

Realidade Aumentada em saúde: uma revisão sobre aplicações e desafios

Ezequiel Roberto Zorzal¹, Fátima de Lourdes dos Santos Nunes²

¹Instituto de Ciência e Tecnologia – Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)
Rua Talim, 330, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

²Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde (LApIS)
Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH)
Universidade de São Paulo (USP), Brasil.

ezorzal@unifesp.br, fatima.nunes@usp.br

Abstract. *Augmented Reality can be applied in various areas of knowledge, and healthcare has been one of the most investigated fields. The objective of this paper is to present an analysis of Augmented Reality applications for health, considering the specialties that have been explored as well as the challenges of these specialties. 76 papers that presented research focused on the application of Augmented Reality in health were analyzed. These studies were classified according to the area of specialization, and the application goals. The results indicated that the most exploited specialties are Physiotherapy and rehabilitation, Radiology, Anatomy, Orthopedics and Cardiology that the main challenges are related to the problem the realism and registration of virtual objects into the real environment. It appears that there are still several challenges to be addressed, why Augmented Reality in Healthcare continues to offer many opportunities for research.*

Resumo. *A Realidade Aumentada pode ser aplicada em diversas áreas do conhecimento e um dos campos mais explorados tem sido a saúde. O objetivo deste artigo é apresentar uma análise das aplicações de Realidade Aumentada na saúde, considerando as especialidades contempladas e os desafios dessas especialidades. Foram analisados 76 trabalhos que apresentaram pesquisas com foco na aplicação da Realidade Aumentada na área da saúde. Estes trabalhos foram classificados considerando as especialidades e a finalidade da aplicação. Os resultados indicaram que as especialidades mais exploradas são Fisioterapia e reabilitação, Radiologia, Anatomia, Ortopedia e Cardiologia e que os principais desafios são relacionados ao problema de realismo e de registro dos objetos virtuais inseridos ao ambiente real. Verifica-se que ainda há vários desafios a serem abordados, motivo pelo qual a Realidade Aumentada em Saúde continua a oferecer diversas oportunidades de pesquisa.*

1. Introdução

A Realidade Aumentada pode ser definida como a adição de objetos virtuais no ambiente físico, apresentada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum

dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais [Kirner e Kirner 2007].

O uso da Realidade Aumentada aplicada na saúde vem sendo alvo de pesquisas nos últimos anos [Sielhorst, Feuerstein e Navab 2008]. Diversos trabalhos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de implementar sistemas de visualização com Realidade Aumentada para fornecer interfaces acessíveis e de fácil utilização que apoiam as intervenções médicas e apresentam informações do paciente [Navab et al., 2012; Bichlmeier et al. 2009].

Pode-se citar, por exemplo, o projeto LearnAR [LearnAR 2014] que é uma ferramenta Web com Realidade Aumentada para ensinar diversas disciplinas, como a biologia, anatomia e geometria. Outro exemplo é a ferramenta desenvolvida para visualização e simulação de sinais cardíacos [Lamounier Jr. et al., 2010], utilizando técnicas de Realidade Aumentada. Mentis et al. (2012) também contribuiu com aplicações de Realidade Aumentada em saúde, apresentando um ambiente que explora o uso de novas tecnologias de interação *touchless* (sem contato físico) em atividades médicas, permitindo que imagens possam ser visualizadas, controladas e manipuladas sem contato físico utilizando o sensor de movimentos Kinect, eliminando o risco de infecções e propondo outras formas de interação mantendo as condições de assepsia.

Apesar da constatação de existirem dentro da saúde especialidades mais contempladas com as aplicações de Realidade Aumentada e outras que não têm sido beneficiadas, não são encontrados na literatura, trabalhos que forneçam uma visão geral das aplicações do ponto de vista das áreas de aplicação. Assim, o objetivo deste artigo é tecer um panorama geral das aplicações de Realidade Aumentada em saúde, classificando-as por especialidade, assim como apresentar os desafios e, consequentemente, as oportunidades de pesquisa dentro de cada área.

