

Evidências de Aprendizagem de Conteúdos por Meio de Animações Desenvolvidas com Base na Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia

Rodrigo Rosalis da Silva ^a
Samuel Rocha de Oliveira ^a

^a Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica - IMECC, Programa de Pós-graduação Interunidades de Ensino de Ciências e Matemática – PECIM, Campinas, SP, Brasil

Recebido para publicação 28 jun. 2021. Aceito após revisão 20 mar. 2023
Editor designado: Claudia Lisete Oliveira Groenwald

RESUMO

Contexto: Considerar limitações cognitivas, é importante para a aprendizagem pois fornece subsídios para elaboração de metodologias que facilitem e auxiliem de maneira efetiva a aprendizagem. **Objetivo:** Partimos da pergunta: “Uma lição em vídeo contendo uma animação desenvolvida com base na Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia, promove efeitos positivos na aprendizagem do aluno quanto à retenção e transferência do conteúdo?”, buscamos responder essa pergunta por meio de uma análise de dados. **Design:** Foram produzidas quatro animações contendo narração de dois conteúdos distintos, duas com sobrecarga cognitiva e duas sem a sobrecarga. Foram utilizados formulários com perguntas sobre as animações, para análise de retenção e transferência do conteúdo essencial a ser aprendido nas animações. **Ambientes e Participantes:** Estudantes de cursos de graduação foram divididos em dois grupos para assistir as animações e responder as questões de pesquisa. **Coleta de dados:** Após uma análise das respostas dos participantes foi feito o cálculo do Tamanho de Efeito (d- de Cohen). **Resultados:** Houve comparação entre os testes de retenção e transferência de conteúdo comparando os valores obtidos no cálculo do Tamanho de Efeito entre os grupos participantes. **Conclusões:** As animações que respeitaram a teoria cognitiva tiveram uma contribuição positiva para as aprendizagens colaborando com a tese de que deve-se buscar entender e respeitar o processamento cognitivo.

Palavras-chave: Aprendizagem; Multimídia; Cognitivo; Tamanho de Efeito.

Autor correspondente: Rodrigo Rosalis da Silva. Email: rosalisunicamp@gmail.com

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento constante de novas ferramentas, dispositivos e recursos tecnológicos (computadores, tablets, computação gráfica), além de avanços quanto à conectividade (Internet, conexão de rede sem fio, telefonia móvel), exige estudos para que haja materiais e metodologias eficazes no ensino. Esses estudos envolvem pesquisas educacionais relacionadas à Metodologia de Ensino com Novas Tecnologias, Design Instrucional, Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) na Educação e Psicologia da Aprendizagem (Borba & Villareal, 2005; Filatro, 2004, 2008; Maltempi, 2008; Mayer, 2009).

Conhecimentos técnicos de desenvolvimento também são importantes para o Design Instrucional de Multimídias, como conhecimentos na área de Tecnologia da Informação, Interfaces Gestuais, Arquitetura de Informação, Usabilidade, Acessibilidade e Design de Interface (Agner, 2011; Mazzoni, Torres, & Alves, 2002; Cunha, 2012).

Conforme Tardif, Lessard e Lahaye (1991), durante o ensino e desenvolvimento de um conteúdo, o professor recorre a metodologias que conheceu em algum momento, ou que aprimorou, incorporando-as em suas práticas, saberes docentes discutidos em pesquisas. O objetivo maior da aula é a aprendizagem do aluno e que, ao final, esse aluno não apenas retenha o conteúdo, mas também seja capaz de transferir¹ o conhecimento adquirido para outras situações de aprendizagem.

Também com base em Mayer (2009), o Recurso Educacional não desenvolvido com certos cuidados em relação às limitações cognitivas do aluno pode causar uma sobrecarga no processamento cognitivo. A Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia de Mayer e as discussões em Neurociências (Bear et al., 2002) trazem menções sobre as limitações no canal visual e no canal auditivo, que possuem a capacidade de executar a chamada *atenção seletiva*. Cada indivíduo possui uma capacidade individual de captar e processar informações.

¹ De acordo com Mayer (2009), a retenção de um conteúdo tem relação com a memorização da informação apresentada, ou seja, o aluno grava aquela informação. A transferência do conteúdo é processo em que o aluno consegue aplicar aquele conteúdo em outras situações de aprendizagem, ou pensar em soluções para problemas relacionados àquele conteúdo.

Uma teoria cognitiva de aprendizagem pressupõe os estímulos que determinadas ações e interações do aluno com os Recursos Educacionais causarão em sua mente, para que sejam desenvolvidas facilidades para o processo de ensino-aprendizagem. A Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia foi trabalhada por Mayer (2003, 2009) através de diversos experimentos (Harp & Mayer, 1997, 1998; Mayer, Heiser, & Lonn, 2001; Moreno & Mayer, 2000; Mayer et al., 1996; Mayer & Jackson, 2005), em que se trabalha com a teoria cognitiva do canal duplo, em que o aluno recebe a informação por meio dos olhos e dos ouvidos, e os dois canais se complementam.

Em Mayer, Heiser e Lonn (2001) foram feitos quatro experimentos nos quais estudantes universitários eram submetidos a uma lição sobre a formação de um raio cujo Recurso Educacional utilizado era uma animação gráfica em vídeo. Aqueles alunos viram uma animação e ouviram uma narração simultaneamente explicando a formação de um raio.

Segundo os autores, quando os alunos receberam de maneira simultânea textos na tela como resumos da informação narrada, ou textos escritos com a mesma informação da narração, eles tiveram um pior desempenho nos testes de retenção e transferência com relação aos alunos que não receberam esses textos na tela, e somente a animação e a narração.

Esse “Princípio”, com base em Mayer (2009), denominado *redundância*, menciona que a adição de texto na tela pode sobrecarregar o processamento da informação no canal visual, fazendo com que os alunos dividam sua atenção visual entre duas fontes diferentes: animação e o texto.

Também ocorreu um menor desempenho nos testes de transferência, quando os autores acrescentaram detalhes interessantes, mas irrelevantes para a narração ou inseriram *clips* de vídeo interessantes, mas conceitualmente irrelevantes dentro ou antes do vídeo. Este Princípio denominado *coerência* é consistente com a hipótese de que *detalhes sedutores* no vídeo e na narração prejudiquem a atenção, a seleção do conteúdo relevante e a organização das informações, pois despertam conhecimentos prévios irrelevantes para a lição, atrapalhando a atenção sobre o conteúdo essencial.

