolvimento dos exercícios com as diversas ferramentas à sua disposição. O primeiro exercício correspondia a trabalhar com um circuito simples composto de uma fonte e um resistor, no qual eram dadas a tensão da fonte e a resistência elétrica do resistor. Era solicitado que se encontrasse o valor da corrente elétrica. O segundo exercício seguindo o mesmo princípio do primeiro apresentava uma fonte cuja tensão era fornecida e dois resistores associados em série cujos valores das resistências elétricas foram igualmente fornecidos. Solicitava-se no exercício que fosse encontrada a resistência elétrica total, a corrente total e a diferença de potencial em cada resistor da associação. O terceiro correspondia a um circuito paralelo composto de dois resistores. Foram fornecidos os valores de resistência elétrica de cada resistor e a diferença de potencial da fonte. Solicitou-se os valores da resistência total da associação, a diferença de potencial e a corrente elétrica em cada resistor da associação. Por último, foi fornecido um circuito misto com três resistores. Houve liberdade na escolha das resistências dos resistores e da diferença de potencial da fonte. O diagrama também era parte do exercício. O estudante deveria montar o diagrama do circuito. Deveriam ser fornecidos, no final, os valores de resistência total da associação, a diferença de potencial em cada resistor e o valor da corrente elétrica em cada resistor.

Pretendia-se verificar de que maneira os estudantes iriam se comportar na resolução dos problemas utilizando as ferramentas trabalhadas ao longo do semestre. Para isso, colocou-se como regra na resolução que os estudantes deveriam escolher duas das quatro ferramentas trabalhadas ao longo do semestre, considerando como ferramentas o lápis e papel, o software Modellus, o software PhET e o painel de circuitos para apresentar a solução dos problemas um, dois e três. No último problema, uma das ferramentas já estava pré-selecionada, ou seja, parte dos estudantes deveria resolver com lápis e papel, parte com o software Modellus, parte com o software PhET e outra parte com o painel de circuitos.

Análise dos Resultados

Após a resolução dos problemas, foi realizada uma entrevista com os alunos com o objetivo de analisar os gestos e a fala dos alunos. Para analisar os gestos descritivos utilizamos como base a linha de trabalho que revela o conhecimento implícito inerente à visualização interna,

mediante externalização por análise gestual (MONAGHAN; CLEMENT, 1999). A partir dessa metodologia, é possível identificar padrões de gestos e relacioná-los com os conhecimentos implícitos existentes na estrutura cognitiva dos estudantes (CLEMENT; STEPHENS, 2010). O que Clement e Stephens chamam de imagens mentais e simulações mentais interpretamos aqui, no contexto de nosso referencial teórico, como representações e drivers. Com essa metodologia, foi possível inferir o que os estudantes pensaram ao resolver cada problema com a utilização de determinada ferramenta, ou escolhida ou já determinada. Embora não seja o foco deste trabalho, as entrevistas foram gravadas com posterior transcrição e com a análise também do gestual (Monaghan; Clement, 1999). Dos 15 alunos que participaram dessa pesquisa, 11 escolheram resolver os problemas apresentados com lápis e papel e o software PhET, 2 optaram por resolver os problemas utilizando o PhET e o painel de circuitos, 1 estudante resolveu os problemas utilizando Modellus e o painel de circuitos e 1 estudante apresentou a solução dos problemas com lápis e papel. Nas entrevistas, ao serem questionados sobre o porquê do uso das ferramentas utilizadas, destacou-se algumas respostas:

Estudante SDV_0807: Bom, primeiro lápis e papel, porque acho bem mais fácil e rápido de resolver, sem ter que abrir o software e o PhET, porque já estava bem mais familiarizado nele por já ter feito mais exercícios nele. E já tinha pego a “manha”. Ele se torna fácil depois que tu monta o circuito.

Estudante SDV_0796: No papel porque o cálculo tinha já a fórmula que eu lembrava e no programa que era bem melhor de visualizar é mais fácil de medir do que estar fazendo os cálculos no papel. Daí eu escolhi os dois porque realmente acho que são os que mais tive facilidade porque tinha o outro que era o Modellus. Eu acho por ele um pouquinho mais difícil do que pelo PhET, mas os dois pra mim são os mais fáceis de visualizar.

Estudante SDV_0805: O PhET é a melhor porque fica mais fácil de montar. É como se fosse uma bancada, tu pega e coloca ali. Parece um pouco mais dinâmico, mais fácil. É mais fácil de obter acesso, no Modellus eu nem sei como eu faria o circuito, no PhET se coloca fio por fio, os componentes. O multímetro também fica bem mais fácil, tu pressiona ali. Fica mais como se fosse real, como se fosse a placa aquela.

