

# Tecnologias no aprendizado da Anatomia Humana: possíveis contribuições para o ensino da medicina

*Technologies in the learning of Human Anatomy: possible contributions to the teaching of medicine*

Tatiana de Trotta, Carla Galvão Spinillo

tecnologia, anatomia humana, ensino, medicina

Este artigo investiga o uso de objetos tecnológicos no aprendizado sobre anatomia humana. A motivação está em saber se a tecnologia facilita o aprendizado de um conteúdo que é principalmente visual. Para tanto, foi feita uma leitura crítica de todos os documentos encontrados na revisão bibliográfica sistemática, pertinentes ao escopo escolhido. Os documentos foram apreciados à luz da teoria da carga cognitiva e da instrução multimídia. Como resultado foi feito um diagrama intitulado: conexões dos princípios para o aprendizado. Ele demonstra os lugares aonde os princípios são necessários no uso dos instrumentos tecnológicos para a instrução multimídia em relação à carga cognitiva do aprendiz. A contribuição está na explicitação de onde estas teorias devem ser apreciadas na construção dos materiais multimídia de ensino para um aprendizado bem sucedido. Considera-se, que o ensino precisa estruturar o aprendizado de acordo com: informação, apresentação e conteúdo.

technology, human anatomy, teaching, medicine

*This paper investigates the use of technological objects in learning about human anatomy. The motivation is whether the technology facilitates the learning of a primarily visual content. With that purpose, relevant documents found in a systematic literature review related to the chosen were critically read. The documents were examined in the light of the cognitive load theory and multimedia instruction. As a result, a diagram named "connections of learning principles" was created. It shows the places where the principles are needed in the use of technological tools for multimedia instruction regarding the apprentice cognitive load. The contribution is in the clarification of where these theories must be appreciated in the construction of multimedia teaching materials for a successful learning. It is considered that teaching has to structure the learning according to information, presentation and content overlooking the learner.*

## 1 Introdução

A constante evolução de instrumentos tecnológicos e sua inserção na educação torna necessário refletir sobre sua utilização no ambiente da prática pedagógica. No ensino da anatomia humana são utilizadas

imagens para ajudar na compreensão de conteúdos. Neste contexto, a tecnologia das representações anatômicas do corpo humano vem se atualizando e o conteúdo da disciplina se encontra à disposição dos estudantes em variados meios e suportes tecnológicos. Todavia, é preciso pensar se o uso destas tecnologias está correspondendo às expectativas quanto ao aprendizado dos alunos.

Com o propósito de observar a complexa relação entre a evolução tecnológica e as necessidades reais de aprendizado é preciso pensar sobre o valor educativo da simulação e do aprendizado por meio dos incrementos tecnológicos no ensino (BELLO E BRENTON, 2012). Nesta perspectiva as visualizações por computador são cada vez mais comuns na educação incluindo o ensino da anatomia. Apesar do otimismo sobre o seu potencial educativo, os alunos às vezes têm dificuldade em aprender a partir dessas visualizações (NGUYEN, NELSON, WILSON, 2012).

Assim, identificar o quanto o uso da tecnologia está sendo investigada e que impacto traz no aprendizado dos estudantes no ensino de anatomia é o objetivo deste trabalho que utiliza como ferramenta de auxílio a revisão bibliográfica sistemática. Os apontamentos e considerações destas pesquisas foram observados à luz da Teoria de Carga Cognição (CLT – Cognitive Load Theory) e da instrução multimídia. A CLT observa pontos sobre o aprendizado multimídia e trata dos processos cognitivos. A instrução multimídia considera o aprendizado sob o domínio dos modos de interação e controle.

Neste contexto, este artigo apresenta através da leitura crítica dos estudos selecionados, primeiramente, os que a tecnologia incorreu em interferência no aprendizado. Na sequência, foram tratadas questões da CLT no aprendizado multimídia e depois, o relato das pesquisas que apresentaram contribuições da tecnologia no aprendizado.

Para finalizar, os estudos que tratavam sobre a tecnologia da animação foram observados por meio das ferramentas da instrução animada. A partir disto, foi construído um diagrama, onde foram elencados questões e princípios importantes a serem considerados no uso da tecnologia, para o aprendizado de conteúdos disciplinares.

## **2 Abordagem da pesquisa**

Foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática (RBS) nas bases de dados Scopus e Capes, e com a ferramenta de busca Google Acadêmico; com palavras-chave em português e inglês. Houve limitadores temporais e limitadores de área. Foram considerados apenas os documentos produzidos a partir de 2000; e as áreas selecionadas para pesquisa foram: Medicine, Health Professions.

Na RBS feita no Google Acadêmico selecionaram-se cinco artigos que abordavam assuntos pertinentes a este artigo. A realizada na

Capex apresentou um documento relevante para este artigo, e na pesquisa realizada na Scopus foi possível selecionar dez documentos. Os assuntos tecnológicos tratados nestes estudos, dentro do escopo deste artigo (anatomia humana), foram listados no quadro 1.

No quadro 1, a coluna – ‘Assunto’, reúne os estudos de acordo com o tema que abordam, para facilitar a visualização do escopo de estudos sobre tecnologias no ensino da anatomia humana encontrado na RBS. A coluna ‘Lugar’ se refere aonde foram encontrados os estudos. A coluna ‘Autores’ mostra as referências dos estudos sobre o assunto listado.

**Quadro 1** Assuntos encontrados nos documentos levantados pela RBS

Lugar	Assunto	Autores
GOOGLE SCOPUS	Tecnologias de simulação em realidade virtual.	BELLO e BRENTON, 2011 NIU e WU, 2011
SCOPUS SCOPUS	Visualização computacional.	NGUYEN et al., 2012 THIRIET et al., 2011
GOOGLE SCOPUS SCOPUS SCOPUS	Aprendizado multimídia: cd-room, animação.	ADAMCZYK; et al., 2009 BACRO et al., 2000 GUTTMANN, 2000 TRELEASE et al., 2000
GOOGLE SCOPUS	Visualização de estruturas anatômicas em software de apresentação: Power-point.	ZEHRA et al., 2012 CARMICHAEL e PAWLINA, 2000
GOOGLE	Abordagens tradicionais de ensino somadas a programas educacionais de aprendizado assistido por computador.	LI, 2011
GOOGLE SCOPUS SCOPUS SCOPUS	Imagem médica em ambiente virtual, web, internet, nuvem.	JOHNSON et al., 2012 TEMKIN et al., 2006 AIKAWA et al., 2004 JASTROW e VOLLRATH, 2002
CAPES	Aprendizado anatômico assistido por computador no uso de ambientes virtuais.	LUURSEMA et al., 2008

### 3 A interferência da tecnologia no aprendizado

Dentre os estudos encontrados por meio da RBS, dois apresentam resultados que apontam o uso da tecnologia como interferência na compreensão do conteúdo pelos alunos. Dizem que, nestes casos, não se está levando em conta a necessidade do desenvolvimento de habilidades complexas, que envolvem questões cognitivas avançadas, para compreender a tecnologia usada, antes do conteúdo que ela expõe. Esses documentos apontam o aspecto limitador no uso da tecnologia como suporte ao aprendizado, relatados nos dois parágrafos seguintes.

