

ARTIGO

INOVAÇÕES EDUCACIONAIS COM O USO DA REALIDADE AUMENTADA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

LUANA MONIQUE DELGADO LOPES^{1*}

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1334-8754>

KAJIANA NUERNBERG SARTOR VIDOTTO^{II**}

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3211-1381>

ELIANE POZZEBON^{III*}

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4237-6589>

HELIO AISENBERG FERENHOF^{III**}

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5167-0838>

RESUMO: Mediar os processos de ensino e aprendizagem não é tarefa fácil. No contexto educacional, existem muitos casos de sucesso aliando Tecnologias da Informação e Comunicação a esta prática. Uma destas tecnologias, a Realidade Aumentada (RA), pode promover melhorias no compartilhamento de conhecimentos entre alunos e professores. Assim, este artigo objetiva verificar de que forma a RA vem sendo utilizada na educação, por meio de uma revisão sistemática da literatura sobre seu

¹Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Osório, RS, Brasil.

^{II}Instituto Federal de Santa Catarina, Criciúma, SC, Brasil.

^{III}Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, SC, Brasil.

* Bacharel em Biblioteconomia pela Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Bibliotecária do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus Osório. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC) da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Campus Araranguá. Membro do Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC) – UFSC. E-mail: <luanamonique@gmail.com>.

** Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, Tubarão/SC. Docente substituta do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Criciúma. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC) da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Campus Araranguá. Membro do Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC) – UFSC. E-mail: <kajianansartor@gmail.com>.

*** Doutora em Engenharia Elétrica com ênfase em Automação e Sistemas na Universidade Federal de Santa Catarina. Docente do Departamento de Computação da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Campus Araranguá. Grupo de Pesquisa em Conexionismo e Ciências Cognitivas. Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC) – UFSC. E-mail: <eliane.pozzebon@ufsc.br>.

**** Doutor em Engenharia de Produção - PPGE - UFSC. Professor Visitante do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC), da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Campus Araranguá. Laboratório de Experimentação Remota (Rexlab) – UFSC. E-mail: <helio.ferenhof@ufsc.br>.

uso neste âmbito. Com base nos resultados, percebe-se que o principal impulsionador para o uso da RA é auxiliar na compreensão dos conteúdos ensinados, bem como na motivação dos estudantes. Como barreira, sobressai a dificuldade no desenvolvimento das atividades utilizando RA, por parte dos professores. O uso de dispositivos móveis, aplicação de RA a livros, uso de jogos com RA e o ensino de Engenharia Civil, Arquitetura, Design e Ciências da Saúde são alguns destaques das descobertas da revisão.

Palavras chave: Realidade Aumentada. Inovação Educacional. Tecnologias Educacionais.

EDUCATIONAL INNOVATIONS USING AUGMENTED REALITY: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT: The teaching-learning mediation process is not an easy task. In the educational context, many successful cases are linking Information and Communication Technologies to teaching-learning processes. One of these technologies, Augmented Reality (AR), can facilitate an improvement of knowledge sharing processes between students and lecturers. Thus, this article aims to verify how RA has been used in education, through a systematic review of the literature about its use in this field. Based on the results, it can be seen that the main booster for the use of RA is to help in the understanding of the contents taught, as well as in the motivation of the students. As a barrier, the difficulties in the development of activities using AR by the teachers stands out. The use of mobile devices, application of RA to books, use of games with AR and the teaching of Civil Engineering, Architecture, Design and Health Sciences through AR are some highlights of the findings in this review.

Keywords: Augmented Reality. Educational Innovation. Educational Technologies.

INTRODUÇÃO

Com o surgimento das TICs tem-se vislumbrado mudanças e progressos nos métodos tradicionais de ensino. O uso das tecnologias tem possibilitado um aprendizado mais significativo, modificando a forma como o conhecimento é compartilhado entre professores e alunos na sala de aula (PRENSKY, 2012).

Segundo estudiosos do uso das tecnologias em educação (MATIAR, 2010; KENSKI, 2012; CARVALHO; IVANOFF, 2014), os recursos digitais podem facilitar de várias maneiras os processos de ensino e aprendizagem. Em uma aula que seria basicamente expositiva, estes recursos são capazes de ajudar o professor a construir conceitos e compartilhar conhecimentos, criando um ambiente mais dinâmico e interativo para todos os envolvidos.