O artigo está organizado em quatro seções, além desta Introdução. Na Seção 2 é feita a apresentação dos critérios de pesquisa para a classificação das aplicações. A Seção 3 descreve os resultados e discussões, apresentando uma análise geral da pesquisa e os apontamentos dos principais desafios da área e Seção 4 apresenta as considerações finais.

2. Metodologia

Com a finalidade de analisar trabalhos correlatos à área de Realidade Aumentada aplicada à saúde e mapear os principais desafios remanescentes, a revisão deste trabalho tomou como base os artigos publicados nos últimos dez anos e que estão disponíveis na *Web* em diferentes bibliotecas digitais. Dentre as bibliotecas examinadas a *IEEE Xplore Digital Library* e a *ACM Digital Library* se destacaram por manterem uma maior concentração dos trabalhos analisados.

Os Anais dos Workshops de Informática Médica (WIM) também foram verificados a partir da Biblioteca Digital Brasileira de Computação (BDBComp). No entanto, cabe ressaltar que neste último não foram encontrados trabalhos de Realidade Aumentada. Podem-se citar apenas trabalhos que envolviam Realidade Virtual na área médica, como exemplos, o trabalho de Moreno et al. (2012) que apresenta um simulador em Realidade Virtual para treinamento médico em laparoscopia e o trabalho de Delfino

e Nunes (2009) que utiliza técnicas de processamento de imagens e Realidade Virtual para gerar dinamicamente ambientes virtuais aplicáveis em ferramentas para treinamento médico para simular o exame de biópsia mamária.

Buscaram-se trabalhos publicados nos últimos dez anos que contivessem em seus títulos as palavras-chave “Realidade Aumentada” para os trabalhos escritos em português e “*Augmented Reality*” para trabalhos escritos em inglês. Foram analisados os títulos de todos os trabalhos encontrados e quando houve dúvida se o artigo seria considerado dentro da área de saúde, seus resumos e textos foram analisados. Para que um artigo fosse selecionado para leitura completa deveria contemplar revisão, desenvolvimento ou reflexão sobre aplicações de Realidade Aumentada na saúde. Foram selecionados 76 trabalhos que apresentaram as pesquisas focadas em aplicações de Realidade Aumentada na saúde (a lista dos artigos selecionados pode ser encontrada no seguinte sítio eletrônico: <http://www.hiperrealidade.com.br/reviewWIM2014.pdf>).

Os trabalhos que aplicam as tecnologias de Realidade Virtual ou Realidade Aumentada nas áreas da saúde podem ser classificados de diferentes maneiras, por meio de um contexto específico e em função do público-alvo [Nunes et al., 2011]. Neste artigo, os trabalhos analisados foram classificados a partir de três perspectivas distintas: em função da área de especialização, em função da finalidade da aplicação e em função do tipo do *display* utilizado para a visualização.

3. Resultados e discussões

3.1. Análise geral

Os dados demográficos obtidos pela pesquisa podem ser analisados a partir da Figura 1. Como pode ser verificada na Figura 1(a), a quantidade numérica dos trabalhos que aplicam Realidade Aumentada na saúde vem aumentando gradualmente nos últimos anos. Há uma grande tendência da utilização da Realidade Aumentada na saúde principalmente em tecnologias que exploram a visualização e o uso de novas tecnologias de interação sem contato físico.