Sob a ótica das Neurociências, de acordo com Bear et al. (2002), Gazzaniga (2009), Jääskeläinen (2012) e Springer e Deutsch (1998), encontramos discussões sobre o quanto a sobrecarga de informações é prejudicial para a seleção das informações nos canais cognitivos. A mente tem dificuldade para se concentrar e selecionar a informação que precisa. Bear et

al. (2002) dão o exemplo de uma pessoa tentando ler um livro no meio de uma praça urbana, bem movimentada e com muito barulho. Essa pessoa certamente terá perdas de informação na leitura, pois seu canal auditivo está recebendo sobrecarga de informação irrelevante.

Considerar tais atividades cerebrais e as capacidades de processamento cognitivo pode trazer contribuições relevantes para o desenvolvimento de Recursos Educacionais. Alguns estudos utilizam a eletroencefalografia para análises de problemas patológicos, desenvolvimento de aplicativos e tecnologias para deficientes físicos e classificação de objetos de aprendizagem quanto ao nível de atenção (Viveiros & Camargo, 2014; Spindola, 2010; Velloso & Pereira, 2014).

Quintanilha (2017) escreve sobre estratégias de aproximação com a Geração Z, nascida na década de 1990 e que são os alunos das Universidades a partir de 2010. O autor reforça a importância de os educadores renovarem seus métodos de ensino. O artigo traz a utilização do Facebook como um canal de comunicação e do Youtube® como um canal para compartilhamento de videoaulas desenvolvidas pelos próprios estudantes e conclui uma grande aderência dos alunos à metodologia que envolve os recursos tecnológicos, levando novamente à reflexão sobre a necessidade da qualidade dos conteúdos para esses alunos.

Partiu-se da pergunta: “Uma lição em vídeo contendo uma animação desenvolvida com base na Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia, promove efeitos positivos na aprendizagem do aluno quanto à retenção e transferência do conteúdo?”,- a hipótese é que sim, existe a possibilidade de observar um ganho nos efeitos sobre a aprendizagem, ou seja, produzir uma instrução multimídia levando em consideração o processamento cognitivo do aluno proporciona efeitos positivos na aprendizagem quando consideradas a retenção e transferência do conteúdo.

TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA

Com base em resultados de pesquisas experimentais, Mayer (2009) discute as relações cognitivas que ocorrem durante o aprendizado por meio de um Recurso Educacional e posteriormente infere sobre a melhora no processamento cognitivo após esse Recurso agregar os Princípios de sua teoria.

Essas conclusões são baseadas em testes de retenção e transferência que analisam os resultados dos experimentos.

A Teoria de Mayer tem origem em estudo dentro da psicologia cognitiva como influenciada em Paivio (1986). Em suas pesquisas, Paivio (1969) mostra que a informação verbal é processada de forma diferente da informação visual e que a informação verbal é superior à informação visual quando se exige a sequência da informação apresentada. Já Baddeley (1986) propõe a memória de trabalho como um esquema em um bloco dividido em duas partes, ilustrando a teoria de Paivio.

Os estudos de Mayer (2009) tramitam no campo psicológico-cognitivo com base nos processamentos cognitivos da mente humana por meio de testes experimentais em que, através da observação do comportamento humano e experimentos práticos, retornam dados sobre a atuação de um Recurso Educacional na aprendizagem.

Mayer et al. (2001) discutem a capacidade de processamento nos canais visual e auditivo, os quais, ao receberem uma informação, promovem uma seleção do conteúdo. Os autores concluem com seus experimentos que, quando o aluno recebe imagem e um texto igual à narração em uma apresentação multimídia, seu canal visual passa por sobrecarga, prejudicando a seleção do conteúdo relevante para a lição. Ao produzir uma animação, deve ser considerada a importância de reduzir ou eliminar o processamento cognitivo estranho, como retirar os sons e ruídos desnecessários para o objetivo da lição, como músicas, efeitos sonoros e demais excessos, para que o aluno concentre seus canais cognitivos na informação relevante.

Já os autores Martins, Galego e Araújo (2017) analisaram vídeos didáticos produzidos no curso Biologia com base na TCAM. Além das comparações sobre os princípios mais e menos atendidos, os autores também notaram que a falta de experiência com os *softwares* dificultou a produção dos vídeos.

Fernandes (2018), por sua vez, dissertou sobre meios práticos de aplicação dos princípios da TCAM para a redução da sobrecarga cognitiva em materiais do ambiente corporativo, resultando em um modelo de material que satisfaz os princípios da teoria, tornando-se um guia importante para os designers instrucionais e produtores de conteúdo.

Preocupados com a qualidade do recurso que será disponibilizado para o professor, Oliveira et al. (2018) avaliam e classificam setenta *Softwares* Educativos para a disciplina de Ciências do ensino fundamental, categorizando

de acordo com Teorias de Aprendizagem redesenhando na pesquisa – embora não embasada na TCAM – que também estão preocupados com o aspecto cognitivo envolvido nos *softwares* que apresentaram. De acordo com as conclusões dos autores supracitados, melhorias importantes para serem consideradas sobre acessibilidade e compatibilidade dos produtos.

Com o apoio da TCAM, Santos, Silva e Santos, V. (2015) discutem a Aprendizagem Multimídia na formação inicial de professores de Física analisando os materiais multimídia produzidos quanto ao processamento cognitivo envolvido.

É possível encontrar outras discussões e estudos envolvendo a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia como base para a produção de recursos educacionais que respeitem os processamentos cognitivos dos usuários e alunos envolvidos (Cappelin, 2015; Koshiyama, 2016; Lopes, 2016). Também é possível encontrar estudos² envolvendo comparativos entre a Instrução Multimídia que utiliza dos princípios da TCAM e que não utiliza.

Segundo a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia de Mayer (2009), uma apresentação multimídia pode ser produzida utilizando *palavras* (textos escritos, narração) e *imagens* (ilustrações, filmes e animações), podendo ser apenas *palavras*, ou apenas *imagens*, ou ambas, *palavras* e *imagens* juntas.

O aluno possui dois canais sensoriais receptores dessa apresentação multimídia: os olhos e os ouvidos. As *palavras* podem ser recebidas pelos dois canais; no caso de textos escritos, serão recebidas pelos olhos; e no caso dos textos falados (narração), serão recebidas pelos ouvidos. Nesse momento, ocorre uma seleção de informação que é convertida em imagens e sons, e posteriormente organizada na mente do aluno, que as integra com seus conhecimentos prévios, criando novas relações.

O autor explica a importância da utilização dos dois canais de forma intercomplementar para que auxilie durante o processo de aprendizagem. Sua teoria trabalha para que a Instrução Multimídia elimine o processamento cognitivo estranho do conteúdo, evidencie e gereencie o processamento cognitivo essencial e promova o processamento cognitivo generativo para ampliar os resultados positivos sobre a retenção e transferência do conhecimento.