Adamczyk et al. (2009) relatam em seu estudo que foi possibilitado aos alunos o uso de ferramentas multimídia para apoiar seu aprendizado durante a dissecação anatômica no curso de medicina na Universidade de Munique, pelo acesso a um CD-ROM. Em análise verificou-se que 84% dos alunos utilizaram livros clássicos e atlas anatômicos. A ferramenta de aprendizado multimídia foi utilizada por 34% dos alunos, como uma mídia suplementar para o

aprendizado. Os alunos classificaram os recursos de computador: modelos tridimensionais (3D), simulações virtuais e um módulo interativo, como as principais razões para a utilização da ferramenta de aprendizado multimídia. Os resultados mostraram que aqueles estudantes de medicina usam ferramentas de aprendizado multimídia como um meio adicional para o aprendizado, o que levou à conclusão de que os meios de aprendizado principais ainda são livros e atlas anatômico.

O outro estudo, de Nguyen et al. (2012), trata sobre as visualizações de computador. Eles constataram que elas são cada vez mais comuns na educação através de disciplinas, incluindo a anatomia. Desta forma, foi explorada uma gama de fatores que influenciam a compreensão da anatomia espacial antes e depois da instrução com diferentes formas de visualização de computador. Foram considerados três fatores principais: (1) a capacidade de visualização dos alunos, (2) o dinamismo da apresentação visual e (3) a interatividade do sistema. A compreensão de informações anatômicas espaciais dos participantes foi avaliada na execução de uma tarefa sobre anatomia espacial, com respostas de múltipla escolha, envolvendo a rotação das estruturas anatômicas, a identificação das estruturas em 2D com secções transversais e a localização de áreas correspondentes à secção transversal. Os resultados indicam que houve uma influência positiva sobre o desempenho dos alunos referente às informações anatômicas espaciais. Entretanto, o estudo ressalta que a instrução com diferentes formas de visualização no computador pode modular o desempenho dos alunos, de forma a isolar os conteúdos e ignorar a relação entre os conhecimentos.

Portanto, é preciso conhecer as questões cognitivas envolvidas no processo de aprendizado, quando novas habilidades são exigidas no uso da tecnologia escolhida. Isto serve para não sobrecarregar o processo cognitivo e fazer com que o uso de objetos de ensino tecnológicos, independente de qual seja utilizado, facilite a visualização e a compreensão do conteúdo desejado.

#### **4 A CLT no aprendizado**

Segundo Santos e Tarouco (2007), “um grande número de recursos tecnológicos e midiáticos se encontram à disposição da educação, mas muitos desses recursos, ao invés de agregar qualidade ao processo de ensino e aprendizado, acabam confundindo, desestimulando ou até mesmo dispersando a atenção dos alunos”. A teoria da carga cognitiva – CLT (Cognitive Load Theory) fornece para o design conceitos, baseada na estrutura e função da arquitetura cognitiva humana.

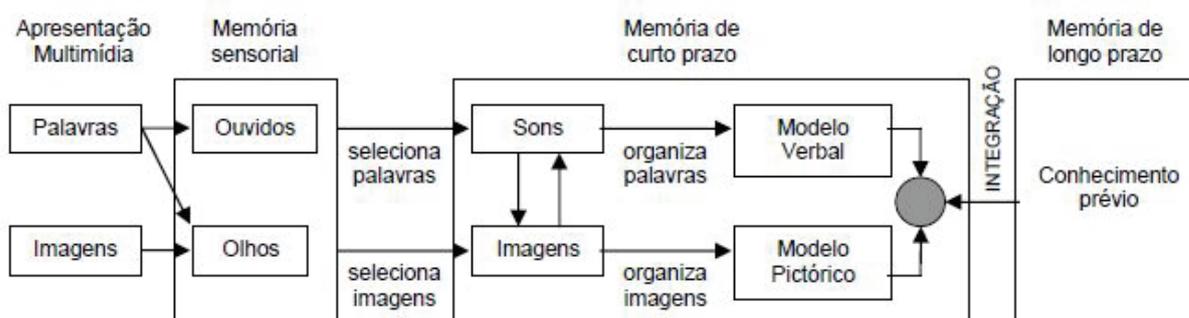
A carga cognitiva despendida depende da natureza do material de aprendizado e da forma como o material é apresentado. O nível de carga cognitiva depende também do número de elementos que

têm de ser processados simultaneamente pela memória de trabalho. Um material com baixa interatividade não exige muito do processo cognitivo. Entretanto, um material com alta interatividade não pode ser entendido de forma isolada. As relações entre os elementos são essenciais para a compreensão. Portanto, exige-se uma carga cognitiva muito maior para seu entendimento.

A teoria da carga cognitiva considera o processo de aprendizado e a divisão de cargas de trabalho no processo entre o visual e o verbal (figura 1). Neste sentido, usar a CLT no projeto destes materiais, no plano de trabalho e na organização dos conteúdos pode ser muito positivo, tanto para distribuir as cargas cognitivas nos canais de entendimento das mensagens, como também para tornar a mensagem mais leve e contribuir com o aprendizado.

O processo de aprendizado multimídia envolve cinco processos cognitivos: (1) selecionar palavras, (2) selecionar imagens, (3) organizar palavras, (4) organizar imagens e (5) integração. É mais provável ocorrer um aprendizado significativo quando os ambientes de aprendizado permitem que o aluno se envolva nesses cinco processos (MAYER, 2003).

A CLT representada pela figura 1, mostra os canais de entendimento utilizados numa situação multimídia, são eles: o auditivo e o visual. O processo cognitivo usa os dois canais para a compreensão de uma mensagem desde sua apresentação, passando pela memória sensorial até a memória de curto prazo. Esta última integra a mensagem dos dois canais depois dos sons e das imagens terem sido organizados. Integração esta possibilitada pelo conhecimento prévio dos modelos que fazem parte da memória de longo prazo.



**Figura 1** Teoria cognitiva do aprendizado multimídia. (Fonte: Mayer (2003, p.305))

Além do processo de aprendizado deve-se considerar o peso das cargas cognitivas. Existe aquela que é causada pela dificuldade intrínseca do conteúdo (Carga Cognitiva Intrínseca) e aquela que é causada pelo formato da apresentação do conteúdo (Carga Cognitiva Extrínseca). A apresentação de um material educativo, em um formato que gera atenção dividida (por exemplo, um objeto tecnológico

desconhecido pelo aprendiz), representa um aumento na carga cognitiva extrínseca (HASLER, 2007).

Assim sendo, o modo de apresentação do conteúdo, a escolha da tecnologia, o quanto e o como vai se disponibilizar a informação, são fatores decisivos na relação entre aprendizado de conteúdo x tecnologia. Para isto, é necessário observar as produções tecnológicas para o ensino, segundo os princípios de Mayer (2003) (quadro 2), para desta maneira estabelecer as diretrizes necessárias no uso da tecnologia de modo que seja facilitadora no processo de ensino.

