

Modificações na estrutura cognitiva dos estudantes após a utilização de simulação de colisões: os casos de colisões elástica e perfeitamente inelástica

Changes in students' cognitive structure after using collision simulation: the case of elastic and perfectly inelastic collisions

Jeferson Fernando de Souza Wolff

Instituto Federal Sul-rio-grandense – IFSul Campus Charqueadas
jefersonwolff@ifsul.charqueadas.edu.br

Agostinho de Andrade Serrano Neto

Universidade Luterana do Brasil – Ulbra – Canoas
asandraden@gmail.com

Resumo

Qual a modificação na estrutura cognitiva de estudantes que utilizam simulações computacionais para o estudo de Física? Neste trabalho será apresentado os resultados das contribuições das simulações para aprendizagem Significativa dos conceitos de colisão, referente à altura de retorno após uma colisão elástica e perfeitamente inelástica com solo. Como aporte teórico foi utilizado a combinação da teoria da Mediação Cognitiva (TMC) com a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Os dados analisados foram obtidos através de entrevistas com estudantes da disciplina de Física I, realizadas antes e após a utilização de simulações de colisões. Os dados foram obtidos pela análise dos gestos realizado pelos estudantes enquanto explicavam, associados ao conteúdo do seu discurso. Os resultados indicam que as representações mentais de conceitos associados ao estudo de colisões sofreram uma notável evolução, culminando em aprendizagem significativa, quando utilizam drivers hiperculturais.

Palavras-chave: mediação cognitiva, drivers, colisões, simulações.

Abstract

What is the change in the cognitive structure of students using computer simulations to study physics? In this work will be presented the results of the contributions of simulations for Meaningful learning of collision concepts, referring to the return height after an elastic and perfectly inelastic collision with the ground. As theoretical contribution was used the combination of the theory of Cognitive Mediation (TMC) with the Theory of Meaningful Learning (TAS). Data were obtained through interviews with students of the course of Physics I, conducted before and after the use of crash simulations. The data were obtained by the analysis of gestures performed by students while explaining, associated with the content of their speech. The results indicate that mental representations of concepts

associated with the study of collisions experienced remarkable progress, culminating in a significant learning, when using hiperulturais drivers.

Key words: cognitive mediation, drivers, bumps, simulations.

Introdução

O ensino de física tradicionalmente é praticado por meio da utilização de expressões matemáticas, leis e princípios, com o uso de situações-problema, em grande parte desvinculados do cotidiano do estudante. O resultado deste tipo de modelo de ensino infelizmente acaba, em geral, sendo um aprendizado mecânico. Por outro lado, há um mundo com avanços tecnológicos e utilização de imagem de informação, o que tem provocado amplo debate sobre a inserção destas tecnologias no ensino (RAMPINELLI; FERRACIOLI, 2006).

Nessa perspectiva, é natural trazer para o debate do ensino os possíveis impactos cognitivos que a utilização de novas tecnologias e os modos de inserção destas ferramentas acarretam no processo de ensino e aprendizagem. Para tanto, no presente trabalho, discute-se a inserção de simulações computacionais no ensino de Física, onde o delineamento passa pela investigação das mudanças que podem ocorrer na estrutura cognitiva, com a utilização de simulações computacionais para o ensino de colisões unidimensionais. Para isso, utiliza-se como aporte teórico a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), cuja mediação digital pode trazer ganhos cognitivos mensuráveis e a Teoria da Aprendizagem Significativa, a fim de identificar as modificações em termos de estrutura cognitiva do estudante.

A pesquisa realizada consistiu na aplicação de um questionário inicial com questões relacionadas ao estudo de colisões e, em seguida, na realização de uma entrevista filmada, este conjunto constituindo o que se denomina de coleta de dados inicial. Na sequência, os estudantes realizaram duas simulações, sendo uma de análise de colisões para queda de objetos e a outra simulação de colisões na horizontal. Após, os estudantes responderam um questionário, sendo entrevistados logo em seguida, e este conjunto de dados denominado de coleta de dados posterior. Os dados coletados foram analisados principalmente a partir das entrevistas, que foram filmadas para posterior análise. Os resultados apresentados aqui são o extrato de uma pesquisa de doutorado, onde investigou-se a influência das simulações de colisões em grupo de estudantes de Física I da Universidade Luterana do Brasil. Apresentam-se os resultados das modificações ocorridas após a utilização das simulações, somente para altura de retorno, para colisão elástica e colisão perfeitamente inelástica.