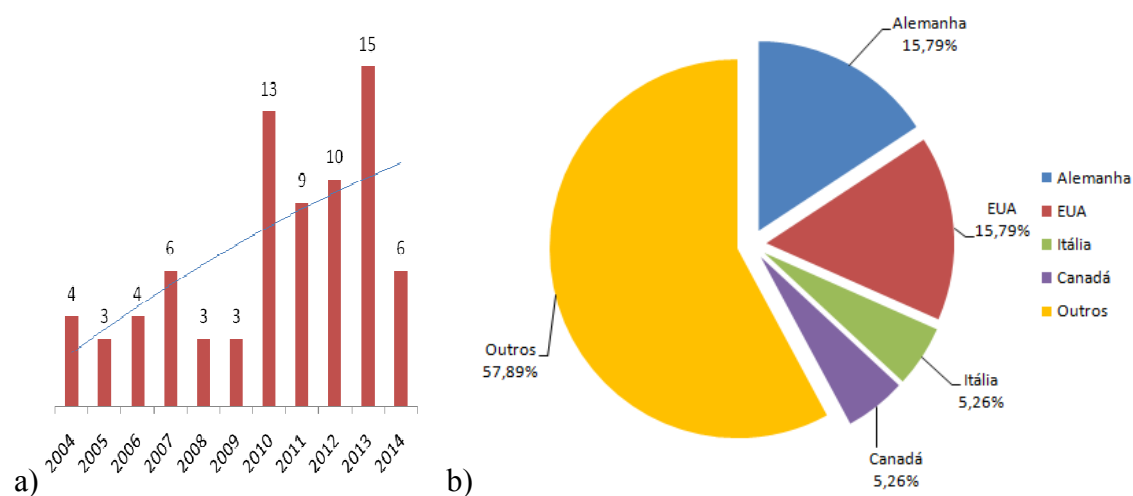


Figura 1. Análise geral dos trabalhos encontrados e que foram publicados nos últimos 10 anos. a) Quantitativo dos trabalhos de Realidade Aumentada aplicada na saúde referente ao ano da publicação. b) Percentual dos trabalhos referente aos países dos autores.

Notou-se que mais de 40% dos trabalhos analisados foram principalmente desenvolvidos por pesquisadores oriundos de quatro países (Figura 1 (b)). A Alemanha e os Estados Unidos da América se destacaram no desenvolvimento de aplicações por possuírem, em conjunto, a autoria de 31.58% dos trabalhos analisados neste artigo. A Itália e o Canadá representam juntos um pouco mais de 10% das autorias dos trabalhos analisados.

3.2. Áreas de aplicação

As áreas das ciências da saúde são amplas e apresentam vários ramos específicos. Geralmente, estas especialidades estão relacionadas a algum órgão ou sistema do corpo humano. A classificação em função da área de especialização baseou-se no conhecimento especialmente projetado na aplicação para emular a especialização humana de algum domínio específico. Cabe ressaltar que em muitos casos as aplicações foram classificadas como multiespecialistas tornando-as especialistas em dois ou mais ramos de áreas distintas.

A Figura 2 apresenta o gráfico da classificação dos trabalhos analisados em função das especialidades.

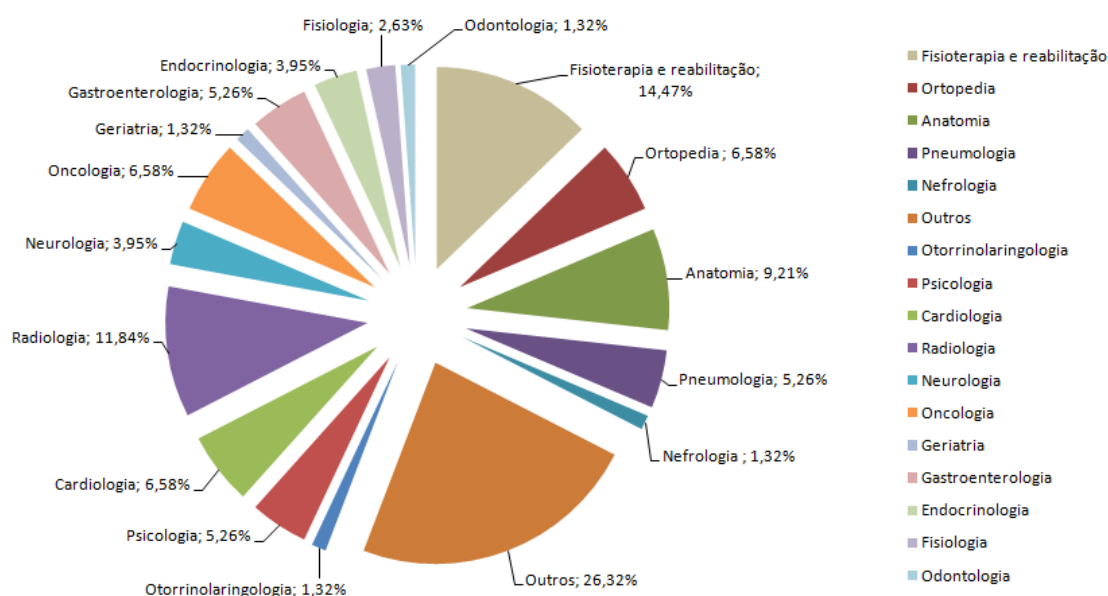


Figura 2. Classificação dos trabalhos analisados em função da área de especialização.