Em uma relação com as neurociências, um exemplo sobre limitações de processamento cognitivo é quando se está no meio de uma grande

² McLaren, Mayer e Forlizzi (2017) e Fiorella e Mayer (2016).

quantidade de sons “e nosso encéfalo deve ser capaz de analisar os sons importantes enquanto ignora o ruído” (Bear et al., 2002, p. 371). Dessa forma, ao eliminar os ruídos e sons desnecessários de um Recurso Educacional que utiliza animações, vídeos e sons, facilita-se essa seleção dos sons importantes analisados pelo nosso encéfalo e, dessa forma, o aluno consegue alcançar uma concentração maior nos objetivos da Instrução Multimídia, conforme a discussão de Bear et al. (2002) sobre a organização tonotópica no córtex auditivo primário.

Ainda nesta relação da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia de Mayer (2009) com as Neurociências, em Bear et al. (2002), tanto o canal visual quanto o canal auditivo, possuem a capacidade de executar a chamada *atenção seletiva*. Utilizar os Princípios de Mayer (2009) para redução do processamento cognitivo estranho facilitaria essa ação do encéfalo em que os canais sensoriais selecionariam o objetivo da lição.

Segundo Bear et al. (2002, p. 659), toda a informação que chega aos canais sensoriais, como os olhos e ouvidos, é recebida pelo encéfalo, mas ele não processa todas elas, pois “o cérebro simplesmente não consegue processar toda a informação sensorial que entra simultaneamente”. Essa afirmação é também trabalhada por Mayer (2009), quando menciona que o sistema cognitivo do aluno seleciona informações relevantes em uma Instrução Multimídia.

Mayer (2009) analisa doze princípios do Design Multimídia para a Redução de Processamento Estranho, Gerenciamento de Processamento Essencial e para Promover o Processamento Generativo, os quais são baseados em estudos experimentais e fundamentados em uma teoria de como as pessoas aprendem a partir de “palavras e imagens” por meio do canal-duplo.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foram selecionadas duas lições: 1^a) “como acontece a formação de um raio”; e 2^a) “como é o funcionamento de uma bomba manual de encher pneu de bicicleta.

Com base nessas duas animações, iniciou-se o processo de produção de uma Instrução Multimídia de forma adaptada, utilizando-se de recursos atuais.

Foram produzidas duas animações sobre como acontece a formação de um raio. Uma das animações respeitou os Princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia, sendo uma animação limpa e objetiva conforme o Princípio da Coerência e da Redundância de Mayer (2009). Não foram colocados excessos de elementos gráficos ou sons, para não causar sobrecarga cognitiva (Figura 1a).

Os eventos desta animação utilizam os dois canais cognitivos do aluno, olhos e ouvidos, de forma complementar, respeitando o Princípio Multimídia. Os eventos acontecem de acordo com uma narração, de forma sincronizada (Princípio da Contiguidade Temporal). Não há legenda na tela. A narração contém uma voz humana amigável (Princípio da Voz e da Personalização) e as palavras-chave ditas na narração são evidenciadas na tela (Princípio da Sinalização). Essa animação (Figura 1a) também pode ser chamada de “animação limpa do raio” para melhor compreensão dentro da pesquisa.

Uma segunda animação com narração foi produzida, sobre como acontece a formação de um raio. Mas esta segunda animação buscou contrariar os princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia, buscando elementos que causassem uma sobrecarga cognitiva nos alunos que assistissem à animação.

A Figura 1b mostra um quadro desta segunda animação com sobrecarga cognitiva. Foram acrescentados excessos de elementos gráficos e movimentos na animação para desviar a atenção do aluno, também o barulho do trânsito da cidade e o movimento dos carros e aviões, além de uma narração com voz de máquina e fora de sincronia com os acontecimentos da animação; durante a animação, inclusive, acontece um acidente com um carrinho que passava, também foram retirados alguns elementos, como a linha do ponto de congelamento no céu e os marcadores de temperatura. Mesmo sendo a mesma narração e com os elementos principais da “animação limpa”, esta animação com sobrecarga busca mostrar que esses excessos prejudicam a atenção; esta animação (Figura 1b) pode ser chamada de “animação suja do raio”.

Figura 1

Animação sobre como acontece a formação de um raio, produzida para o experimento: a) “animação limpa do raio”: respeitando os Princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia; b) “animação suja do raio”

com sobrecargas cognitivas sem respeitar os Princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia. (Baseado em Mayer, 2009)



a)

b)

Da mesma forma que a lição do raio, foram produzidas duas animações para a lição sobre o funcionamento de uma bomba para encher pneu de bicicleta, uma delas respeitando a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (Figura 2a), podendo ser chamada de “animação limpa da bomba”, e outro vídeo com uma animação contendo sobrecargas cognitivas (Figura 2b), podendo ser chamada de “animação suja da bomba”.

A animação “limpa” da bomba (Figura 2a) foi produzida de maneira simples, limpa, em que o aluno pode enxergar com clareza os mecanismos envolvidos, movimento das válvulas e do pistão e comportamento do ar no momento em que a alça é puxada ou pressionada. No momento em que o narrador, com voz humana e amigável, menciona palavras-chave essenciais na lição, elas são sinalizadas em texto na tela, respeitando também o Princípio da Contiguidade Temporal e Espacial.

Já na produção da animação “suja” da bomba (Figura 2b), foram acrescentados elementos irrelevantes na narração com um excesso de informação e também um gráfico com muitos elementos visuais, para não auxiliar no entendimento do mecanismo.

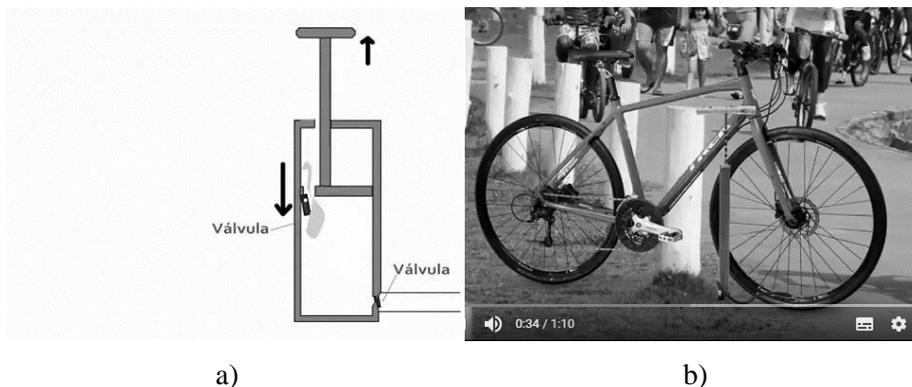
Nesta, caracterizada como “suja”, o aluno não tem acesso à visualização do mecanismo da bomba que é descrito pela narração e essencial para o objetivo da lição. Há apenas uma bicicleta com uma imagem ao fundo, sem movimento, mas repleta de detalhes, que busca desviar a atenção do aluno

por alguns instantes. Não há sincronia com a narração e o movimento da alça na bomba de encher pneu.