Teoria da Mediação Cognitiva

A Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) oferece explicações da forma como ocorre o processamento da informação pelo cérebro, sob a ótica do uso, do processamento extracerebral. Uma das aplicações especiais da TMC é a compreensão das mudanças individuais ou coletivas, associadas à introdução das novas tecnologias, como ferramentas externas ao pensamento dos indivíduos.

Campello de Souza (2004, 2006) e Campello de Souza e Roazzi (2012) buscam descrever, na TMC, o crescimento da capacidade cognitiva que ocorre devido ao contato com mecanismos externos, como os objetos e o ambiente, ao que o autor denomina de mediação *psicofísica*, a interação em grupo na mediação *social*, os sistemas simbólicos e artefatos culturais na

mediação *cultural* e o computador e a internet na mediação *hipercultural*. A TMC analisa a cognição em termos da mediação e relação entre os processos intra e extracerebrais. A aquisição do conhecimento acerca de objetos ocorre através da interação com eles e também por meio da ajuda de estruturas no ambiente, que fornecem capacidade de processamento adicional aos seus cérebros.

Há necessidade da existência de uma combinação entre mecanismos externos, capazes de processamento de informação, e mecanismos mentais internos, que permitem o uso dos mecanismos externos e melhoram o desempenho cognitivo. Os sistemas externos abrangem desde componentes do mundo material até complexas estruturas socioculturais, incluindo também instrumentos e ferramentas diversos, tais como simulações computacionais. Já os mecanismos mentais internos são essencialmente representações mentais ativas, que contêm invariantes operatórios – segundo teorizado por Vergnaud – agregando conceitos, esquemas e competências, que funcionam como verdadeiros “*drivers*” de dispositivo. De acordo com a TMC, a aprendizagem ocorre quando o aluno, após mediação com algum elemento externo (psicofísico, social, cultural ou hipercultural), desenvolve representações e *drivers* que são originários da mediação supracitada.

A TMC considera os *drivers* como “máquinas virtuais” que por si só são utilizadas como novas competências, capazes de instrumentalizar o aprendiz com a capacidade de resolver novas situações que, antes, não era capaz de resolver de forma autônoma. Os *drivers* possuem papel fundamental no contexto da mediação do pensamento humano como os mecanismos externos que vão muito além de simples conexão.

Os mecanismos extracerebrais relacionados ao processamento de informações constituem uma vantagem cognitiva, que servem não apenas de coprocessadores de informações auxiliares ao cérebro, mas também na interação com objetos cognoscíveis. Estes mecanismos deverão estar relacionados diretamente com *drivers* já existentes, já que a incorporação do objeto trará modificação ou formação de novos *drivers*. Assim, a cognição humana pode ser considerada como um conjunto de mecanismos internos e externos de processamento de informação, que juntos formam um sistema complexo e organizado. Um ponto importante a ser ressaltado é que os mecanismos internos de mediação poderão utilizar os mecanismos externos, mesmo quando estes não estejam presentes. Nesta pesquisa, a simulação é o mecanismo externo, e os mecanismos internos são as competências necessárias que o estudante deve possuir para realizar as simulações. Como hipótese, considera-se que os *drivers* do estudante sofrem modificações e que eles utilizam estes *drivers* para resolver problemas de colisões, mesmo quando o computador não está presente.

Teoria da Aprendizagem Significativa

Ausubel considera a aprendizagem significativa primordialmente cognitivista, resultado do armazenamento de informações na mente de quem aprende de forma organizada. Acredita que a interação entre o material a ser aprendido e a estrutura cognitiva de quem aprende, quando ocorre aprendizagem significativa, modifica-se de definitivamente.