Nota-se que, apesar de existirem diversas aplicações de Realidade Aumentada nos mais diferentes ramos da saúde, as áreas da Fisioterapia e reabilitação, Radiologia, Anatomia, Ortopedia e Cardiologia se destacaram por representarem juntas quase 50% das especialidades oferecidas pelas aplicações analisadas neste trabalho. Este alto índice pode estar relacionado ao fato de que a maioria dessas aplicações foi desenvolvida com a finalidade de melhorar a concepção das informações, que comumente são representadas por laudos de exames de imagem, com representações tridimensionais sobrepostas ao corpo do usuário. Pode-se citar, como exemplo, o sistema Miracle, desenvolvido por Blum et al. (2012) e com a finalidade de auxiliar o ensino de Anatomia nas escolas. O Miracle usa um conceito de "espelho mágico" com Realidade

Aumentada para criar a ilusão de que os usuários estão visualizando as estruturas internas de seus corpos. O Mirracle utiliza o sensor de movimentos Kinect para estimar a posição do usuário e projetar sobre ele com precisão músculos e ossos. A base de dados constituída pelas imagens que são utilizadas pelo Mirracle foi obtida a partir de exames de tomografia computadorizada.

3.3. Tipos de aplicações

A classificação em função da finalidade da aplicação foi definida conforme as seguintes categorias: terapia, jogos, educação, treinamento e procedimentos. Muitas aplicações combinaram diferentes categorias, por exemplo, pode-se citar o uso de jogos em tratamentos terapêuticos [Vandermaesen et al. 2014], ou, ainda, aplicações desenvolvidas para treinamentos que são usadas na educação [Sutherland et al. 2013].

Pode-se observar na Figura 3 que mais da metade das aplicações, inclusive nos últimos anos, foram desenvolvidas com o foco maior em auxiliar procedimentos médicos e apoiar o treinamento de usuários. Este índice pode estar associado ao grande interesse de transferências de tecnologias, que tem como objetivo assegurar que o desenvolvimento científico e tecnológico seja acessível para um grupo maior de usuários que possui o interesse na exploração da tecnologia em novos produtos, materiais e serviços. E ainda, para garantir a segurança do paciente, muitos países europeus já estão incentivando os profissionais da saúde a realizarem certificações em simuladores antes de realizar procedimentos em pacientes reais, tal fato pode estar associado ao grande interesse no desenvolvimento de aplicações para apoiar o treinamento destes profissionais.

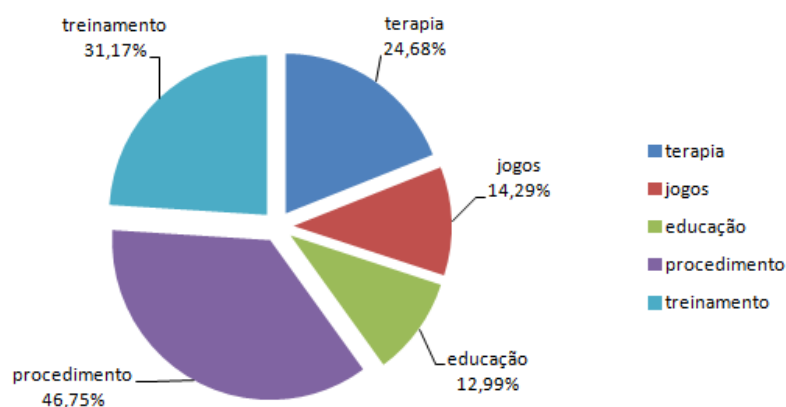


Figura 3. Classificação dos trabalhos analisados em função da finalidade da aplicação.