Outro fator de processamento estranho acrescentado são os assuntos interessantes, mas irrelevantes, contados pelo narrador no meio da lição, ou seja, a explicação sobre o funcionamento da bomba é interrompida por uma curiosidade sobre a utilização de pneus murchos em determinadas situações como, por exemplo, por carros em dunas de areia.

Figura 2

Animação sobre o funcionamento de uma bomba de encher pneu de bicicleta: a) “animação limpa da bomba”: respeitando os Princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia; b) “animação suja da bomba” com sobrecargas cognitivas sem respeitar os Princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia. (Baseado em Mayer, 2009)



Os vídeos foram então alocados em uma plataforma de armazenamento, se tornando um material *on-line* de acesso limitado, para serem acessados durante o experimento.

Após a produção dos vídeos com as animações foram elaborados os materiais de aplicação dos pré-testes e pós-testes para gerar dados de análise.

O pré-teste sobre como acontece a formação de um raio se trata de uma folha A4 apenas na face de frente. Esse pré-teste é totalmente anônimo, em que cada participante é identificado apenas por um número impresso no canto da folha. Neste formulário contém os quesitos: Gênero: a) Masculino, b)

Feminino; Idade: a) Abaixo de 18 anos, b) Entre 18 e 25 anos, c) Entre 26 e 35 anos, d) Entre 36 e 45 anos, e) Acima de 45 anos. Depois, uma questão em que os participantes devem classificar assinalando em uma escala de 1 a 5, sendo 1 para “sei muito pouco” e 5 para “sei muito” as afirmações: a) “Eu sei diferenciar uma *cumulonimbus* de uma nuvem”, b) “Eu sei o que é um sistema de baixa pressão”, c) “Eu sei o que é uma descarga eletrostática”. E por último, há uma questão discursiva: “Escreva uma explicação sobre como acontece a formação de um raio”.

Este pré-teste analisa os conhecimentos prévios do aluno e também o situa no assunto da lição que será abordada nos vídeos.

O pós-teste se tratava de uma folha frente e verso, que continha as seguintes questões do Figura 3:

Figura 3

Questões do pós-teste sobre a formação de um raio. (Mayer, 2009, p. 38)

Teste de Retenção

Escreva uma explicação sobre como acontece a formação de um raio.

Teste de Transferência

O que faz um raio ter uma baixa intensidade?

Suponha que você veja nuvens no céu, mas nenhum raio. Por que não?

O que a temperatura do ar tem a ver com o raio?

O que causa o raio?

Sobre a lição do funcionamento da bomba para encher pneu, foi feito o pré-teste anônimo assim como a lição do raio, que além das questões sobre o perfil do participante continha apenas a questão: *Escreva uma explicação com o máximo de detalhes sobre como funciona uma bomba de pneus de bicicleta. Finja que você está escrevendo para alguém que não sabe muito sobre bombas.*

Já o material do pós-teste para análise da retenção e transferência sobre o funcionamento da bomba para encher pneu de bicicleta, contém as questões do Figura 4.

Figura 4

Questões de retenção e transferência da lição sobre o funcionamento de uma bomba para encher pneu de bicicleta. (Mayer, 2009, p. 48)

Teste de Retenção

Escreva uma explicação com o máximo de detalhes sobre como funciona uma bomba para pneus de bicicleta. Finja que você está escrevendo para alguém que não sabe muito sobre bombas.

Teste de Transferência

O que poderia ser feito para tornar uma bomba para encher pneu de bicicleta mais confiável, ou seja, para se certificar de que não iria falhar?

Suponha que você empurre para baixo e puxe a alça de uma bomba várias vezes, mas não sai ar. O que poderia ter dado errado?

O que poderia ser alterado na bomba, para tornar a bomba para encher pneu mais eficaz, ou seja, para mover mais ar e mais rapidamente, enchendo mais rápido o pneu?

Por que o ar entra em uma bomba? E por que o ar sai de uma bomba?

Comitê de Ética:

Esta pesquisa foi devidamente aprovada pelo Comitê de Ética da Instituição de Ensino (CEP da Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp) com o número do CAAE 66953617.6.0000.5404, número do parecer 2.062.955 de 15 de maio de 2017. Foi gerado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido em que o participante é informado sobre a pesquisa. A participação é voluntária e a assinatura no termo é obrigatória. Apenas os participantes que preencheram corretamente e assinaram o termo foram incluídos na amostra.

Experimento:

Depois da produção das animações, foram visitadas turmas de estudantes de graduação da Universidade Estadual de Campinas, de 1º ano e de 3º ano nas áreas de Pedagogia e Licenciatura em Matemática, totalizando 64 participantes.

Sobre as características dos 64 participantes, 44 são mulheres e 20 são homens. Sobre a idade dos participantes, 52 declararam ter entre 18 e 25 anos, 9 participantes declararam ter entre 26 e 35 anos e 2 na faixa de 36 a 45 anos, e 1 participante acima de 45 anos.

Sobre o total de 64 participantes iniciais, 16 são do curso de Licenciatura em Matemática, ingressantes no primeiro ano do curso, 16 participantes são de uma turma do terceiro ano do curso de Pedagogia e 32 participantes são de uma turma de primeiro ano de Pedagogia.

Os 64 alunos foram separados em dois grupos, Grupo A e Grupo B, para participação em dois Experimentos. A participação de cada aluno foi totalmente anônima.

O Grupo A foi formado pelos 16 alunos de Licenciatura em Matemática e pelos 16 alunos de Pedagogia do primeiro ano. Já os integrantes do Grupo B eram os 32 da turma do terceiro ano de Pedagogia. Dessa forma, os dois grupos ficaram com 32 alunos.

Experimento 1

O Experimento 1 possui duas partes e foi realizado com os alunos do Grupo A. Cada aluno do Grupo A inicialmente recebeu um pré-teste sobre como acontece a formação de um raio.

Após a entrega da folha com o pré-teste, os alunos tinham 10 minutos para responder com a primeira coisa que lhes vinha à mente. O tempo era importante para que o aluno colocasse na folha os conhecimentos após um breve raciocínio.

Após 10 minutos, o pré-teste foi recolhido. Então, os alunos do Grupo A assistiram ao vídeo de 2 minutos e 54 segundos (Figura 1b), que continha a animação com narração “suja” (com sobrecarga no processamento cognitivo) sobre a formação de um raio, que contraria os Princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia de Mayer (2009).

Terminado o vídeo, os alunos receberam o pós-teste, para avaliar a retenção e transferência após receberem a Instrução Multimídia.