A Aprendizagem Significativa considera a interação do novo conhecimento com os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz; esta interação é, pois, *não literal e não arbitrária*. “Não literal” significa substantiva, não ao “pé da letra”; enquanto “não arbitrária” significa que a interação não ocorre com qualquer conhecimento prévio, mas com determinado conhecimento existente e relevante na estrutura cognitiva do aprendiz.

Ausubel (1968) define o conhecimento existente na estrutura cognitiva como *subsunçor* ou, pelo termo menos usual, ideia-âncora. Pode-se dizer que aprendizagem significativa é quando o novo conhecimento consegue se “ancorar” nos *subsunçores* existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Conforme Moreira (2010), as novas ideias, as novas proposições e os novos conceitos poderão ser aprendidos quando interagirem com outras ideias, outras proposições e outros conceitos, que sejam relevantes, claros e disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz, e que sejam, assim, um ancoradouro a esses novos conhecimentos. Desse modo, considera-se que aprendizagem significativa é todo processo de aquisição de conhecimento que resulte em mudança na estrutura cognitiva de quem aprende, cujo *subsunçor* é modificado.

Grande parte dos conceitos existentes na estrutura cognitiva do estudante possui relação com uma ou mais imagens mentais que poderão representar um objeto, uma situação, uma relação matemática, uma proposição e, por isso, sua identificação torna-se importante para o conhecimento dos *subsunçores*. Aqui, considera-se que as imagens mentais de objetos ou situações fazem parte do *subsunçores* dos estudantes, e, para que o novo conhecimento seja aprendido significativamente, deve-se levar em conta a utilização destas imagens mentais na resolução de situações-problema, ao relacionar o novo conhecimento com as imagens existentes em sua estrutura cognitiva.

Definição do problema de pesquisa e metodologia

O objetivo deste artigo é apresentar resultados parciais de uma pesquisa de doutorado, quanto às alterações dos *drivers* após a utilização de simulação computacional de colisões e a relação com aprendizagem significativa. Para esta análise, levou-se em consideração as expressões verbais e gestuais, como forma de expressar os mecanismos internos e externos de mediação cognitiva, a fim de verificar as alterações nos *drivers* dos estudantes, as quais também foram relacionadas a uma possível aprendizagem significativa.

Os participantes desta pesquisa são estudantes de três turmas de Física I. As atividades desenvolvidas constaram de um pré-teste, uma simulação com a utilização de um guia de simulação e um pós-teste. Os estudantes participantes foram entrevistados na semana seguinte após a realização do pré-teste e do pós-teste.

Na entrevista gravada, após a execução dos testes, cada estudante, individualmente, relata como havia resolvido o teste, de forma detalhada (*Report Aloud*). Durante a entrevista, o estudante é estimulado a explicar as imagens mentais utilizadas e a origem destas imagens, que podiam ser oriundas da simulação ou de momentos da vida do estudante. Esta entrevista foi a principal fonte de dados, tanto para análise do discurso dos estudantes, como para análise dos gestos produzidos por estes durante as entrevistas. Para isso, buscou-se alicerce nos trabalhos desenvolvidos por Stephens e Clement (2008, 2010), os quais fornecem, de forma resumida, uma visão parcial das imagens mentais, relacionadas com os gestos que o entrevistado possa utilizar. Nos seus trabalhos, Clement (1994, 2000, 2008) considera que o relatório verbal de imagens estáticas e dinâmicas, movimento das mãos, gestos descritivos e autoprojeção são indicativos de imagens mentais. Esta forma de coleta de dados possibilita diversas formas de verificar as modificações dos *drivers* após a utilização da simulação, e as possíveis modificações nos *subsunçores* dos estudantes. Os *drivers* estão, conforme a hipótese metodológica, relacionados às imagens mentais identificadas e o conteúdo do discurso relacionado à possível aprendizagem significativa.