3.4. Uso de dispositivos

Os trabalhos também foram classificados conforme o tipo de *display* utilizado [Azuma et al. 2001] envolvendo visão ótica ou visão por vídeo. De acordo com [Kirner e Zorzal 2005] essa classificação pode originar quatro tipos de sistemas: visão ótica direta (óculos ou capacetes com lentes translúcidas), visão direta por vídeo (óculos ou capacetes com microcâmeras acopladas), visão por vídeo baseado em monitor (uso de

câmeras de vídeo e monitores convencionais) e o sistema de visão ótica por projeção (uso de projetores).

Nos últimos anos, devido ao avanço nas tecnologias de *hardware* e principalmente com o surgimento dos telefones inteligentes, experiências com Realidade Aumentada se tornaram comuns e amplamente disponíveis para uso em dispositivos móveis.

Dessa forma, para apoiar a classificação das aplicações discutidas nesse trabalho, as mesmas foram classificadas nos seguintes agrupamentos: sistemas que utilizam óculos ou capacetes a partir de visão direta ótica ou por vídeo; sistemas de projeção; sistemas de visão por vídeo baseados em monitores e dispositivos móveis. A Figura 4 apresenta a classificação dos trabalhos analisados em função dos *displays*.

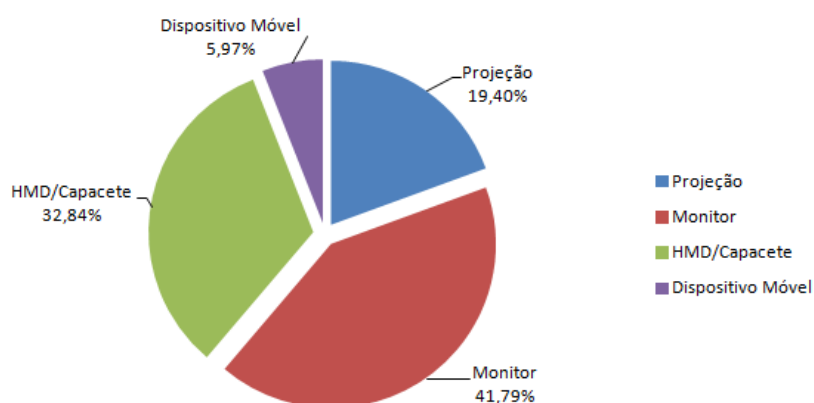


Figura 4. Classificação dos trabalhos analisados em função dos *displays*.

Verifica-se que o uso dos sistemas de visão por vídeo baseado em monitor e o uso de capacetes ou óculos especiais (sistemas de visão direta por vídeo ou ótica) compreendem aproximadamente 75% dos trabalhos analisados. Como uma alternativa de baixo custo, a maioria dos desenvolvedores opta por utilizar sistemas de visão por vídeo baseados em monitores. No entanto, em situações em que a perda da imagem pode ocasionar algum risco, os sistemas de visão direta são mais adequados.

Grande parte dos trabalhos que utilizaram sistemas de visão ótica, baseados em projeção, concentra-se nas aplicações para procedimentos, treinamentos ou para uso educacional. Embora interessantes, os sistemas baseados em projeção são dispendiosos e muito restritos às condições do espaço real, em função da necessidade de superfícies de projeção.

Embora os trabalhos analisados apresentem baixa utilização em sistemas móveis, o crescimento do poder computacional dos dispositivos móveis tem proporcionado o desenvolvimento de aplicações com Realidade Aumentada nas mais diversas áreas do conhecimento. Como exemplo, pode-se citar a *MuscleView Portable* (Figura 5) que tem o objetivo de mostrar partes do sistema muscular, em diferentes níveis de profundidade, sobrepostas ao corpo humano utilizando dispositivos móveis [Galvão and Zorzal 2013]. Esta aplicação permite a interação de objetos virtuais, representados pelas partes do sistema muscular, que podem ser visualizados sobre o corpo do usuário. O usuário pode realizar capturas das imagens sobrepostas e armazená-las no dispositivo para uma análise futura.