**Quadro 2** Alguns princípios de design para a concepção de explicações multimídia. (Fonte: Mayer (2003, p.310))

Princípios	Ao projetar uma explicação multimídia,
Modalidade:	apresentar as palavras em forma falada.
Contiguidade:	usar palavras e imagens correspondentes ao mesmo tempo.
Multimídia:	baseada em computador, usar palavras e imagens.
Personalização:	usar palavras no estilo de conversação.
Coerência:	evitar vídeo e áudio irrelevante ao conteúdo.
Redundância:	envolvendo animação e narração, não adicionar texto escrito redundante.
Pré-treinamento:	comece a apresentação com descrições concisas dos componentes.
Sinalização:	fornecer sinalização para a narração.
Estimulação:	permitir que o aluno tenha controle sobre o ritmo da apresentação

Considerar os nove princípios de Mayer pode fazer a diferença entre o sucesso e o fracasso no uso de uma tecnologia dentro do contexto do aprendizado de conteúdos de qualquer disciplina. Segundo Santos e Tarouco (2007, p.10), “uma análise baseada nos princípios da Teoria da Carga Cognitiva só reforça a ideia de que os recursos tecnológicos, por mais atraentes que possam parecer, nem sempre estão de acordo com o processo cognitivo humano e por isto nem sempre qualificam o processo de aprendizado”. Daí a importância de se construir e utilizar tecnologias apoiadas em estudos pertinentes às possibilidades e habilidades de quem as assiste.

## 5 A tecnologia aliada ao aprendizado

A maneira como os conteúdos são apresentados por uma tecnologia abrange aspectos construtivos que envolvem o modo de apresentação da imagem, o movimento, a relação entre texto e imagem, sons, dentre outros (quadro 2). Estes aspectos podem auxiliar a estabelecer analogias que contribuem com o entendimento. Foram encontrados na RBS estudos que apresentam investigações e tentativas no uso de tecnologias para o aprendizado da anatomia humana.

Primeiramente são mostrados os estudos que tratam sobre a disponibilização de conteúdos usando a tecnologia como meio, suporte e local de armazenamento. Na ordem:

- Ambiente em nuvem pela Internet para a simulação de imagem médica (LI, 2011);
- QuickTime, tecnologia multimídia em computador, padrão de mídia digital multiplataforma com navegação pela web (TRELEAVE ET AL., 2000);
- Atlas de anatomia on-line (JASTROW E VOLLRATH, 2002);
- Exploração virtual de ilustração anatômica 2D/3D e animação com dissecação virtual em tempo real via web (TEMKIN ET AL., 2006); e,
- Lista de lugares na Internet, endereços que contemplam conteúdos acadêmicos, com acesso via web (AIKAWA ET AL., 2004).

Li (2011) relata que um grande esforço tem sido feito para estabelecer um sistema de acesso à Internet para a simulação de imagem médica como um serviço conveniente sob o ambiente de computação em nuvem. Desta forma, foi desenvolvida uma plataforma de ensino por imagem médica, via Internet. O sistema foi integrado pelo software open source de banco de dados MySQL que administra materiais de atualização e também rastreia compromissos de aprendizado dos alunos, o que permite a confiabilidade e adequação do material didático on-line e otimizam os métodos de avaliação. Os resultados da avaliação mostraram ganhos de aprendizado. A plataforma de serviço de simulação de protótipo foi estabelecida para fornecer diferentes tipos de serviço aos usuários para executar a simulação de imagens médicas. O sistema foi adequado para sala de aula e para facilitar seu uso pelos estudantes.

Trelease et al. (2000) colocam que a evolução contínua das tecnologias de multimídia baseadas em computador produziu o QuickTime que pode ser usado para produzir fotorrealismo, filmes não-lineares interativos de estruturas anatômicas. Ele pode ser usado para produzir novas e inovadoras visualizações para ensino e pesquisa. Este tutorial possui um ambiente multimídia com tecnologias digitais de vídeo linear e não-linear e possibilita a aquisição de imagens e outros métodos de produção especializados. Este estudo apresentou aplicações práticas distintas para a microscopia de luz e eletrônica, com o propósito em demonstrar sua capacidade e se apresentar como uma nova tecnologia a disposição do ensino.

Jastrow e Vollrath (2002) apresentam um atlas de anatomia on-line baseado no Visible Human Project (VHP) dos US National Library of Medicine. O objetivo foi fornecer seções originais do corpo humano com alta qualidade e resolução na Internet, para uso em educação médica básica e continuada. As seções podem ser estudadas, sem rótulo ou rotulados de acordo com a atual Terminologia Anatômica. Animações das seções, bem como de CT (computer tomography) e imagens MR (magnetic resonanc) permitem melhor visualização das relações topográficas das estruturas anatômicas. As respostas ao projeto indicaram que os estudantes e os médicos consideram o Atlas

de Anatomia Humana na Internet uma ajuda muito útil para aprender e rever detalhes anatômicos.

Temkin et al. (2006) relatam que conjuntos de dados digitais humanos tornam possível desenvolver sistemas baseados em computadores que usam modelos anatômicos virtuais. As escolas médicas estão combinando esses sistemas virtuais e métodos de ensino de anatomia clássicos que usam imagens e dissecação de cadáveres. Este estudo apresentou um sistema de anatomia tridimensional personalizável na web. Um passeio virtual auto-guiado de todo o corpo, em tempo real, foi projetado para fornecer informações anatômicas detalhadas sobre estruturas, subestruturas e estruturas proximais. O sistema facilitou o aprendizado das relações visoespaciais a um nível de detalhe que não é possível por quaisquer outros meios. A utilização de estruturas volumétricas permitiu dissecação virtual em tempo real, a partir de qualquer ângulo, à conveniência do utilizador. As explorações virtuais resultantes puderam ser salvas e usadas para a geração de planos de aula e sistemas de avaliação. Este sistema se mostrou uma poderosa ferramenta de aprendizado.

Aikawa et al. (2004) contam que é necessário aumentar a oferta de recursos didáticos para estudantes de medicina, médicos e profissionais de saúde. O uso da Internet para fins acadêmicos pode ser um método para atingir este objetivo. Desta forma, levantaram-se vários endereços que contemplam conteúdos acadêmicos em várias áreas, entre elas: anatomia, fisiologia, semiologia, entre outras. Os critérios de seleção foram baseados em: relevância, clareza e riqueza em recursos de animação. Entre os sites encontrados, constavam: 5 sites de anatomia e patologia anatômica, 3 de fisiologia, 8 de semiologia etc. Eles foram organizados de acordo com o nível acadêmico para oferecer um acesso alternativo. O conjunto de endereços resultou em um guia simplificado e hierarquizado de conteúdos. A pesquisa mostrou o potencial da Internet como um instrumento de aprendizado a ser utilizado em associação com outros métodos pedagógicos convencionais.