Os alunos tinham um tempo maior para responder o pós-teste – 15 minutos. Esgotado o tempo pré-estabelecido, os pós-testes eram recolhidos e, dessa forma, essa primeira parte do Experimento 1 estava encerrada.

A segunda e última parte do Experimento 1, feita logo após a primeira parte, era mais curta e consistia na mesma sequência do anterior, mas com a lição sobre o funcionamento de uma bomba para encher pneu de bicicleta.

Os alunos do Grupo A então receberam o pré-teste sobre o funcionamento da bomba para encher pneu de bicicleta. Era importante que o aluno mantivesse sempre a mesma numeração de identificação em todos os testes, para que depois fosse possível juntar os testes de cada aluno, sem misturar as respostas.

Os alunos tiveram 10 minutos para responder esta questão do pré-teste da lição da bomba. Após o tempo, os testes eram recolhidos, e então foi passado o vídeo de 30 segundos (Figura 2a) que continha uma animação com narração “limpa” (sem sobrecargas cognitivas) sobre o funcionamento de uma bomba para encher pneu de bicicleta. Após assistirem ao vídeo, os alunos tiveram mais 15 minutos para responder o pós-teste para análise da retenção e transferência.

Terminado o tempo, os pós-testes sobre o funcionamento de uma bomba para encher pneu de bicicleta foram recolhidos e, dessa forma, encerrado o Experimento 1.

Experimento 2

O Experimento 2 ocorreu com os alunos do Grupo B. O procedimento e sequência foram exatamente iguais ao detalhado no Experimento 1, com os mesmos tempos de resposta para os testes. A única diferença é que no Experimento 2 houve uma inversão. Os alunos assistiram ao vídeo “limpo” com uma animação sobre a formação do raio (Figura 1a), e depois assistiram ao vídeo “sujo” com a animação sobre o funcionamento de uma bomba para encher pneu de bicicleta (Figura 1b). Os pré-testes e os pós-testes de cada lição foram os mesmos do Experimento 1, já explicados.

Foram definidas as palavras-chave para análise qualitativa dos testes de retenção das lições. Para a lição sobre como acontece a formação de um raio, foram definidas as oito palavras-chave que estavam nos dois vídeos; tanto na animação “suja”, quanto na animação “limpa”, as palavras-chave foram: 1. Ar quente sobe (correntes ascendentes); 2. Água Condensa; 3. Água e cristais de gelo, pesados caem; 4. Correntes descendentes, vento de arrasto para baixo; 5. Cargas negativas na base da nuvem e positivas no topo; 6. Cargas se encontram próximo do solo; 7. Cargas negativas descem; 8. Cargas positivas sobem.

Para a lição sobre o funcionamento de uma bomba para encher pneu de bicicleta, foram definidas as dez palavras-chave que estavam nos vídeos da lição: 1. A alça é puxada para cima; 2. O pistão se move para cima; 3. Válvula de entrada aberta; 4. Válvula de saída fecha; 5. O ar entra no cilindro; 6. Alça

é pressionada; 7. O pistão se move para baixo; 8. Válvula de entrada fecha; 9. Válvula de saída abre; 10. O ar sai pela mangueira.

Procurou-se identificar essas palavras-chave nas questões referentes aos testes de retenção nos Grupos. Ou seja, os vídeos passavam essas informações na narração em conjunto com a animação. Caso tenha acontecido a retenção das informações relevantes do vídeo, seria possível identificar na resposta escrita do aluno essas palavras-chave.

Assim, foi criada uma planilha eletrônica para tabular os dados e facilitar a pontuação da análise qualitativa para contar a quantidade de palavras-chave mencionadas. Na planilha, cada linha corresponde à ficha de resposta de um aluno participante, e cada coluna corresponde à palavra-chave do Teste de Retenção. Parte dessa planilha está ilustrada na Tabela 7.

Tabela 7.

Recorte de parte da planilha eletrônica inicial criada para tabulação dos dados analisados dos pós-testes das lições.

Grupo Exp A (Vídeo "SUJO" do Raio E "LIMPO" bomba) - 24 análises	Pré-Teste (pontuação de 1[conhece pouco] a 5[conhece muito])				Pós-teste - Retenção (Raio) Ar quente sobe (correntes ascendentes)
	Questões de Conhecimento Prévio				
	Sabe diferenciar cumulonimbus de uma nuvem	Sabe o que é Sistema de Baixa Pressão	Sabe o que é descarga eletrostática	Sabe como acontece a formação do raio	
Grupo Exp A (Vídeo "Sujo" do Raio) - 24 análises					
PTR 32	1	3	2	2	1
PTR 33	1	1	1	2	0
PTR 35	3	3	3	4	1
PTR 36	1	1	2	0	1
PTR 37	1	1	3	3	0
PTR 38	1	2	2	0	0
PTR 39	1	3	2	1	0
PTR 40	1	2	3	3	0

A Tabela 8 mostra uma parte das cores e organização da planilha do pós-teste da lição sobre o funcionamento da bomba para encher pneu de bicicleta.

Tabela 8

Recorte de parte da planilha de análise dos pós-testes sobre o funcionamento de uma bomba de encher pneu de bicicleta.

a alça é puxada para cima	o pistão move-se para cima	válvula de entrada aberta	válvula de saída fecha	o ar entra no cilindro	alça é pressionada
Grupo Exp B (Vídeo "sujo" da Bomba) - 24 análises					
1	0	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0

Depois de organizar as planilhas para tabulação dos dados, iniciamos a análise dos resultados.

Após a aplicação dos experimentos, os pré-testes e pós-testes escritos dos grupos foram organizados para uma primeira análise dos resultados escritos. Foram descartados alguns testes de acordo com alguns critérios: 1- Grande maioria das respostas em branco; 2-Mal preenchidos e ilegíveis, ou com respostas como “não sei” na maioria das questões nos pós-testes, demonstrando baixo comprometimento do participante ao assistir à animação; 3-Participação incompleta no experimento, ou seja, o aluno participou da primeira lição, mas não participou da segunda lição, o que inviabiliza a análise completa; 4-Participou de forma superficial em uma das lições demonstrando uma falta de interesse, deixando a maioria em branco ou mal respondida; 5-Aluno participou, mas não entregou o Termo de Consentimento preenchido corretamente.

Após as exclusões iniciais em cada grupo, considerando os critérios de exclusão adotados, procuramos equalizar em 24 alunos em cada grupo, totalizando 48 alunos participantes finais na amostra. Buscamos essa equalização pela fórmula de cálculo utilizada para análise, que será o d-Cohen, que “pode ser utilizado quando o estudo abrange duas amostras que apresentam grupos independentes e de mesmo tamanho” (Brum & Previdelli, 2016). E, também, o d-Cohen “foi desenhado para ser utilizado quando os escores das duas populações que estão sendo comparadas são contínuos e de distribuição normal” (Lindenau & Guimarães, 2012).