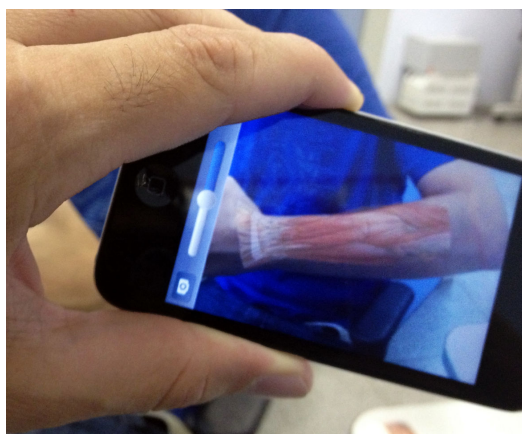


Figura 5. Utilização da Realidade Aumentada a partir da aplicação *MuscleView Portable* para visualizar partes do sistema muscular [Galvão and Zorzal 2013].

3.5. Desafios e oportunidades de pesquisas

Vários desafios foram identificados nos trabalhos analisados. Um dos desafios mais discutidos está relacionado ao problema de registro dos objetos virtuais inseridos ao ambiente real. O problema do registro diz respeito à necessidade de alinhar de maneira precisa os objetos virtuais que serão sobrepostos aos objetos reais. Em aplicações em que há exigências precisas do mapeamento dos objetos virtuais sobre o ambiente real, por exemplo, aplicações que apoiem procedimentos cirúrgicos de alta precisão, os problemas relativos ao registro é crucial e podem ocasionar erros graves e até mesmo fatais.

Outro desafio importante na área é fazer com que as aplicações ofereçam características realistas. Partindo do pressuposto que as proporções de tamanho e localização dos objetos no mundo virtual devem ser observadas a fim de que representem com propriedade o mundo real, é interessante implementar técnicas que melhoram a percepção do usuário e a correlação espacial entre objetos físicos e virtuais.

Inserir novas abordagens de ensino na cultura tradicional é um desafio corrente para as aplicações que atuam na área da educação. Verifica-se que algumas aplicações têm feito isso principalmente utilizando dispositivos móveis com acesso à Internet, aproveitando a recente disseminação de uso de tais dispositivos por estudantes. Nesse contexto, os jogos têm sido explorados para abordar hábitos de saúde principalmente para crianças e adolescentes. No entanto, ainda verificam-se limitações de tamanho e capacidade de processamento em tais dispositivos.

Outra preocupação importante consiste em entender o tipo de atividades que os usuários estão realizando quando estão interagindo com as aplicações. As aplicações devem ser projetadas para fornecer *feedback* adequado aos usuários, assegurando que eles conheçam os próximos passos durante a realização das tarefas. As aplicações desenvolvidas para a área de saúde exigem ambientes virtuais realísticos e *feedback* que forneçam ao usuário a sensação de estarem realizando o procedimento como se fosse, de fato, real. Esta afirmação está ligada diretamente em aspectos ergonômicos e o modelo de interação. Projetar aplicações interativas com boa ergonomia e usabilidade é um desafio para a área. Ainda, fornecer ao usuário uma realimentação física de forma

natural e realista, sem o uso de dispositivos hápticos especiais, também é um grande desafio para a Realidade Aumentada.

Outro desafio identificado é a ausência de avaliação das aplicações e a participação efetiva de profissionais da área da saúde no projeto e desenvolvimento das aplicações. Nota-se que há uma necessidade de realizar avaliações e estudos de casos longitudinais para a validação das características gerais das aplicações em termos de eficácia, eficiência e satisfação, não apenas no que diz respeito ao funcionamento do produto e à conformidade com os padrões de usabilidade, mas também acerca das opiniões dos usuários sobre as suas explorações no sistema.