Análise dos resultados

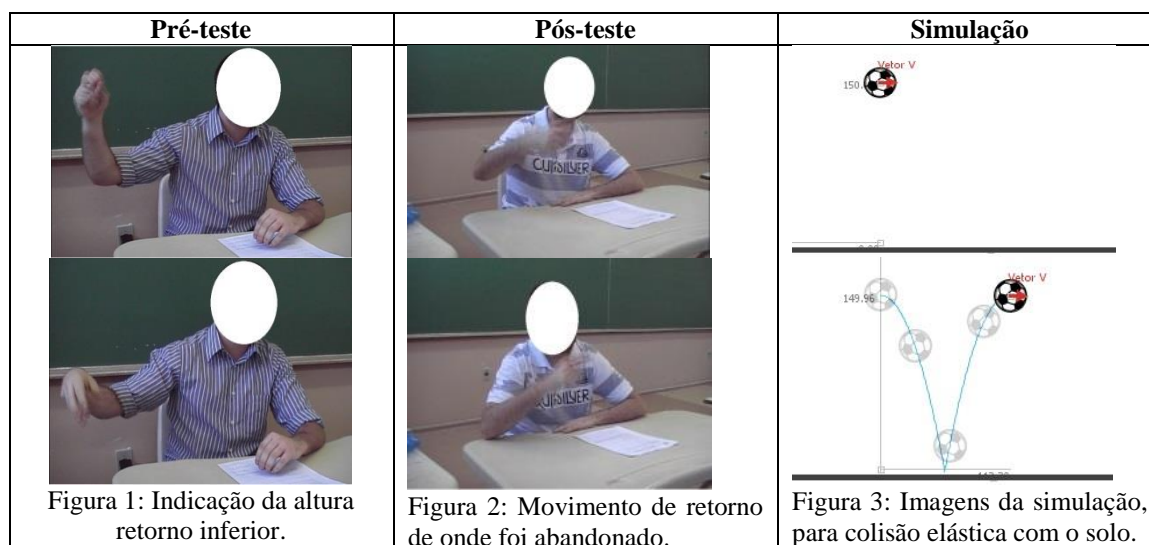
A seguir são apresentados os resultados para duas situações, onde os estudantes deveriam responder com relação à colisão elástica com o solo e à colisão perfeitamente inelástica.

Colisão elástica com o solo

Para a colisão elástica com o solo, esperava-se como resposta que a altura de retorno fosse igual ao ponto de onde a bola foi abandonada. Verificou-se que 80% dos estudantes, após a simulação, passaram a utilizar *drivers* de origem hipercultural; 60% tiveram aprendizagem significativa conceitualmente correta, e 13% dos estudantes mantiveram a mesma resposta conceitualmente correta apresentada na primeira entrevista. Logo, 80% dos estudantes utilizam *drivers* de origem hipercultural, 73% respondem corretamente após a utilização da simulação. A seguir, como exemplo, apresentam-se as respostas do estudante A4 nas duas entrevistas, ilustrando a situação que modifica o *driver*, inicialmente psicofísico, passando a hipercultural e tendo aprendizagem significativa. A seguir, parte da transcrição do estudante A4 no pré-teste e pós-teste.

Pré-teste	Pós-teste
<p>P: E com relação à altura desta bolinha, à medida que ela vai quicando, o que vai acontecendo?</p> <p>A4: Ah, <i>vai diminuindo também</i>. Como eu pensei que foi solta e não jogada, daí ela vai diminuindo a cada movimento, ela diminui.</p>	<p>P: Tá. Para velocidade tu fizeste algum tipo de representação mental?</p> <p>A4: Só a representação gráfica <i>que nem do laboratório que agente viu. Que a bola fica subindo e descendo sem parar</i>. Que a princípio mantém sempre a mesma distância do trajeto.</p> <p>P: Quando tu movimentas a mão nesse sentido tu tá lembrando?</p> <p>A4: Dos gráficos.</p> <p>P: E o que aconteceu com a altura da bola?</p> <p>A4: <i>A altura permanece constante por não ter a perda de velocidade na colisão, então ela mantém a altura máxima sempre a mesma</i>.</p>

Na sequência de imagens abaixo mostra-se na Figura 1 os gestos realizados pelo estudante A4, enquanto explicava a altura de retorno em uma colisão elástica com o solo; na segunda Figura os gestos realizados pelo estudante A4 no pós-teste, indicando que a altura de retorno será a mesma, conforme pode-se verificar comparando a primeira e a segunda imagem da Figura 2; na terceira figura, a representação da simulação para colisão elástica, indicando que a altura de retorno será a mesma após a colisão.