As fichas do pós-teste, após os alunos receberem a Instrução Multimídia, analisam se o excesso de processamento cognitivo em um vídeo prejudica o entendimento da lição, interferindo negativamente nos testes de retenção e transferência.

Conforme as Tabela 2 e7, cada palavra-chave recebeu uma cor, para facilitar na análise das respostas.

Ao ler uma ficha de resposta do pós-teste, se o participante mencionasse uma das palavras-chave, essa parte na frase era realçada com a cor correspondente na planilha, e o participante ganhava a pontuação 1 nessa palavra-chave; caso alguma palavra-chave não tivesse sido mencionada, o participante recebia a pontuação 0 na planilha.

Assim como explicado por Mayer (2009), o aluno não precisava escrever exatamente a palavra-chave, por exemplo, se o aluno escreveu “se puxa a alavanca”, os pesquisadores podem considerar que ele mencionou a palavra-chave “a alça é puxada para cima” e então pontuar o aluno.

Na Figura 5, está uma resposta de um dos participantes no pós-teste sobre o funcionamento de uma bomba para encher pneu de bicicleta, ou seja, após receber a Instrução Multimídia. Note que o texto foi destacado com as cores referentes a cada palavra-chave, para que o aluno recebesse a pontuação.

Figura 5

Imagem de um trecho analisado em um pós-teste sobre o funcionamento de uma bomba para encher pneu de bicicleta.

1- Escreva uma explicação com o máximo de detalhes sobre como funciona uma bomba de pneus de bicicleta. Finja que você está escrevendo para alguém que não sabe muito sobre bombas

- Quando o bastão é empurrado para cima a válvula de entrada abre e a válvula de saída fecha, permitindo que o ar entre na ponta. Quando o bastão é pressionado para baixo, a válvula de entrada fecha e a de saída se abre para que o ar possa ir para dentro do pneu.

Respostas aceitas pelo pesquisador são, de certa forma, subjetivas, mas devem se basear em conclusões coerentes. Dois pesquisadores lendo a mesma resposta podem ter um olhar diferente, mas podem chegar à conclusão do que é aceitável.

Mayer (2009) especifica o que seria considerável; por exemplo, respostas aceitáveis para a segunda pergunta do teste de transferência da lição do raio, sobre você ver nuvens no céu, mas nenhum raio, incluem respostas como “o topo da nuvem pode não estar acima do nível de congelamento” ou que “não se formaram cristais de gelo”, lembrando que o aluno não precisa escrever literalmente a resposta da forma que os pesquisadores esperam. Respostas de senso comum nos testes de transferência são descartadas, como, por exemplo, “usar um para-raios ou não estar debaixo de uma árvore”, ou, no caso da lição da bomba para pneu, “utilizar uma bomba elétrica” e outras respostas em que o aluno não buscou um conhecimento baseado na lição assistida não foram contadas como respostas aceitáveis. Os pesquisadores, nas leituras, nos testes de transferência, de acordo com as perguntas e respostas, decidem o que é aceitável ou não, pontuando ou não o participante.

Os pré-testes e pós-testes digitados, de todos os 48 participantes da amostra final de análise, Grupo A e Grupo B, foram disponibilizados para análise de dois voluntários, professores pesquisadores convidados de áreas diferentes, que receberam uma explicação sobre a pesquisa, materiais e métodos e os critérios de análise. Após entenderem o processo de pontuação, os professores pesquisadores receberam cinco fichas da pesquisa definidas aleatoriamente. Segundo Mayer (2009) é importante a análise dos dados por mais de um pesquisador, para que tenha mais olhares, pois mesmo que o pesquisador busque isenção sobre a análise, esse procedimento reduz a probabilidade de grandes erros de análise. Após a verificação por outros pesquisadores, caso tenha algum desacordo nas pontuações atribuídas, os pesquisadores conversam para encontrar um bom senso.

Em pesquisas que envolvem análise de conteúdo frequentemente utilizada essa discussão entre pares ou outros pesquisadores para assegurar as informações que foram analisadas de forma qualitativa, chamada também de validação externa, importante para esclarecer as ferramentas de análise (Bardin, 1977).

RESULTADOS

Após tabulados todos os dados, pontuando as respostas dos participantes, calculei a Variável Tamanho de Efeito.

O Tamanho de Efeito ou Força de Efeito é uma Medida de efeito para comparações de duas amostras independentes, outros tipos de medida são a g

de Hedges, Δ de Glass, uma breve descrição sobre esse assunto pode ser vista em Lindenau e Guimarães (2012):

A estimativa de tamanho de efeito mais básica em comparações de amostras independentes é a diferença entre as médias. No entanto, comparar as médias sem considerar a variabilidade dos dados, dos quais as médias foram calculadas, pode ocultar propriedades importantes do efeito. (p. 364)

Com base em Cohen (1988), é calculado o Tamanho de Efeito (d) subtraindo a pontuação média dos grupos e dividindo pelo desvio-padrão dos grupos, **utilizado para distribuições contínuas e normais**.

$$d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1) \cdot s_1^2 + (n_2-1) \cdot s_2^2}{n_1 + n_2}}} \quad \text{(Equação 1)}$$

Na Equação 1, também descrita por Lindenau e Guimarães (2012), temos que \bar{x}_1 e \bar{x}_2 são as médias dos grupos; s_1^2 e s_2^2 são as variâncias amostrais dos grupos; n_1 e n_2 são os tamanhos amostrais dos grupos.

O tamanho do efeito informa a melhoria no desvio-padrão obtida pela implementação de um recurso específico. A pontuação do tamanho do efeito, segundo Mayer (2009, p. 54, tradução nossa), “é útil quando queremos examinar um conjunto de comparações experimentais que usaram diferentes materiais e testes, porque nos permite usar uma métrica comum”. Seria como se fosse avaliado nos testes o quanto o desvio-padrão de um grupo melhorou em relação ao outro grupo.

Dessa forma, após realizar os cálculos do Tamanho de Efeito segundo os dados tabulados nos grupos, pode, então, construir as seguintes tabelas de síntese dos dados:

Tabela 7

Resumo dos resultados sobre a Instrução Multimídia sobre “como acontece a formação de um raio” tabulados nos experimentos.

Lição sobre “como acontece a formação de um raio” TESTE DE RETENÇÃO (total de 8 pontos possíveis)				
Média	Variância	Desvio-padrão	Total de participantes	Tamanho de Efeito

Experimento 1 (com sobrecarga cognitiva)	3,04	4,22	2,05	24	0,33
Experimento 2 (sem sobrecarga cognitiva)	2,46	2,09	1,45	24	
TESTE DE TRANSFERÊNCIA (total de 4 pontos possíveis)					
	Média	Variância	Desvio-padrão	Total de participantes	Tamanho de Efeito
Experimento 1 (com sobrecarga cognitiva)	1,79	1,13	1,06	24	0,31
Experimento 2 (sem sobrecarga cognitiva)	1,50	0,70	0,83	24	

Tabela 8

Resumo dos resultados sobre a Instrução Multimídia sobre “o funcionamento de uma bomba de encher pneu de bicicleta” tabulados nos experimentos.