A indústria de jogos eletrônicos está se dedicando cada vez mais ao desenvolvimento de dispositivos não convencionais que permitem a interação natural do usuário com o jogo. Técnicas de Realidade Aumentada têm sido usadas nas mais diversas modalidades de jogos na saúde. No entanto, a escolha e a capacitação da equipe multidisciplinar, além da condução sistemática do desenvolvimento de jogos com Realidade Aumentada aplicada na saúde tem sido um grande desafio para área. Um projeto mal elaborado pode não ser capaz de atrair os jogadores. O uso de marcadores já não é algo inovador e pode inibir a motivação dos jogadores, e os jogos que permitem a interação sem marcadores ainda possuem algumas limitações, sendo assim, a elaboração de novas técnicas de interação e jogabilidade pode ser alvo de pesquisas para a área.

Diversos outros desafios tais como a eliminação de marcadores físicos, que comumente são utilizados em sistemas de rastreamento, a dificuldade na interpretação de sistemas baseados em gestos em ambientes multiusuários ou em condições de má iluminação, e a limitação do sistema de rastreamento que impede movimentos naturais do usuário, também foram identificados nos trabalhos analisados neste artigo.

Soluções para estes e outros problemas são essenciais para a construção de novas abordagens tecnológicas capazes de apoiar de maneira eficiente o ensino em saúde, garantir a segurança ao paciente no momento da intervenção, aperfeiçoar o desenvolvimento de produtos tecnológicos e facilitar a transferência do mesmo para o setor produtivo.

4. Conclusões

As áreas relacionadas à saúde têm sido beneficiadas nos últimos anos com os avanços tecnológicos apresentados pela Realidade Aumentada. Acredita-se que tais avanços propiciaram um recurso ímpar para área. Entretanto, alguns desafios ainda precisam ser explorados. Estes desafios acabam limitando o uso efetivo dessas aplicações na rotina dos profissionais da área da saúde e a transferência dessa tecnologia para o setor produtivo, por outro lado, tais desafios criam oportunidades para a pesquisa e desenvolvimento.

Após a análise, constatou-se que a maioria das aplicações encontradas foi classificada na área de especialização da Fisioterapia e reabilitação. Verificou-se também que mais de 50% dessas aplicações foram desenvolvidas para serem utilizadas para apoiar o tratamento terapêutico em formato de jogos. Apesar dos desafios já mencionados, a prática de utilizar jogos terapêuticos para apoiar a fisioterapia com pacientes já vem sendo usada e tem apresentado bons resultados [Alankus et al. 2011].

Por outro lado, a segunda área de especialização mais alvejada, a área da Radiologia teve a maioria de suas aplicações desenvolvidas com intenção de uso em procedimentos. Por possuir a característica de visualização intrínseca nesta área de especialização, é natural que a Realidade Aumentada seja utilizada para apoiar e melhorar a visualização de ossos, órgãos ou estruturas por meio do uso de radiações, gerando desta maneira a combinação da imagem virtual radiografada com a imagem real que originou os dados.

A maior parte das aplicações que foram classificadas na área de especialização da Anatomia foi desenvolvida com fins educacionais. Ensinar anatomia para os cursos de área da saúde é ao mesmo tempo custoso e desafiador. A educação tradicional é baseada no ensino de estruturas topográficas por meio de desenhos e fotos ou pela dissecação de cadáveres. A Realidade Aumentada é promissora dentro desse ramo do ensino uma vez que é possível visualizar objetos virtuais que representam a anatomia humana sobre o corpo do usuário.

Embora os trabalhos analisados tenham sido desenvolvidos, na maioria, por pesquisadores europeus, recentemente no Brasil, têm surgido vários grupos de pesquisas que têm trabalhado com Realidade Aumentada aplicada à saúde. No âmbito geral, metodologias apropriadas para a avaliação dos produtos gerados e até mesmo a participação de profissionais de saúde para o levantamento de requisitos e o acompanhamento no desenvolvimento dos trabalhos tem sido escassa.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pelo apoio financeiro oferecido por meio do Programa Nacional de Pós Doutorado (PNPD/CAPES). Os autores também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) -- Processo 401745/2013-9 e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia -- Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC), pelo apoio financeiro.