Conforme as respostas apresentadas pelo estudante A4 no pré-teste, os *drivers* possuem características psicofísicas adquiridas provavelmente pela mediação de mecanismos externos de uma bola colidindo com solo, onde a altura de retorno em situação corriqueira sempre é

inferior em relação à altura em que foi abandonada. Em sua resposta considera: “ela vai diminuindo a cada movimento ela diminui”; e os gestos realizados, Figura 1, indicam redução de altura após a colisão, isso fica claro ao comparar a primeira e a terceira imagem, onde movimenta a mão direita e não retorna na mesma altura.

Na entrevista pós-teste o estudante A4 utiliza mecanismos externos de mediação com características de *drivers* hiperculturais. Isso ficou evidente quando menciona: “só na representação gráfica, quem nem no laboratório”. A representação gráfica a que ele se refere deve-se ao desenho da trajetória que permanece após o movimento da bolinha (Figura 3), e o laboratório se refere à aula da simulação. Analisando a fala: “Só a representação gráfica que nem do laboratório que a gente viu” considera-se que as imagens mentais utilizadas pelo estudante A4 durante a resposta são da simulação. Além disso, considera que a altura de retorno seria igual à que a bola foi abandonada: “A altura permanece constante por não ter a perda de velocidade na colisão, então ela mantém a altura máxima sempre a mesma”, o que evidencia a modificação na estrutura cognitiva, tendo uma aprendizagem significativa. Ainda, verifica-se, na Figura 2, que os gestos realizados pelo estudante retornam na mesma altura, semelhante à Figura 3, enquanto que na Figura 1 os gestos indicam redução de altura. Estes gestos são indicativos da modificação do conceito inicialmente utilizado na primeira entrevista, o que fortalece a identificação de Aprendizagem Significativa.

Assim, os *drivers* que inicialmente eram de uma bola psicofísica que colidia com o solo e retornava a uma altura inferior, passaram para a utilização de mecanismos externos da simulação com características hiperculturais em que após a colisão retorna na mesma altura. Esta mudança nos *drivers* modificou inclusive os gestos realizado pelo estudante. A utilização de *driver* hipercultural está relacionada com Aprendizagem Significativa dos conceitos de colisão.

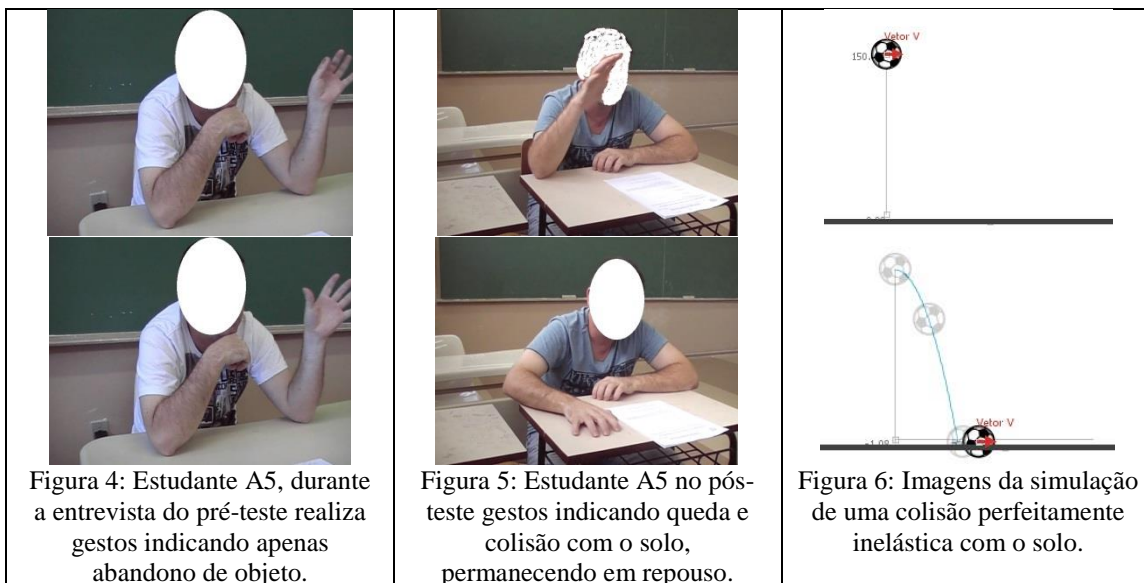
Colisão perfeitamente inelástica com solo