Lição sobre “o funcionamento de uma bomba de encher pneu de bicicleta”					
TESTE DE RETENÇÃO (total de 10 pontos possíveis)					
	Média	Variância	Desvio-padrão	Total de participantes	Tamanho de Efeito
Experimento 1 (sem sobrecarga cognitiva)	5,75	3,76	1,94	24	0,58
Experimento 2 (com sobrecarga cognitiva)	4,58	6,17	2,48	24	
TESTE DE TRANSFERÊNCIA (total de 4 pontos possíveis)					
	Média	Variância	Desvio-padrão	Total de participantes	Tamanho de Efeito
Experimento 1 (sem sobrecarga cognitiva)	1,92	0,86	0,93	24	0,55
Experimento 2 (com sobrecarga cognitiva)	1,42	0,86	0,93	24	

Na lição multimídia sobre “como acontece a formação de um raio”, os testes de retenção tiveram o resultado de 0,33 e os testes de transferência tiveram o resultado de 0,31. Já no experimento sobre o “funcionamento de uma bomba pneumática”, os resultados do Tamanho de Efeito foram de 0,58 nos testes de retenção e de 0,55 nos testes de transferência.

De acordo com Espírito-Santo e Daniel (2017, p. 58),

com Cohen (1988) ficou estabelecida uma das classificações mais usadas: “grande” 0,50 a 1,00; “moderada” de 0,30 a 0,49 e “pequena” de 0,10 a 0,29. Se se preferir uma classificação mais minuciada, pode recorrer-se à de Hinkle, Wiersma e Jurs (2003): 0,90 a 1,00 “Muito alta”; 0,70 a 0,90 “Alta”; 0,50 a 0,70 “Moderada”; 0,30 a 0,50 “Baixa”; 0,10 a 0,30 “Pequena”. Todas as diretrizes aplicam-se quer a correlações positivas, quer as correlações negativas.

Ou seja, “quanto maior o Tamanho de Efeito, maior é o impacto que a variável central do experimento está causando e mais importante se torna o fato de ela ter uma contribuição para a questão que está sendo analisada” (Lindenau & Guimarães, 2012, p. 377). Mas seria 0,8 superior a 0,2? Essa questão é amplamente discutida na literatura, segundo Lindenau e Guimarães (2012, p. 376), “uma vez que ainda não foi obtido um consenso em relação ao que pode ser considerado um tamanho de efeito grande e o que pode ser considerado um tamanho de efeito pequeno”.

De acordo com Cohen (1988), é necessário comparar nossos efeitos com aqueles previamente estabelecidos dentro de nossa área de investigação. “Obter um efeito de 0,5 quando os valores tipicamente observados são de 0,2 pode significar um efeito importante. Por outro lado, obter um valor de 0,7 quando os valores normalmente observados são 0,9 pode significar que esse efeito não é importante” (Lindenau & Guimarães, 2012, p. 376).

Mayer (2009) menciona, o fato de que quando há comparações experimentais do mesmo método instrucional, a concentração se dá no tamanho do efeito mediano. “Quando o tamanho médio do efeito é grande – ou mesmo médio –, temos razões para acreditar que o método instrucional é eficaz para a prática educacional” (Mayer, 2009, p. 54, tradução nossa)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante a compreensão sobre como acontece a aprendizagem e os efeitos negativos que uma Instrução Multimídia com sobrecarga cognitiva pode causar, como discutido em Harp e Mayer (1998) investigam como “detalhes sedutores” adicionados em uma lição prejudicam o cognitivo do aluno. Em quatro experimentos, os autores concluíram que acréscimos de informações irrelevantes para o objetivo da lição interferem na aprendizagem, prejudicando a organização do conteúdo, distraindo o aluno, o que podemos relacionar com os resultados alcançados nesta pesquisa sobre o tamanho do efeito em que a animação produzida com excesso de processamento e detalhes sedutores causou menos efeito de acordo com os cálculos.

Os resultados desta pesquisa também demonstram que há um ganho positivo em uma Instrução Multimídia mais limpa e direta, sem sobrecargas cognitivas, respeitando os Princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia. Mayer et al. (1996) discutem o “Quando Menos é Mais”, sobre resumos visuais e verbais em que os experimentos mostraram que a evidência de ideias principais da lição, de forma curta e direta, foi eficaz para a retenção dos conteúdos relevantes. Uma lição limpa e objetivo proporciona maiores benefícios para a retenção e transferência do conteúdo, conforme mostramos nos resultados mais promissores sobre os valores do tamanho de Efeito para a lição “limpa”.

Moreno e Mayer (2000) estudam sobre o efeito da coerência na aprendizagem multimídia sobre o argumento para minimizar os sons irrelevantes na Instrução Multimídia. Os grupos experimentais que receberam a lição multimídia com sons e músicas de fundo tiveram pior desempenho nos testes, reforçando a ideia de que excesso de sons desnecessários podem sobrecarregar o sistema auditivo, como previsto na Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia. Este mesmo parâmetro é encontrado no experimento desta pesquisa, em que na Instrução Multimídia com sobrecarga cognitiva foram adicionados sons e efeitos sonoros irrelevantes.

Desta forma, os resultados reforçam a hipótese de coerência e de que o desenvolvimento de uma Instrução Multimídia deve buscar a redução do processamento cognitivo estranho, ou seja, os excessos, ruídos, o gerenciamento do processamento essencial em que uma Instrução Multimídia auxilia na organização e seleção do conteúdo relevante e a promoção do processamento generativo, o processo de transferência do conhecimento, ou seja, aumentando a possibilidade de a Instrução Multimídia auxiliar na aprendizagem do aluno.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa apenas foi possível graças ao incentivo e boas participações no grupo de pesquisas PECIMAT do Programa de Pós-Graduação PECIM sob coordenação do professor Samuel Rocha de Oliveira.

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

R.R.S. concebeu a ideia da pesquisa apresentada orientada por S.R.O. R.R.S. coletou os dados. R.R.S desenvolveu a teoria, metodologia, organização e análise dos dados. S.R.O revisou com adendos e subtrações, participou da discussão dos resultados e aprovação da versão final do trabalho.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados que suportam os resultados deste estudo estão disponíveis apenas para consulta no acervo da Biblioteca Digital da Unicamp através do <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1639299> , mas não podem ser reutilizados.