Muitos são os casos de sucesso que vêm aliando as TICs aos processos de ensino e aprendizagem. Entretanto, a escola parece não acompanhar os alunos em relação à utilização da tecnologia, ficando à margem da vida altamente tecnológica que o aluno tem fora da escola (VEEN; VRAKKING, 2009). Para Prensky (2012), os alunos do século XXI, são muito diferentes daqueles alunos para os quais o modelo escolar predominante foi criado. Assim, o uso das novas TICs pode ser um aliado importante para motivar os alunos nos processos educativos, como a construção da aprendizagem.

Dentre estas novas TICs, a realidade aumentada vem despontando como uma das mais promissoras em publicações e eventos científicos, tendo um grande potencial de utilização no âmbito educacional (HAMILTON, 2011). Segundo Tori, Kirner e Siscouto (2006, p. 25), uma das definições pode ser conceituada como “[...] o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real.” Assim, este trabalho buscou se alicerçar na revisão sistemática para analisar publicações sobre o tema, compreendendo de que maneira esta tecnologia vem sendo utilizada no contexto educacional. Analisando as publicações levantadas na revisão, buscamos responder os seguintes questionamentos que nortearam a pesquisa: (a) Quais as práticas consideradas inovadoras de uso de tecnologias de realidade aumentada estão sendo aplicadas à educação? (b) Quais as principais barreiras e quais os impulsionadores para utilização da RA na educação? (c) Em quais áreas do conhecimento existem mais aplicações? (d) Que tipo de resultados têm sido observados com a utilização da RA na educação?

Desta forma, o presente trabalho tem por intuito reunir e analisar referências existentes sobre o tema, observando modos de aplicação da RA na educação, possibilitando maior familiaridade com o assunto, servindo de embasamento para estudos e práticas futuras dos pesquisadores com o uso da realidade aumentada no contexto educacional.

REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho toma base em três conceitos: Inovação na Educação, Realidade Aumentada, Realidade Aumentada na Educação. Estes serão, em primeiro lugar, esclarecidos e, em seguida, utilizados como lente de análise para responder às questões de pesquisa levantadas.

INOVAÇÃO NA EDUCAÇÃO

A sociedade moderna vive de forma conectada, o que vem gerando grandes mudanças no compartilhamento de informações e

nos modos de relacionamento entre os indivíduos (LEVY, 2008), além de permitir maior e mais rápido avanço dos recursos tecnológicos. O desenvolvimento das TICs, por sua vez, tem gerado transformações em várias atividades humanas e áreas do conhecimento, sendo a educação uma das áreas com grande potencial para implantação e para a geração de inovações. Neste sentido, a escola deve acompanhar o avanço das TIC e implementá-las conforme possível em seus fazeres visando inovar suas práticas, pois

a escola deve integrar as Tecnologias de Informação e Comunicação – TICs porque elas estão presentes e influentes em todas as esferas da vida social, cabendo à escola, especialmente à escola pública, atuar no sentido de compensar as terríveis desigualdades sociais e regionais que o acesso desigual a estas máquinas está gerando (BELLONI, 2005, p.10).

De acordo com o Manual de Oslo, uma inovação pode ser compreendida como a implementação de um novo bem ou serviço; um novo produto ou processo, entre outras definições (OCDE, 2005). Trazendo o conceito de inovação para o âmbito educacional, as transformações na organização da escola, nos métodos de ensino-aprendizagem e uso de TICs em sala de aula, são somente alguns exemplos de inovação possíveis.

Assim, este artigo buscou analisar de que forma a realidade aumentada vem sendo utilizada na educação como um recurso inovador, com vistas a disseminar experiências de como promover transformações nos modos de ensinar e aprender por meio do uso desta tecnologia.

REALIDADE AUMENTADA

Para Tori, Kirner e Siscouto (2006), desde as civilizações mais primitivas, o ser humano se mostrou interessado em promover representações da realidade, seja através de pinturas, cinema, teatro ou outras expressões. Com o uso do computador, estas representações passaram a ocorrer de forma virtual, através de recursos multimídia como vídeos, jogos, animações, etc.

Com a evolução dos recursos computacionais, as expressões da realidade começaram a acontecer “para além da tela do monitor”, quando o ser humano passou a agregar componentes virtuais ao mundo real, o que podemos entender como a utilização da realidade aumentada (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006).

A realidade aumentada serve para complementar o mundo real com componentes virtuais (gerados por computador), fazendo objetos físicos reais e objetos virtuais coexistirem no mesmo espaço do mundo real (AZUMA, 2001).