Como descrito nos parágrafos anteriores, tem-se estudado e experimentado alternativas de utilização de objetos tecnológicos de aprendizado na tentativa de avaliá-los e modelá-los segundo as necessidades do ensino e os benefícios para o aprendizado. Apesar destes estudos não apresentarem resultados na relação ensino aprendizado, pois não era seu foco, eles mostram a necessidade e a possibilidade de se aplicar tecnologias disponíveis para o ensino em anatomia, mas ainda é preciso considerar se ajudam no aprendizado.

Contudo, a tecnologia pode também ser utilizada dentro da sala de aula e não apenas como objeto de apoio ao ensino. Pode ser usada no ensino presencial, proporcionando atividades e aprendizado de um conteúdo. Os estudos a seguir tratam a tecnologia como recurso para ensinar, na ordem:

- Uso de tecnologias interativas no ensino (JOHNSON ET AL., 2012);
- Animações na web para ilustrar a anatomia funcional, etc (GUTTMANN, 2000);
- Projeção de imagens animadas anatômicas por computador (CARMICHAEL E PAWLINA, 2000);
- Instrução assistida por computador sobre anatomia, em CD-ROM gravadas em HTML na Internet (BACRO ET AL., 2000);
- Apresentações em PowerPoint, com imagens e animação (ZEHRA ET AL., 2012);
- Aprendizado anatômico assistido por computador por interação (LUURSEMA ET AL., 2008);
- Sistema por tecnologia de realidade virtual (NIU E WU, 2011);
- Animação 3D integrados em podcast e PDF (THIRIET ET AL., 2011);

Johnson et al. (2012) dizem que nenhum método único no ensino de anatomia é capaz de fornecer a supremacia sobre outro. Em um esforço para consolidar e melhorar o aprendizado, foi concebido um currículo de anatomia modernizado para tentar aproveitar e maximizar os benefícios de diferentes métodos de ensino. Abordagens mais tradicionais para o ensino da anatomia e programas educacionais modernos foram usados em um sistema multimodal implementado ao longo de uma década na Universidade de Atenas. Com o propósito de complementar o ensino tradicional, foram usados modelos, imagens, aprendizado assistido por computador, aprendizado baseada em casos clínicos, anatomia de superfície, ensino e aprendizado em pares. O uso de tecnologias modernas no ensino teve o objetivo de rever o pensamento da educação médica e apresentar uma alternativa de transição tecnológica didática, bem como um currículo de anatomia funcional e clinicamente mais interativo.

Guttmann (2000) diz que o professor tem, às vezes, uma tarefa complexa para explicar os conceitos de anatomia funcional e embriologia para estudantes e profissionais de saúde. No entanto, a animação pode facilmente ilustrar a anatomia funcional, procedimentos clínicos ou o embrião em desenvolvimento. A animação na web aumenta a acessibilidade de informações e faz com que seja muito mais útil para o aprendizado independente do aluno. Foram estudadas duas animações que tratam do bloqueio do nervo alveolar inferior do nervo mandibular. Este estudo usou animação 2D. No ambiente educacional é melhor mostrar uma animação de um conceito complexo ou um procedimento clinicamente relevante e, em seguida, permitir ao aluno a repetição da animação, até que tenha uma compreensão completa do mesmo. Animações da web permitem que os estudantes pré-visualizem, interajam e revejam a animação a qualquer tempo.

Carmichael e Pawlina (2000) afirmam que anatomia é uma ciência visual. Durante séculos, a informação anatômica tem sido transmitida

através de desenhos que foram apresentados aos alunos através de todos os meios disponíveis. A projeção de imagens animadas a partir de um computador é um meio que oferece uma grande promessa para efetuar uma melhor comunicação de informações anatômicas. Usando o software Microsoft PowerPoint, foram desenvolvidas apresentações animadas para todas as palestras sobre Anatomia. Para a palestra, o arquivo é carregado em um servidor que é acessível através de uma rede de um computador na sala de aula. A saída é direcionada para um projetor de vídeo e a apresentação em PowerPoint é projetada no modo Slide Show. Usou-se um mouse sem fio que permitiu controlar a apresentação de qualquer lugar da sala. Antes da palestra, os estudantes contam com os mesmos desenhos não marcados como apostilas, e durante a palestra, os alunos estão ativamente engajados na rotulagem dos desenhos e fazendo anotações relacionadas. Após a palestra, o arquivo é salvo no formato HTML e postado no website do curso, onde os alunos podem acessar os slides. Avaliação feita pelos alunos ao final do curso demonstrou que este estilo de apresentação foi muito favoravelmente recebido.

Bacro et al. (2000) relatam que até recentemente, os anatomistas não tinham dúvidas de que o ensino da anatomia tinha que incluir dissecação de cadáveres. No entanto, a instrução assistida por computador foi introduzida no currículo médico, na tentativa de reduzir o custo e o tempo comprometido com a dissecação de cadáveres. Instrução assistida por computador sobre anatomia, foi implantada, por meio de software, sites e bancos de dados de imagens digitais de estruturas de cadáveres, como o Virtual Human Project. Descreve-se neste estudo como exibir vídeos, armazenados em um CD-ROM, como apoio de palestras gravadas no formato HTML na Internet. Este processo permitiu contornar limitações da instrução assistida por computador na Internet, fornecendo informações audiovisuais completas, como aconteceria em uma sala de aula tradicional.

Zehra et al. (2012) estudaram o desempenho dos alunos do 1º ano de medicina em exames estruturados de anatomia geral, após a demonstração com dissecação de cadáveres em comparação a apresentações em PowerPoint (com imagens e animação). O estudo foi realizado por meio de um ensaio, aonde se usou a metodologia de dissecação de cadáveres e apresentações em PowerPoint. Os alunos foram divididos igualmente em dois grupos por amostragem aleatória. O grupo I foi exposto à demonstração com dissecação e grupo II foi ensinado apenas com apresentações em PowerPoint. Foi aplicado aos alunos um questionário com quatro perguntas com quatro opções de resposta para cada pergunta. Nele, os alunos foram convidados a comparar os benefícios de ambas as metodologias de ensino. O questionário aplicado mostrou que 74,2% dos alunos tiveram inclinação para uma metodologia híbrida para o aprendizado da anatomia, englobando dissecação e apresentações em PowerPoint. Conclui-se que a dissecação na faculdade de medicina do Paquistão

<sup>1</sup> Profundidade visual conseguida pela visão binocular. Estereopsia refere-se à visão tridimensional (3D) ou de profundidade.

<sup>2</sup> Capacidade de mudar continuamente de um ponto de vista em relação aos objetos estudados em tempo real.

<sup>3</sup> Ambos os olhos expostos à mesma imagem.

ajuda os alunos no desenvolvimento de habilidades necessárias para a expressão escrita e oral, enquanto que os alunos não expostos à dissecação enfrentam dificuldades em desenvolver a compreensão aprofundada necessária para uma boa expressão oral.