As falas permitem assumir que há a aquisição de novas representações e outros dados analisados, não apresentados no trabalho, envolvendo gestos e testes, colaboram com essa conclusão.

Considerações Finais

Podemos verificar ao longo desta pesquisa que, pelo fato de os alunos terem trabalhado no Ensino Médio sem a utilização de atividades de laboratório, está enraizado o modelo lápis e papel para a solução de problemas, mas, em se tratando de novas ferramentas para solução em laboratório, uma ferramenta em especial chamou a atenção. A utilização do software PhET foi marcante na solução dos problemas, inclusive sobressaindo-se em relação à atividade de laboratório. O fato que chama a atenção nessas atividades é que o estudante consegue na simulação montar todas as informações que estão no enunciado do problema e efetuar as medidas que são os dados solicitados nesse mesmo enunciado. Muitas vezes viu-se os estudantes espontaneamente abrindo o software para a resolução de um problema, evidenciando assim a perfeita interiorização do que foi trabalhado anteriormente. O PhET se configura como um laboratório virtual ou bancada virtual e assim torna-se uma efetiva ferramenta de complementação do processamento cerebral. O fato de os estudantes terem sido submetidos à intervenção de softwares evidencia uma possível mudança cognitiva devido a esse processo, caracterizada pela aquisição de drivers hiperculturais, em especial drivers que os permitem utilizar o PhET. Com isso há indicativos de que os drivers foram gerados e os estudantes

aumentaram sua memória de trabalho, ampliando sua capacidade cognitiva, de forma que situações propostas em problemas tiveram um crescimento conceitual que, ao nosso ver, foi proporcionado pela hipercultura dentro das atividades que esses estudantes desempenharam ao longo do semestre, uma vez que, como foi verificado, não havia indícios de que eles tenham entrado no curso com tais capacidades. O Phet facilita a resolução de problemas dentro do campo conceitual do eletromagnetismo ao auxiliar o estudante em competências necessárias à resolução de problemas. Dentro da teoria da mediação cognitiva, o conceito de conceito é herdado diretamente do Referencial Teórico de Vergnaud, que considera que o crescimento cognitivo dentro de um campo conceitual se dá pela capacidade crescente de resolver problemas daquele campo - mesmo que este crescimento se dê por uma melhor capacidade matemática de resolver dado problema. Sendo assim, podemos afirmar, dentro do nosso referencial teórico, que houve, sim, crescimento conceitual.

Referências

- ARAUJO, M S T e ABIB, M L V S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 25, n.2, 2003, p. 176-194.
- GADDIS, B. (2000). **Learning in a Virtual Lab: Distance Education and Computer Simulations**. Doctoral Dissertation. University of Colorado. J. Computer Assisted Learning, V.7, 1991.
- JOHNSTONE, A.H. Why Science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, V. 7(2), Jun 1991, p. 75-83.
- MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. **International Journal of Science Education**, V. 21, n. 9, p. 921– 944, 1999.
- SCHERR, R. Gesture analysis for physics education researchers. **Physical review special topics – Physics education research**, V. 4, n° 010101, 2008.
- SOUZA, B. C. de. A Teoria da Mediação cognitiva. In L. Meira & A. Spinillo (Org.) **Psicologia Cognitiva: cultura, Desenvolvimento e Aprendizagem**. Recife: Editora da UFPE. 2006.
- SOUZA, B. C. de. **A teoria da mediação cognitiva: os impactos cognitivos da hipercultura e da mediação digital**, 2004. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Disponível em: <<http://www.liber.ufpe.br/teses/arquivo/20040617095205.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2013.
- SOUZA, B. C.; SILVA, A. S.; SILVA, A. M.; ROAZZI, A.; SILVA, S. L. C. Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. **Computers in Human Behavior**, V. 28, n. 6, p. 2320–2330, 2012.
- STEPHENS, A. LYNN; CLEMENT, JOHN J. **Documenting the use of expert scientific reasoning processes by high school physics students**. Physical Review Special Topics — Physics Education Research, 2010.
- TEODORO, V. D. **Mathematical modelling in science and mathematics education: rationale and examples**, Conference on Computational Physics 2008, Kaohsiung, (Congresso), 2008.
- VEIT, E. A. & TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.2, p. 87-96, jun. 2002.