Referências

- Alankus G., Proffitt R., Kelleher C., and Engsberg J. 2011. Stroke Therapy through Motion-Based Games: A Case Study. ACM Trans. Access. Comput. 4, 1, Article 3 (November 2011), 35 pages.
- Azuma, R. T., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre, B. (2001). "Recent Advances in Augmented Reality". IEEE Computer Graphics and Applications, v .21, n.6, p. 34-47. 2001.
- Bichlmeier, C., Heining, S. M., Feuerstein, M. e Navab, N. (2009) "The Virtual Mirror: A New Interaction Paradigm for Augmented Reality Environments," IEEE Trans. Medical Imaging, vol. 28, no. 9, pp. 1498-1510.
- Blum, T., Keeberger, V., Bichlmeier, C., Navab, N. (2012) "Miracle - An Augmented Reality Magic Mirror System for Anatomy Education". IEEE Virtual Reality 2012 (VR), Orange Country, USA, 4 - 8, 2012.
- Delfino, S. R. ; Nunes, F. L. S. Geração de estudos de casos para treinamento médico virtual a partir de técnicas de realidade virtual e processamento de imagens. In:

- WIM2009 - IX Workshop de Informática Médica / XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2009, Bento Gonçalves (RS).
- Galvão, M. A. and Zorzal, E. R. (2013), Augmented Reality Applied to Health Education., In Proceedings of the 2013 XV Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR '13). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 268-271.
- Kirner, C. and Zorzal, E. R. (2005) "Aplicações Educacionais em Ambientes Colaborativos Realidade Aumentada". XVI SBIE2005 - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, UFJF, Juiz de Fora, MG. 2005.
- Kirner, C. e Kirner, T. G. (2007) "Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization". In: El Sheikh, A.A.R.; Al Ajeeli, A.; Abu-Taieh, E.M.O.. (Org.). Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications. 1 ed. Hershey-NY: IGI Publishing, 2007, v. 1, p. 391-419.
- Lamounier Jr, E. A., Bucioli, A. A. B., Cardoso, A., Andrade, A., Soares, A. (2010) "On the Use of Augmented Reality Techniques in Learning and Interpretation of Cardilogic Data", Paper presented at the 32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS, Buenos Aires, Argentina. 2010.
- LearnAR - <http://www.learnar.org>. Acessado em: 11/04/2014.
- Mentis, H. M., O'Hara, K., Sellen, A., Trivedi, R. (2012) "Interaction Proxemics and Image Use in Neurosurgery". Proceeding of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, New York, NY, USA, 927-936, 2012.
- Moreno, M. R.; de Moraes, T. F.; Amorim, P. H. J.; da Silva, J. V. L. and Rodriguez, C. A. Virtual Open Source environment for training and Simulation of Laparoscopic Surgery. XII Workshop de Informática Médica (WIM'2012) – XXXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2012, Curitiba-PR. v. 1. p. 1-4.
- Navab, N., Blum, T., Wang, L., Okur, A. e Wendler, T., (2012) "First Deployments of Augmented Reality in Operating Rooms," Computer, vol. 45, no. 7, pp. 48-55, July.
- Nunes, F. L. S.; Costa, R.; Machado, L.; Moraes, R. (2011) Realidade Virtual para Saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica 27(4): 243-258.
- Sielhorst, T., Feuerstein, M. e Navab, N. (2008) "Advanced Medical Displays: A Literature Review of Augmented Reality". J. Display Technology. vol 4, no 4., pp. 451-467.
- Sutherland, C.; Hashtrudi-Zaad, K.; Sellens, R.; Abolmaesumi, P.; Mousavi, P., (2013) "An Augmented Reality Haptic Training Simulator for Spinal Needle Procedures," Biomedical Engineering, IEEE Transactions on , vol.60, no.11, pp.3009,3018, Nov. 2013.
- Vandermaesen, M., De Weyer, T., Luyten, K., e Coninx, K. (2014). "PhysiCube: providing tangible interaction in a pervasive upper-limb rehabilitation system.". In Proceedings of the 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI '14). ACM, New York, NY, USA, 85-92.