Luursema et al. (2008) afirmam que o uso de ambientes virtuais de aprendizado no campo da medicina está em ascensão. Baseado em um experimento anterior, realizado pelos mesmos autores em 2006, onde otimizaram condições de aprendizado anatômico assistido por computador pela interação, descobriram que uma combinação da estereopsia<sup>1</sup> implementada por computador e a exploração dinâmica<sup>2</sup> foi benéfica para o aprendizado anatômico, especialmente para os indivíduos de baixa habilidade visoespacial. Desta vez, estudaram somente sobre a contribuição da estereopsia implementada por computador para o aprendizado anatômico em relação ao mesmo conteúdo, só que em condição biocular<sup>3</sup>. Foi constatado que isso proporcionou um benefício significativo para as pós-tarefas que avaliam esse aprendizado.

Niu e Wu (2011) construíram um sistema por tecnologia de realidade virtual para resolver o problema da escassez de amostras no ensino da anatomia humana. Foram usadas imagens médicas, modelos tridimensionais de tecidos e órgãos humanos e softwares de animação 3D. O sistema teve uma boa interação e mostrou ser um complemento importante para os estudantes de medicina no aprendizado da anatomia humana e na melhor compreensão dos tecidos e órgãos humanos.

Thiriet et al. (2011) relatam que, na Universidade de Lyon, os cursos de anatomia humana são baseados na tecnologia 3D desde 2006. A principal ferramenta de ensino é a animação em vídeo 3D, algumas delas integradas em podcast e PDF. Cada arquivo PDF contém uma imagem 3D de uma estrutura anatômica que pode ser movida e transformada no espaço ou ampliada. Pode-se ocultar ou mostrar partes de uma estrutura anatômica, fazer secções de corte, afastar uma articulação ou osso e, em seguida, colocá-lo em conjunto. Ferramentas de ensino 3D ajudam os alunos na criação de imagens mentais de estruturas anatômicas, podendo girá-las no espaço, para melhor compreender sua organização espacial que é essencial no aprendizado de anatomia. Um design instrucional usando essa tecnologia 3D foi implementado em um servidor on-line. As avaliações educacionais mostram que os alunos deram feedbacks muito positivos para o método de ensino utilizando a tecnologia 3D.

O universo de trabalhos encontrados através da RBS, mesmo que pequeno, mostra o uso principalmente de animações para o ensino da anatomia humana. Apesar da maioria dos estudos serem bastante otimistas, ficam aparentes as preocupações: (1) em usar a tecnologia para o ensino, (2) em verificar se a tecnologia está contribuindo no aprendizado. É na animação que o conteúdo sobre anatomia humana se apresentou mais vezes, independente de ser usada como

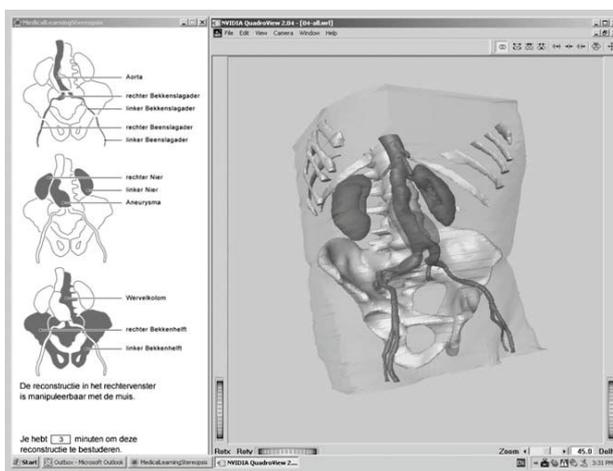
complemento ou suplemento. Desta forma, aspectos sobre animação são também revisados.

## 6 A instrução animada no aprendizado

O design instrucional tem lugar definido dentro do contexto que envolve o aprendizado de qualquer conteúdo por meio de tecnologias e a animação instrucional é um desses exemplos. Segundo Betrancourt (2005) na última década, o progresso das capacidades computacionais e os avanços das tecnologias em design gráfico fizeram os ambientes de aprendizado multimídia evoluir do texto estático sequencial e molduras para visualizações sofisticadas.

A animação permite aos alunos explorar um fenômeno, a fim de entendê-lo e memorizá-lo. A interatividade é um fator chave para isto. A animação pode incluir um elevado grau de interatividade, com uma tarefa de aprendizado que encoraje os alunos a gerar hipóteses e a testá-las através da manipulação de parâmetros. Neste caso, a animação é uma simulação que é usada numa abordagem de descoberta e aprendizado (BETRANCOURT, 2005).

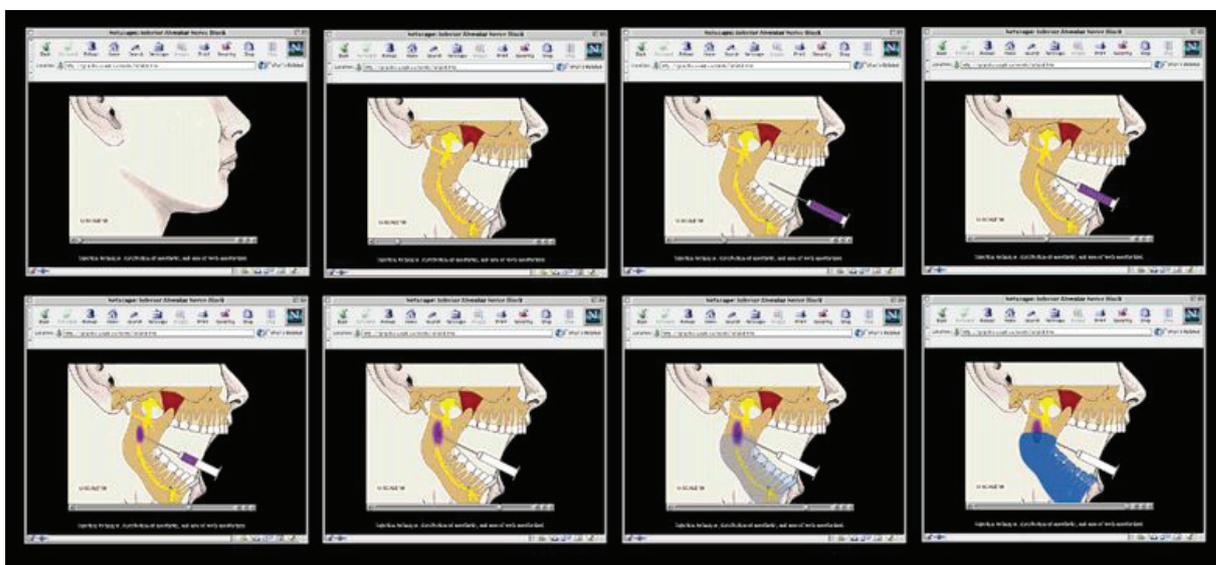
Outra característica da interatividade que pode ser incorporada na animação é a possibilidade de alterar o ponto de vista. Ao alterar o ponto de vista, permite-se aos alunos explorarem o fenômeno a partir de perspectivas diferentes, semelhantes àqueles que estariam disponíveis para um observador ativo em movimento. Isto é bastante utilizado em visualizações 3D de estruturas anatômicas (figura 2).