Para colisão perfeitamente inelástica com o solo, esperava-se que o estudante considerasse que o objeto permanecesse no solo, sem deslocamento algum na vertical.

Comparando as respostas fornecidas pelos estudantes no pré-teste e pós-teste, 33% dos estudantes utilizam *drivers* hiperculturais, sendo que 13% apresentam Aprendizagem Significativa correta e 20% já respondiam corretamente. Dessa forma, apesar de um número reduzido apresentar *drivers* hiperculturais, todos que utilizaram ou tiveram Aprendizagem Significativa correta já respondiam corretamente. Como exemplo, apresentam-se as respostas do estudante A5: parte da transcrição do estudante A5 do pré-teste e do pós-teste, logo em seguida as Figuras 4 e 5 referentes aos gestos realizados pelo estudante A5 no pré-teste e pós-teste e a figura 6 referente à simulação.

Pré-teste	Pós-teste
P: E se a colisão fosse perfeitamente inelástica? A5: Pois é cara, eu tô com inelástica, somente com essa visão a princípio. Não estou conseguindo associar perfeitamente inelástica com essas situações aqui, da esfera, da pessoa jogando.	P: Se a colisão fosse perfeitamente inelástica? A5: Também ia acontecer isso, <i>a energia cinética ia variar ela ia ficar, perfeitamente inelástica, ela ia grudada como uma coisa, bate no solo e já ia ficar ali.</i>

Pré-teste	Pós-teste



Analisando a resposta fornecida pelo estudante A5 durante o pré-teste, não identificou-se *driver* relacionado com o movimento do corpo que colide de forma perfeitamente inelástica. Ele afirma: “não estou conseguindo associar perfeitamente inelástica com essas situações aqui, da esfera, da pessoa jogando”. O gesto que o estudante A5 realizada durante a entrevista do pré-teste é de apenas de quem está abandonando o objeto, conforme a Figura 4.

Ao analisar a resposta do estudante A5 no pós-teste é importante recuperar algumas passagens que deixam claro a utilização da simulação. Um dos momentos é quando o estudante A5 diz: “Segundo aquela simulação que a gente fez no laboratório, tem diferença em simular uma coisa e com o real”. Mais à frente: “Sempre, segundo a simulação, no dia a dia a gente sabe que não é.” Com isso considera-se que os *drivers* utilizados pelo estudante A5 no pós-teste são hiperculturais, em que o mecanismo externo utilizado pelo estudante é a simulação.

Comparando as respostas nos dois testes verifica-se que o estudante A5, que inicialmente não respondeu, no pós-teste passa a utilizar imagens mentais de mecanismos externos da simulação, respondendo de forma correta, realizando gestos (Figura 5) semelhantes ao que ocorre na simulação (Figura 6); uma modificação dos conceitos utilizados, caracterizando Aprendizagem Significativa enquanto utiliza *drivers* de origem hiperculturais.

Considerações finais

Após a análise global das respostas apresentadas pelos estudantes, há pelo menos dois resultados: primeiro, a utilização de *drivers* hiperculturais está relacionada com situações que estão mais distantes do cotidiano, como é caso da colisão elástica, pois não é corriqueira a colisão de um objeto com o solo retornando na mesma altura em que foi abandonado. Para esta situação o índice de utilização de *drivers* hiperculturais relacionados com a simulação chegou a 80% dos estudantes, enquanto na situação de colisão perfeitamente inelástica, que está mais próxima de uma situação corriqueira, de um objeto que cai e permanece parado no solo, o índice de utilização do *driver* hipercultural cai para apenas 33% dos estudantes.