Ainda segundo Azuma (2001), um sistema de realidade aumentada deve ter três propriedades: combinar objetos reais e virtuais no ambiente real; ser interativo em tempo real e alinhar objetos reais e virtuais uns com os outros, colocando-os no mesmo plano.

Desse modo, podemos dizer que a realidade aumentada é um sistema complementar ao mundo real, adicionando componentes virtuais, como sons, imagens e vídeos a objetos reais, enriquecendo a experiência do usuário com aquele ambiente e/ou objeto real por meio de ferramentas tecnológicas, como tablets e smartphones (KIRNER, 2011).

Neste sentido, a RA enquanto elemento complementar do mundo real é uma forma de adicionar elementos virtuais que contribuirão para a aprendizagem e compreensão de elementos da realidade, podendo trazer benefícios às mais diversas áreas do conhecimento, dentre elas, a educação, por sua amplitude de possibilidades de aplicação.

REALIDADE AUMENTADA NA EDUCAÇÃO

A realidade aumentada vem sendo bastante utilizada como recurso tecnológico em ambientes educacionais. Diversos estudos comprovam que sua utilização traz contribuições para a percepção e motivação dos usuários em diversas atividades no contexto educacional, auxiliando na aprendizagem em diversas áreas do conhecimento (AYER; MESSNER; ANUMBA, 2016; MANRIQUE-JUAN, C. *et al.*, 2017.).

O alto nível de interatividade proporcionado pela realidade aumentada acarreta aprimoramento do aprendizado, além de permitir mais engajamento dos estudantes, principalmente quando envolvidos na criação de seus próprios projetos utilizando RA. Outro benefício é o fato de permitir experiências dentro e fora da sala de aula, estimulando os alunos a interagirem e explorarem os ambientes, aprendendo a trabalhar colaborativamente na resolução de seus problemas (BILLINGHURST; DUENSER, 2012).

METODOLOGIA

A fim de compreender o uso de realidade aumentada na educação, bem como responder as questões de pesquisas levantadas, tomou-se base na revisão sistemática de literatura (RSL) e da análise bibliométrica. A RSL tem por finalidade pesquisar a literatura sobre um tema específico, disponibilizando um resumo das evidências encontradas com relação a um assunto específico, organizando e explicitando de forma sistemática o modo como foram feitas as buscas, análise e sínteses das publicações recuperadas (SAMPAIO; MANCINI, 2007).

Esta revisão sistemática foi realizada no dia 8 do mês de novembro de 2017 e para a sua execução foi adotado o método Systematic Search Flow (SSF) desenvolvido por Ferenhof e Fernandes (2016), ao qual segundo estes autores, se utiliza de buscas em bases de dados a fim de permitir a replicação das pesquisas com mais facilidade, evitando possíveis vieses de pesquisadores na escolha de artigos através de métodos exploratórios, que é uma desvantagem encontrada em outros métodos de revisão de literatura, tais como revisão narrativa. O SSF, trata-se de um método não aleatório ou exploratório, pois segue um procedimento metodológico rigoroso que garante repetibilidade da pesquisa, minimizando tendências de pesquisadores que possam ocorrer derivadas da escolha de documentos aleatórios (FERENHOF; FERNANDES, 2016).

A metodologia SSF é composta por quatro fases. A primeira fase visa à elaboração do protocolo de pesquisa. Esta fase é composta por cinco atividades, compreendendo: 1) definição da estratégia de busca; 2) consultas nas bases de dados; 3) organização do portfólio; 4) definição dos critérios de seleção dos documentos; e 5) composição do portfólio bibliográfico. Na fase dois (atividade seis), o pesquisador parte para a consolidação dos dados apurados na primeira fase, buscando esmiuçar os resultados obtidos, analisando as publicações bibliometricamente. A terceira fase (atividade sete), destina-se a sintetizar e organizar os dados e conhecimentos mais relevantes obtidos com a análise dos documentos. A quarta e última fase, se refere à consolidação dos dados, encerrando-se com a atividade 8 que é a redação do trabalho (FERENHOF; FERNANDES, 2016). Destaca-se que este trabalho seguiu as 4 fases e 8 atividades do método SSF, resultando nos resultados apresentados e discutidos a seguir.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A fase 1 do método SSF compreende quatro atividades que compõem o protocolo de pesquisa, conforme detalhada na sequência (Quadro 1).