**Figura 2** Captura de tela da fase de estudo. Foram estudados tanto a auto-rotação da anatomia tereoptically 3D (com óculos) quanto a biocularly (sem óculos). (Fonte: Luursema, et al. (2008, p.457))

Existem estruturas anatômicas que podem ser melhor visualizadas por meio da animação, pois em alguns casos, é a única maneira de representá-las; e outras vezes a animação pode ser necessária para os alunos com problemas visoespaciais, que não são capazes de simular mentalmente o funcionamento de um sistema a partir de outras formas de representação.

A animação contínua (controlada pelo aprendiz) foi utilizada no caso do Virtual Human Project, disponível na Internet via web, na intenção de melhorar a performance de compreensão do que o uso de sucessão de representações estáticas de materiais didáticos (BACRO ET AL., 2000). As animações 2D disponíveis na web visaram aumentar a acessibilidade de informações e se mostram úteis para o aprendizado independente do aluno (GUTTMANN, 2000) (figura 3).



**Figura 3** Vários quadros da vista lateral do bloqueio do nervo alveolar inferior como pode ser visto em um navegador web. Animação completa em <http://gracilis.usask.ca/na2/infalvb.htm>. (Fonte: Guttman (2000, p.62))

Entretanto, é necessário se considerar as implicações da teoria cognitiva e educacional. As implicações da primeira se referem às funções que podem ser atribuídas às animações, no que diz respeito à elaboração de um modelo mental: permitir, facilitar ou inibir funções. Deve-se cuidar: das dificuldades de alunos novatos e da ilusão de entendimento de alunos especialistas. Como também, deve-se evitar a inibição da elaboração de um modelo mental através do cuidado na concepção da instrução. Nas implicações educacionais a animação pode ser utilizada para: (1) apoiar a visualização e o processo de representação mental; (2) produzir um conflito cognitivo; e (3) explorar um fenômeno (BETRANCOURT, 2005).

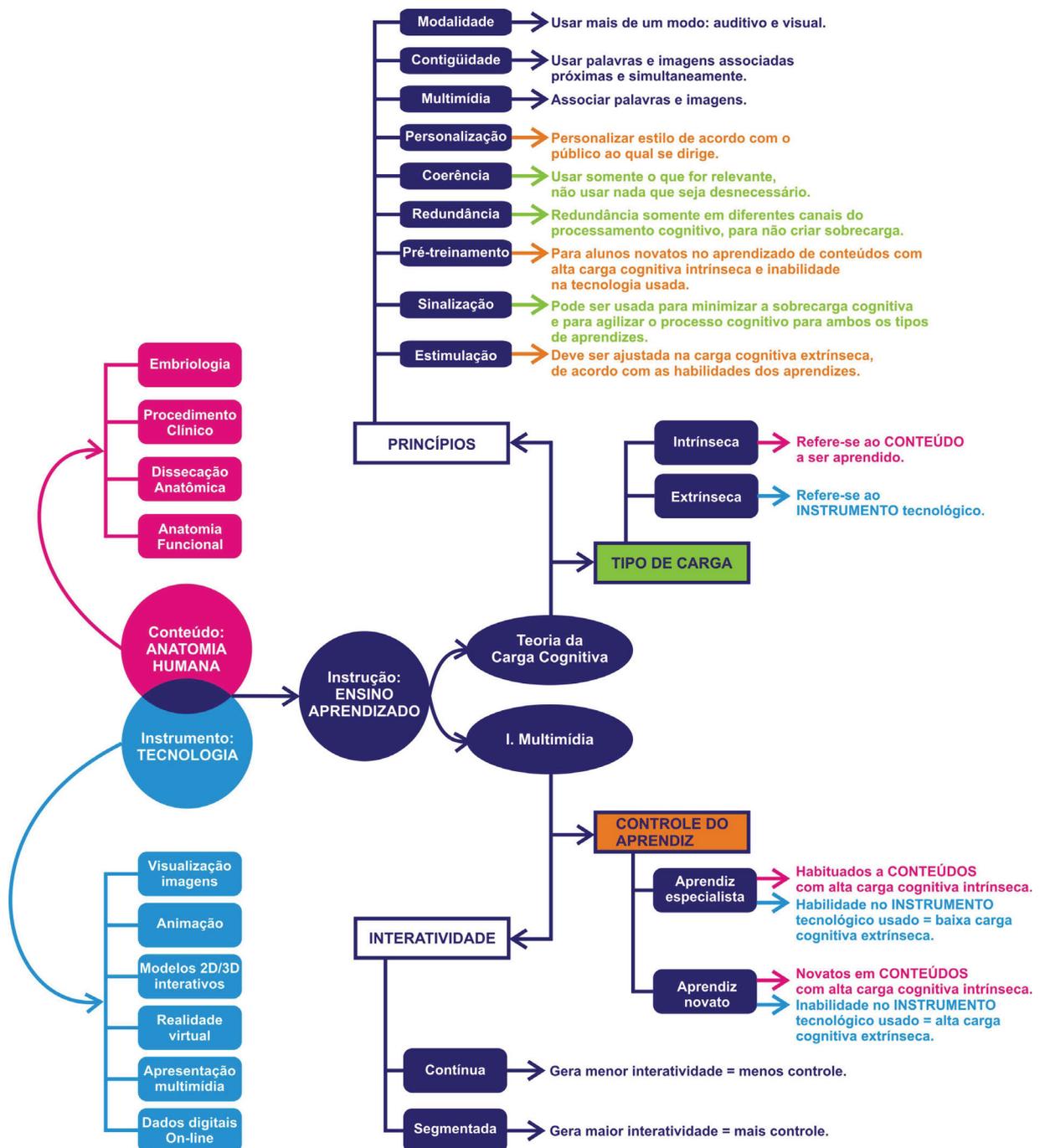
Nesta perspectiva, os princípios do aprendizado com animação (quadro 3) podem igualmente ser considerados junto aos princípios da teoria cognitiva (quadro 2).

**Quadro 3** Princípios de animação para o aprendizado. (Fonte: Baseado em Spinillo et al. (2011))

Princípios de Animação	
Multimídia	Narração deve estar associada à animação.
Contiguidade espacial	Textos em tela devem estar próximos da animação.
Contiguidade temporal	Animação e narração correspondente devem ser apresentadas simultaneamente.
Coerência	Elementos da animação devem ser coerentes entre si. Texto, imagens e sons irrelevantes devem ser evitados na animação.
Modalidade	Deve-se priorizar a narração do que o texto em tela na animação, pois são elementos visuais processados no mesmo canal, podendo sobrecarregar o processamento de informação.
Redundância	Redundância de conteúdo da animação e narração é positiva. No entanto, não se recomenda o uso simultâneo de animação, narração e texto na tela.
Personalização	A narração associada à animação deve estar adequada ao perfil dos usuários para promover sua identificação com a mesma.