O outro resultado indica que quando os estudantes utilizam *drivers* de origem hipercultural provavelmente terão Aprendizagem Significativa conceitualmente correta, caso a resposta apresentada pelos estudantes já não fosse correta. Isso foi verificado para as duas situações discutidas nesse trabalho, para colisão elástica com o solo 80% dos estudantes utilizam

drivers de origem hipercultural sendo que destes 60% tem Aprendizagem Significativa correta e 13% já respondiam corretamente; ou seja, praticamente todos os estudantes respondem corretamente para colisão elástica com o solo quando utilizam *driver* hipercultural. Para colisão perfeitamente inelástica com o solo, apesar do índice de utilização de *drivers* de origem hipercultural ser reduzido, todos os estudantes que utilizaram *driver* hipercultural tiveram Aprendizagem significativa ou já respondiam corretamente.

Outro ponto importante a considerar é que os gestos realizados pelos estudantes no pós-teste são muito semelhantes aos movimentos apresentados na simulação, sendo este um forte indício para identificar os *drivers* que estão utilizando. As representações fornecidas pelas simulações modificam ou até criam *drivers* que passam a ser utilizados mesmo sem a presença da simulação. Os *drivers* adquiridos ou modificados estão substancialmente associados à capacidade melhorada do estudante em utilizar os conceitos principalmente que estão mais distantes do cotidiano.

Em suma, a utilização de simulações computacionais em ensino de Física oferece perspectivas de melhoria da visualização e compreensão do fenômeno, em especial aqueles mais distantes do cotidiano, uma vez que os *drivers* referentes à simulação, adquiridos após sua utilização, são empregados na solução de (novos) problemas. Os *drivers* adquiridos com a simulação melhoram o desempenho e ampliam a capacidade cognitiva do estudante, já que libera memória de trabalho, carga cognitiva e permite o domínio progressivo dos conceitos.

Referências

- AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston. 1968.
- CAMPELLO DE SOUZA, B.; ROAZZI, A. **A Teoria da Mediação Cognitiva: os Impactos Cognitivos da Hipercultura e da Mediação Digital**. Recife: Programa de Pós-graduação em Psicologia/Universidade Federal de Pernambuco, Tese de Doutorado em Psicologia Cognitiva, 281 p., 2004.
- CAMPELLO DE SOUZA, B. A Teoria da Mediação Cognitiva. In: A. Spinillo; L. Meira. (Org.). **Psicologia Cognitiva: cultura, desenvolvimento e aprendizagem**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2006, p.147-169.
- CAMPELLO DE SOUZA, B.; SILVA, A. S. ; SILVA, A. M. ; ROAZZI, A. ; CARRILHO, S. L. S. . Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. **Computers in Human Behavior**, v. 007, 2012, p. 10.1016.
- CLEMENT, John J. (Ed.). **Creative model construction in scientists and students: the role of imagery, analogy, and mental stimulation**. Amherst: Springer, 2008.
- CLEMENT, John J. **Analysis of clinical interviews: Foundations and model viability**. New Jersey : Lawrence Erlbaum, , 2000, p.341-385.
- CLEMENT, John. Imagistic simulation and physical intuition in expert problem solving. In: **Proceedings of the 16th annual conference of the Cognitive Science Society**. Amherst, 1994, p. 201-206.
- GRIMELLINI-TOMASINI, N; PECORI-BALANDI, B; PACCA, J. L. A. e VILLANI, A. Understanding conservation laws in mechanics: students' conceptual change in learning about collisions. **Science Education**, v.77, n.2, 1993, p.169-189.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria da Física, 2010.

RAMPINELLI, M.; FERRACIOLI, L. Estudo do fenômeno de colisões através da modelagem computacional quantitativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23 n.1, p. 99-130, 2006.