QUADRO 1. Protocolo de pesquisa

Fase 1 - Definição do Protocolo de Pesquisa	
<p>Atividade 1 Estratégia de busca</p>	<p>A estratégia de busca elaborada utilizou os termos em inglês “<i>innovation</i>”, “<i>augmented reality</i>” e “<i>education</i>”.</p> <p>A fim de recuperar palavras que começassem com o radical innov, foram utilizadas na elaboração da busca as aspas e o asterisco, de maneira a recuperar palavras como innovate, innovation, innovating.</p> <p>Além disso, como o intuito da busca foi encontrar resultados relacionados à inovação no uso da realidade aumentada no contexto educacional, utilizou-se as aspas pesquisando o termo exato “education”. Para combinar os três termos, foi utilizado o operador booleano “AND”.</p> <p>Como critério de inclusão e exclusão, adotou-se:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Selecionar artigos que contivessem, no título, <i>abstract</i>, nas palavras-chave ou no corpo do texto, os termos desta pesquisa. 2. Artigos com <i>fulltext</i> disponíveis por meio do acesso CAPES, Download pelo Google®, Google Scholar®, Microsoft Academic Search® ou enviados diretamente pelos autores. 3. Língua: inglês, espanhol e português.
<p>Atividade 2 Consulta em bases de dados</p>	<p>As bases de dados escolhidas foram a <i>Scopus</i>, <i>Web of Science</i> e <i>IEEE</i>.</p> <p>As <i>queries</i> de pesquisa foram montadas em cada base, conforme descrito abaixo, de maneira a recuperar os termos selecionados nos campos de título, resumo e palavras-chave.</p> <p>Scopus: TITLE-ABS-KEY (“<i>innov*</i>”) AND (“<i>augmented reality</i>”) AND (“<i>education</i>”). Foram recuperados 42 documentos.</p> <p>Web of Science: TS=(“<i>innov*</i>”) AND (“<i>augmented reality</i>”) AND (“<i>education</i>”). 47 resultados foram obtidos.</p> <p>IEEE: <i>Advanced search > Metadata and full text:</i> (“<i>innov*</i>”) AND “<i>augmented reality</i>”) AND “<i>education</i>”). Foram encontrados 80 documentos como resultado.</p> <p>Não foram utilizados outros filtros nas bases de dados, como tipo ou ano de publicação, buscando recuperar o maior número de resultados possível.</p>

Atividade 3 Organização das bibliografias	Para a organização das bibliografias, foi utilizado o software de gerenciamento de referências EndNote®, pois possui ferramenta de detecção de registros duplicados mais eficiente quando comparada a de outros gerenciadores.
Atividade 4 Seleção padronizada dos artigos	Esta fase compreendeu a leitura dos títulos, resumos (abstract) e palavras-chave de cada um dos artigos, tendo sido selecionados aqueles que contivessem aderência ao tema de pesquisa. Ao realizar esta filtragem, restaram 58 artigos. Uma segunda filtragem foi realizada, visando manter somente documentos aos quais se conseguiu acesso ao texto integral de forma gratuita. Assim, nesta etapa chegamos ao número de 49 artigos.
Atividade 5 Composição do portfólio	Nesta atividade, os artigos foram lidos na íntegra de forma a realizar um novo filtro, evitando que publicações desalinhadas ao objetivo da pesquisa compusessem o portfólio final. Nesta fase, foram eliminados 5 artigos, chegando ao total de 44 artigos no portfólio final.

Fonte: Dados da pesquisa.

As atividades realizadas resultam no portfólio final e o número de documentos recuperados em cada etapa pode ser verificado no quadro 2.

QUADRO 2. Atividades e número de documentos recuperados

Atividade	Número de documentos
Busca nas bases	169 (80 resultados na IEEE, 42 na <i>Scopus</i> e 47 na <i>Web of Science</i>)
Excluindo documentos duplicados	143
Primeiro filtro (Leitura dos títulos, resumos e palavras-chave)	58
Texto completo recuperado automaticamente pelo software de gestão de referências EndNote®	13 PDF e 10 URLs
Texto completo de acordo com os critérios de inclusão e exclusão	26
Total de documentos disponíveis, lidos integralmente	49
Portfólio final	44

Fonte: Dados da pesquisa.