REFERÊNCIAS

- Agner, L. (2011). Em busca de um olhar interdisciplinar sobre a arquitetura de informação, a usabilidade e a metacomunicação em dispositivos móveis com interfaces gestuais. In: *Anais do V Simpósio Nacional Abciber*.
- Bear, M. F., Connors B. W. & Paradiso M. (2002). *A. Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. Tradução de Jorge Alberto Quilifeldt et al. 2. ed.
- Borba, M. C. & Villarreal, M. E. (2005). *Humans-with-Media and the Reorganisation of Mathematical Thinking: Information and Communication Technologies, Modeling, Experimentation and Visualization*.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford University Press.
- Brum, B. R. & Previdelli, I. (2016). Tamanho de Efeito e sua implicação no Cálculo Amostral. In: *Anais do Workshop de Bioestatística, 1*.

Maringá/PR.

<http://eventos.idvn.com.br/workshopbioestatistica/download/04b76c3cdf64225ea9292e0036567642> .

- Cappelin, A. (2015). *O ensino de funções na lousa digital a partir do uso de um objeto de aprendizagem construído com vídeos*. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática.
<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/41864/R%20-%20D%20-%20ALCIONE%20CAPPELIN.pdf>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Lawrence Erlbaum.
- Cunha, R. E. S. (2012). *Magazines in the scenario of mobility: the interface of the digital editions for tablets*. 150 p. ill. 2011. Dissertação (Mestrado).
- Espírito-Santo, H. & Daniel, F. (2017). Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (2): Guia para reportar a força das relações. *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social*, 3(1), 53-64.
- Fernandes, T. (2018). *A relevância da carga irrelevante: princípios básicos de aprendizagem com multimeios na educação corporativa*. Uberlândia. 113 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias, Comunicação e Educação). <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2018.513>.
- Filatro, A. (2004). *Design instrucional contextualizado*. 1. ed. v. 1. 214 p.
- Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2016). Effects of observing the instructor draw diagrams on learning from multimedia messages. *Journal of Educational Psychology*, 108, 528-546.
- Gazzaniga M. S. (org.). (2009). *The Cognitive Neurosciences*. 4. ed.
- Harp, S. F. & Mayer, R. E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 90, 414-434.
- Harp, S. F. & Mayer, R. E. (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional interest and cognitive interest. *Journal of Educational Psychology*, 89, 92-102.

- Jääskeläinen, L. P. (2012). *Introduction to Cognitive Neuroscience*. Ventus
- Koshiyama, D. J. G. (2016). Análise de usabilidade: Paralaxe aplicada em interface de EaD. *prisma.com – Revista de Ciências e Tecnologias de Informação e Comunicação*, 30, 110-128.
- Lindenau, J. Dal-Ri. & Guimarães, L. S. P. (2012). Calculando o tamanho de efeito no SPSS. *Clinical & Biomedical Research*, 32(3).
- Lopes, A. C. C. B. (2016). *O uso de animações computacionais na formação inicial de professores: uma alternativa para melhoria do ensino de química*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico) <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/bitstream/4321/42/1/O%20uso%20de%20anima%C3%A7%C3%B5es%20computacionais%20na%20forma%C3%A7%C3%A3o%20inicial%20de%20professores%20%281%29.pdf>.
- Maltempi, M. V. (2008). Educação matemática e tecnologias digitais: reflexões sobre prática e formação docente. *Acta Scientiae*, 10(1), 59-67.
- Martins, G., Galego, L. G. C. & Araújo, C. H. M. (2017). Análise da produção de vídeos didáticos de Biologia Celular em *stop motion* com base na Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, (3), 185-205.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Elsevier Science*, 13, 125-139.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Second Edition.
- Mayer, R. E., Bove, W., Bryman, A., Mars, R. & Tapangco, L. (1996). When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons. *Journal of Educational Psychology*, 88, 64-73.
- Mayer, R. E., Heiser, J. & Lonn, S. (2001). Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understandings. *Journal of Educational Psychology*, 93, 187-198.
- Mayer, R. E. & Jackson, J. (2005). The case for coherence in scientific explanations: Quantitative details can hurt qualitative understanding. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 11, 13-18.

- Mazzoni, A. A., Torres, E. F. & Alves J. B. M. (2002). A acessibilidade à informação no espaço digital. *Revista Ciência da Informação*, 31(3), 83-91.
- Mclaren, B. M., Adams, D., Mayer, R. & Forlizzi, J. (2017). Decimal point: An educational game that benefits mathematics learning more than a conventional approach. *International Journal of Game Learning*, 7(1), 36-56.
- Moreno, R. & Mayer, R. E. (2000). A coherence effect in multimedia learning: The case for minimising irrelevant sounds in the design of multimedia messages. *Journal of Educational Psychology*, 92, 117-125.
- Oliveira, T. A., Marinho, M. R., Silva, A. V. P. & Macedo, A. M. (2018). *Um Estudo Empírico de Softwares Educacionais para a Disciplina de Ciências do Sexto ao Nono Ano do Ensino Fundamental*. CIET:EnPED.
<http://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/541> .
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: a dual coding approach*. Oxford University Press.
- Paivio, A. (1969). Mental Imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, 76(3), 241-263.
- Quintanilha, L. F. (2017). University-Level pedagogical innovation mediated by Facebook and YouTube: a teaching-learning experience directed at the Z-generation. *Educar em Revista*, 65, 249-263.
<http://doi.org/10.1590/0104-4060.50027>.
- Santos, I. O., David, P. B., Silva, C. & Santos, V. E. (2015) . Aprendizagem Multimídia na Formação Inicial de Professores de Física: um Checklist Interdisciplinar para a Avaliação de Materiais Didáticos Digitais. In: Conferência Internacional de Informática Educativa - Tise, Santiago - Chile. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, 11.
- Spindola, M. M. (2010). *Habilidade cognitiva espacial: medida com eletroencefalografia*. Tese (Doutorado em Informática na Educação). 209 p. Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Springer, S. P. & Deutsch, G. (1998). *Cérebro esquerdo, cérebro direito*. Traduzido por Thomaz Yoshiura.

- Tardif, M., Lessard, C. & Lahaye, L. (1991). Os professores face ao saber: Esboço de uma problemática do saber docente. *Teoria & Educação*, (4).
- Velloso B. P. & Pereira A. T. C. (2014). *Classificação de Objetos de Ensino e Aprendizagem Quanto ao Nível de Atenção do Estudante Baseada em Eletroencefalografia*. LACLO, 114-124.
- Viveiros, E. R. & Camargo, E. P. (2014). Teoria dos campos conceituais e neurociência cognitiva: utilizando uma interface cérebro-computador no ensino de física para deficientes visuais e físicos. *Revista Interciência & Sociedade*, 3(2).