Neste contexto, foi criado um diagrama (figura 4) que demonstra o que se observou ser necessário considerar para desenvolver um material instrucional no aprendizado de um conteúdo, levando em conta as capacidades cognitivas envolvidas no processo.

O diagrama foi construído por cores. A cor azul refere-se à tecnologia: alguns modos e formas de tecnologias usados para apresentar o conteúdo de anatomia humana, encontrados nos documentos revisados. A cor rosa diz respeito ao conteúdo sobre anatomia humana que deve ser aprendido. A cor roxa refere-se ao ensino-aprendizado: a CLT e a instrução multimídia. A cor laranja diz respeito ao aprendiz e a cor verde refere-se à carga cognitiva.



**Figura 4** Conexões dos princípios considerados no aprendizado. (Fonte: Autoria própria (2013))

As conexões dos princípios considerados no aprendizado, título do diagrama (figura 4), estão representadas pelas formas roxas. A instrução apresenta modos, ferramentas e princípios a fim de que o conteúdo rosa possa ser usado no instrumento azul. Assim, o conteúdo rosa que pretende ser apresentado por um instrumento azul só pode ser aprendido se mediado pela instrução roxa.

O diagrama possui textos externos explicativos do lado direito das formas roxas, estes textos têm cores referentes ao assunto que deve

ser observado para a aplicação das palavras-chaves contidas dentro da respectiva forma.

Por exemplo: o aprendiz novato [forma roxa] que estuda conteúdos difíceis [texto rosa refere-se à forma rosa e suas derivações] e que possui inabilidade com o instrumento onde ele está alocado [texto azul refere-se à forma azul e suas derivações], faz com que o material de ensino precise de atenção especial nos princípios da CLT [formas roxas] ligados à personalização, pré-treinamento e estimulação [textos laranja referem-se ao aprendiz].

Outro exemplo: a carga cognitiva, sendo ela intrínseca [texto rosa refere-se à forma rosa e suas derivações] ou extrínseca [texto azul refere-se à forma azul e suas derivações], os princípios da CLT [formas roxas]: coerência, redundância e sinalização [textos verdes referem-se à carga cognitiva] devem ser especialmente considerados para tornar a tecnologia mais clara para o aprendiz. O diagrama segue esta lógica de raciocínio na utilização descrita pelos dois exemplos dados.

Os textos externos em roxo devem ser avaliados no sentido da melhor distribuição entre os canais de compreensão no decorrer do processo cognitivo do aprendizado descrito pela CLT apresentada na figura 1.

Salienta-se que os conteúdos e os instrumentos listados no diagrama são os encontrados nos documentos localizados pela RBS feita para o estudo que este artigo apresenta. O que significa que eles podem ser substituídos por outros conteúdos visuais complexos e outros instrumentos tecnológicos audiovisuais. Assim aventa-se a possibilidade de adequação do diagrama para outras situações de aprendizado multimídia.

Desta maneira espera-se contribuir no sentido de esclarecer onde a teoria deve ser aplicada para um aprendizado bem sucedido quando se trata de materiais multimídia de ensino. Para tanto é preciso observar todas as partes que seguem em roxo no diagrama para que as conexões de conteúdo ANATOMIA HUMANA, hospedado no instrumento TECNOLÓGICO, seja instrutivo em nível de ENSINO-APRENDIZADO de acordo com o tipo de aprendiz.

## 7 Considerações

Para utilizar a tecnologia para o aprendizado é necessário estruturar a informação e sua apresentação assim como o conteúdo disciplinar. Para tanto, deve-se levar em conta as limitações, as habilidades, as experiências dos aprendizes em relação ao instrumento tecnológico no processo do aprendizado de um conteúdo. Pois a tecnologia exige conhecimento prévio e apesar de facilitar o armazenamento de informações e o acesso ao conteúdo, nem sempre a tecnologia é uma solução para questões do aprendizado.

O número de documentos encontrados na RBS e a variedade de focos de pesquisa na relação conteúdo anatomia humana x tecnologias apresentaram várias abordagens, mas ainda é incipiente no que tange aos resultados voltados ao aprendiz. São necessários mais estudos e experimentos feitos com aprendizes diretos deste tipo de conteúdo.

Segundo a revisão dos estudos elaborados por diversos autores, pode-se perceber que a tecnologia é importante e que muitas vezes contribui para assimilar vários conteúdos, mas ela pode ser mais formativa se considerar a experiência anterior e as habilidades adquiridas dos aprendizes. Desta maneira, deve-se investigar a tecnologia adequada a cada público, dentro do grau de conhecimento até então adquirido e desenvolvido, pois se isto não for considerado no processo de criação destes instrumentos, eles certamente podem causar ruído no aprendizado, além de dificultá-lo.

A tecnologia como aliada ao aprendizado apresentou em dois dos assuntos elencados no quadro 1, contribuição ao aprendizado do conteúdo anatômico, possibilitado por meio da tecnologia e facilitado por causa da tecnologia.

Entre os seis documentos que apresentam a tecnologia como aliada ao ensino, quatro estão dentro de um contexto de uso contínuo de tecnologias e ao longo de uma faixa de tempo, que pode ter propiciado, por exemplo, uma assimilação por parte dos alunos, sobre a manipulação e a compreensão prévia destes instrumentos tecnológicos. Isto acontece explicitamente em dois documentos (LUURSEMA ET AL., 2008; THIRIET ET AL., 2011) e implicitamente em outros dois (ZEHRA ET AL., 2012; CARMICHAEL E PAWLINA, 2000).

Percebeu-se que os melhores resultados encontram-se entre alunos mais avançados dentro do estudo da própria medicina ou entre alunos com conhecimento prévio na tecnologia usada, assim nestes casos houve sucesso também porque a carga cognitiva (intrínseca ou extrínseca) não esteve sobrecarregada.

No caso do aprendizado de alunos nos primeiros anos de curso, a tecnologia pode causar dificuldade em aprender por meio dela e fazer com que eles optem por instrumentos didáticos mais tradicionais. Primeiramente, porque o conteúdo da disciplina envolve alta carga cognitiva intrínseca por causa do conhecimento a ser adquirido sobre anatomia. Depois, porque sem conhecimento anterior da tecnologia utilizada, a carga cognitiva extrínseca se torna também alta.

Foi identificada a necessidade de dar continuidade ao estudo aqui iniciado, pois ele poderia melhor avaliar as relações levantadas por esta pesquisa, trabalhando dentro do escopo do aprendizado do estudante sobre a anatomia humana, com experimentos que demonstrem as vantagens e as necessidades de ajustes proporcionados pela CLT frente a estudantes mais e menos hábeis para a tecnologia escolhida.