A fase 2 (atividade 6) compreende a etapa de análise dos documentos selecionados para compor o portfólio bibliográfico final. Para auxiliar nesta etapa, os dados das publicações foram exportados do software de gerenciamento bibliográfico para o formato de planilha, resultando, desta forma, no que Ferenhof e Fernandes (2016) chamaram de Matriz do Conhecimento, planilha que também auxilia na fase de síntese (atividade 7).

Utilizando a matriz do conhecimento, foi possível extrair os principais dados que se buscava com a realização da revisão sistemática, como as principais barreiras, impulsionadores e resultados obtidos nos estudos analisados. Além disso, também foi possível extrair, de maneira mais prática, alguns dados bibliométricos interessantes para a pesquisa.

Neste sentido, foi possível constatar que foram recuperadas publicações do período compreendido entre os anos de 2002 a 2017, destacando-se o ano de 2017 que apresenta 17 publicações, correspondendo a mais de 34% dos trabalhos encontrados. Destes 17 artigos, nove são de pesquisadores oriundos de instituições espanholas, destacando-se as Universidades de Málaga e de Sevilha, com duas publicações cada uma. Ainda que a data de publicação, não reflita o ano exato de produção das pesquisas, este achado denota a atualidade do assunto e nos leva a compreender que os estudos sobre ele vêm sendo feitos mais intensamente do que em anos anteriores, assim como demonstra interesse dos pesquisadores espanhóis sobre o tema, no período.

Além disso, verificou-se que não há grande destaque de periódico que mais tenha publicado sobre o assunto, tendo sido o número máximo de publicações por periódico, o quantitativo de 2 documentos publicados pelas revistas *Aula de Encuentro*, *Edmetic*, *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, *Internacional Journal of Engineering Education* e pelo periódico *Tech Trends*.

Conforme explicitado anteriormente, a elaboração da Matriz do Conhecimento com o uso do modelo criado por Ferenhof e Fernandes (2016) permitiu a extração dos dados que se desejava obter, com a intenção de responder as perguntas elencadas como norteadoras desta revisão sistemática.

Após a leitura dos artigos, extração dos dados principais, e agrupamento por assuntos similares, foram criadas seis categorias de classificação temática onde os artigos ficaram enquadrados para análise e discussão, a saber: (1) RA por meio de dispositivos móveis, (2) Aprendizagem por meio de jogos com RA, (3) Livros com RA embutida, (4) RA no ensino das Ciências da Saúde, (5) Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio de RA, (6) Propostas de uso da RA aplicáveis a diversas áreas do conhecimento.

O portfólio final contendo todos os artigos selecionados e a qual categoria ficaram vinculados pode ser visualizado no quadro 3.

QUADRO 3. Portfólio final

	Autores	Ano	Título	Temática
1	Ayer, S. K.; Messner, J. I.; Anumba, C. J.	2016	<i>Augmented Reality Gaming in Sustainable Design Education</i>	Aprendizagem por meio de jogos com realidade aumentada Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA
2	Barma, S. <i>et al.</i>	2015	<i>Observation and analysis of a classroom teaching and learning practice based on augmented reality and serious games on mobile platforms</i>	Aprendizagem por meio de jogos com realidade aumentada
3	Behzadan, A. H.; Kamat, V. R.	2013	<i>Enabling discovery-based learning in construction using telepresent augmented reality</i>	Livros com realidade aumentada embutida Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA
4	Cadavie- co, J. F.; Vazquez-Ca- no, E.	2017	<i>Possibilities of using geoloca- tion and augmented reality in education</i>	Realidade Aumentada por meio de dispositi- vos móveis
5	Chatzopou- los, D. <i>et al.</i>	2017	<i>Mobile Augmented Reality Survey: From Where We Are to Where We Go</i>	Realidade Aumentada por meio de dispositi- vos móveis
6	Chen, J.	2014	<i>Mobile learning based on augmented reality</i>	Realidade Aumentada por meio de dispositi- vos móveis