## Referências

- ADAMCZYK C, HOLZER M, PUTZ R, FISCHER MR. (2009). *Student learning preferences and the impact of a multimedia learning tool in the dissection course at the University of Munich. Annals of Anatomy.* Oct;191(4):339-48. doi: 10.1016/j.aanat.2009.03.003. Epub 2009 May 4.
- AIKAWA, L.; ZORNOFF, D. C. M.; MATSUBARA; B. B. (2004). *Guia de Endereços Eletrônicos para o Estudo de Cardiologia.* Arquivos Brasileiros de Cardiologia - Volume 83, nº 5, Nov.
- BACRO, T., GILBERTSON, B., COULTAS, J. (2000). *Web-delivery of anatomy video clips using a CD-ROM. In: Anatomical Record.* JVolume 261, Issue 2, 15 April, 78-82.
- BELLO, F.; BRENTON, H. (2011). *Current and Future Simulation and Learning Technologies. Surgical Education Advances in Medical Education.* Volume 2, pp 123-149. Disponível em: <[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-007-1682-7\\_8#](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-007-1682-7_8#)>. Acesso em: ago 2013.
- BETRANCOURT, M. (2005). *The animation and interactivity principles in multimedia learning.* Mayer (ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*, pp.287 -296. New York: Cambridge
- CARMICHAEL, S.W.; PAWLINA, W. (2000). *Animated PowerPoint as a tool to teach anatomy.* *Anatomical Record.* Volume 261, Issue 2, 15 April, 83-88.
- CASTRO, A. A. (2010). *Revisão Sistemática: Identificação e Seleção dos Estudos Primários*, (2001). S. Goldenberg, C. A. Guimarães, A. A. Castro, EDS. *Elaboração e Apresentação de Comunicação Científica.* Disponível em: <<http://metodologia.org/>>. Acesso em: 04 apr 2013.
- GUTTMANN, G.D. (2000). *Animating functional anatomy for the web.* PubMed - indexed for MEDLINE. *Anatomical Record.* Volume 261, Issue 2, 15 April, 57-63
- HASLER, B. S.; KERSTEN, B.; SWELLER, J. (2007). *Learner Control, Cognitive Load and Instructional Animation.* *Applied Cognitive Psychology.* 21: 713-729. Published online in Wiley InterScience. DOI: 10.1002/acp.1345. Disponível em: <[www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)>. Acesso em: jul 2013.
- JASTROW, H.; VOLLRATH, L. (2002). *Anatomy Online: Presentation of a Detailed WWW Atlas of Human Gross Anatomy—Reference for Medical Education.* *Clinical Anatomy,* Nov;15(6):402-8. PubMed - indexed for MEDLINE. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12373730>>. Acesso em: set 2013.
- JOHNSON, E. O.; CHARCHANTI, A. V.; TROUPIS, T. G. (2012). *Modernization of an anatomy class: From conceptualization to implementation. A case for integrated multimodal-multidisciplinary teaching.* *Anatomical Sciences Education.* Vol. 5, no 6, pages 354-366, November/December. Article first published online: 21 jun 2012. DOI: 10.1002/ase.1296.
- LI, X. (2011). *Web-based Medical Imaging Simulation System for Education and Research.* Open Access Dissertations. Paper 682. Disponível em: <[http://scholarlyrepository.miami.edu/oa\\_dissertations/682](http://scholarlyrepository.miami.edu/oa_dissertations/682)>. Acesso em: set 2013.
- LUURSEMA, J.-M.; VERWEY, W. B.; KOMMERS, P. A.M.; ANNEMA, J.-H. (2008). *The role of stereopsis in virtual anatomical learning.* *Interacting with Computers,* Vol.20(4), pp.455-460; DOI: 10.1016/j.intcom.2008.04.003. Fonte: SciVerse ScienceDirect Journals.

- MAYER, R. E. (2003). *Elements of a science of e-learning*. Journal Educational Computing Research, Vol. 29(3) 297-313. University of California, Santa Barbara.
- NIU, L., WU, W. (2011). *The construction of human anatomy teaching system based on virtual reality technology*. International Conference on Electrical and Control Engineering, ICECE 2011 – Proceedings. Article number 6056767, Pages 6844-6847. Yichang-China.
- NGUYEN N.; NELSON A.J.; WILSON T.D. (2012). *Computer visualizations: Factors that influence spatial anatomy comprehension*. Anat Sci Educ. [online] Mar-Apr;5(2):98-108. doi: 10.1002/ase.1258. Epub 2012 Jan 9. Disponível: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22232125>>. Acesso em: ago 2013.
- PREMKUMAR, K. (2011). *Mobile Learning in Medicine*. IGI Global. University Saskatchewan – Canadá.
- REIS, R. J. (2009). *Estudo de modelo de ambiente de realidade virtual aplicado ao ensino da graduação em cirurgia*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia. Porto Alegre-RS.
- SANTOS, L.M. A.; TAROUCO, L. M. R. (2007). *A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica*. Novas Tecnologias CINTED-UFRGS na Educação. CINTED-UFRGS, V. 5 nº 1, Jul.
- SPINILLO, C. G.; SOUZA, J. M. B. DE; STORCK, G. R.; POTTES, A. (2011). *Alguns aspectos sobre os modos de representação e o processamento da informação em instruções visuais animadas*. 11o Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia. Manaus.
- TEMKIN, B.; ACOSTA, E.; MALVANKAR, A.; VAIDYANATH, S. (2006). *An Interactive Three-Dimensional Virtual Body Structures System for Anatomical Training Over the Internet*. Clinical Anatomy, Apr;19(3):267-74. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16506202>>. Acesso em: set 2013.
- THIRIET, P.; BATIER, C.; RASTELLO, O.; SYLVESTRE, E.; VAN REETH, N.; GUILLOT, A.; COLLET, C.; EL HOYEK, N. (2011). *3D human anatomy learning: Demonstration of 3D tools used in teaching: 3D videos, podcasts, PDF*. CSEDU 2011 - Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Supported Education. Volume 1, 2011, 408-411. Noordwijkerhout; Netherlands; 6 May 2011 through 8 May.
- TRELEASE, R.B., NIEDER, G.L., DØRUP, J., HANSEN, M.S. (2000). *Going virtual with QuickTime VR: New methods and standardized tools for interactive dynamic visualization of anatomical structures*. Anatomical Record. Volume 261, Issue 2, 15 April, 64-77.
- ZEHRA, U.; ATHAR, Z.; HAFEEZ, A.; RIZVI, F. (2012). *Is the use of PowerPoint Presentations a Better Tool of Understanding Gross Anatomy than Cadaveric Dissection?* Ann. Pak. Inst. Med. Sci.; 8(1): 6-10 6.

## Sobre os autores

### Tatiana de Trotta

<trotta@utfpr.edu.br>

Doutoranda do programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná.

Professora do Departamento Acadêmico de Desenho Industrial na  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Carla Galvão Spinillo**

<cgspin@gmail.com>

Doutora em Typography Graphic Communication - University of  
Reading, Inglaterra.

Pós-doutorado na University of Avans, Holanda.

Atualmente é professora adjunto do PPGDesign da UFPR.

Artigo recebido em 09 dez. 2013,

Aprovado em 02 jun. 2014.