7	Chen, R.; Wang, X.	2008	<i>An Empirical Study on Tangible Augmented Reality Learning Space for Design Skill Transfer</i>	Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA
8	Cochrane, T. et al.	2014	<i>Riding the wave of BYOD: Developing a framework for creative pedagogies</i>	Realidade Aumentada por meio de dispositivos móveis
9	Espejo-Trung, L. C.; Elian, S. N.; Luz, M. A. A. C.	2015	<i>Development and application of a new learning object for teaching operative dentistry using augmented reality</i>	Livros com realidade aumentada embutida Realidade aumentada no ensino das Ciências da Saúde
10	Exposito, E. O.; Fuentes, E. M.; Martínez, J. J. R.	2017	<i>LKT implementation in a CLIL classroom: an innovative experience in primary education</i>	Realidade Aumentada por meio de dispositivos móveis
11	Fombona, J.; Pascual-Sevillano e Gonzalez-Videgaray	2017	<i>M-learning and augmented reality: A review of the scientific literature on the WoS repositor</i>	Realidade aumentada por meio de dispositivos móveis
12	Fonseca, D., Redondo, E., Villagrana, S.	2015	<i>Mixed-methods research: a new approach to evaluating the motivation and satisfaction of university students using advanced visual Technologies</i>	Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA
13	Fonseca, D. et al.	2015	<i>Assessment of Augmented Visualization Methods in Multimedia Engineering Education</i>	Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA

14	Foronda, C. L. <i>et al.</i>	2017	<i>Virtually Nursing Emerging Technologies in Nursing Education</i>	Realidade aumentada no ensino das Ciências da Saúde
15	Freudenthal, A. <i>et al.</i>	2011	<i>Collaborative co-design of emerging multi-technologies for surgery</i>	Realidade aumentada no ensino das Ciências da Saúde
16	Gutiérrez, J. M.; Fernández, M. D. M.	2014	<i>Applying augmented reality in engineering education to improve academic performance & student motivation</i>	Livros com realidade aumentada embutida Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA
17	Klopfer, E.; Squire, K.	2008	<i>Environmental Detectives - the development of an augmented reality platform for environmental simulations</i>	Aprendizagem por meio de jogos com realidade aumentada
18	Kumar, A.; Smith, R.; Patel, V. R.	2015	<i>Current status of robotic simulators in acquisition of robotic surgical skills</i>	Realidade aumentada no ensino das Ciências da Saúde
19	Lee, K.	2012	<i>Augmented Reality in Education and Training</i>	Realidade Aumentada por meio de dispositivos móveis
20	Liu, Y. C. <i>et al.</i>	2016	<i>Innovation-supporting tools for novice designers: Converting existing artifacts and transforming new concepts</i>	Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA

21	Maamar, H. R.; Boukerche, A. e Petriu, E. M.	2012	<i>3-D Streaming Supplying Partner Protocols for Mobile Collaborative Exergaming for Health</i>	Realidade aumentada no ensino das Ciências da Saúde
22	Manrique-Juan, C. et al.	2017	<i>A Portable Augmented-Reality Anatomy Learning System Using a Depth Camera in Real Time</i>	Realidade aumentada no ensino das Ciências da Saúde
23	Martin, J. et al.	2014	<i>Participatory Scaling Through Augmented Reality Learning Through Local Games</i>	Aprendizagem por meio de jogos com realidade aumentada
24	Martinez, N. M. M. e Olivencia, J. J. L.	2017	<i>Formative experiences in the educational use of augmented reality with students of primary education degree at the University of Malaga</i>	Realidade aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento
25	Martinez, N. M. M.; Olivencia, J. J. L. e Meneeses, E. L.	2016	<i>A formative experience in reality augmented with students of master's in secondary education teacher training at the University of Malaga</i>	Realidade aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento
26	Martinez, N. M. M.; Olivencia, J. J. L. e Terrón, A. M.	2016	<i>Mobile learning, Gamification and Augmented Reality for the teaching and learning of languages</i>	Realidade aumentada por meio de dispositivos móveis

27	Martinez, N. M. M.; Olivencia, J. J. L. e Menezes, E. L.	2016	<i>Robotics, 3D modeling and augmented reality in education for development of multiple intelligences</i>	Realidade aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento
28	Martin-Gutierrez, J. et al.	2017	<i>Virtual Technologies Trends in Education</i>	Realidade aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento
29	Morales, P. T. e Garcia, J. M. S.	2017	<i>Augmented Reality in Primary Education: effects on learning</i>	Realidade aumentada por meio de dispositivos móveis
30	Delgado, I. N. e Escudero, D.F.	2017	<i>New visualization technologies to improve the representation of architecture in education</i>	Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA
31	Noor, A. K.	2013	<i>Envisioning engineering education and practice in the coming intelligence convergence era - A complex adaptive systems approach</i>	Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA
32	Pelargos, P. E. et al.	2017	<i>Utilizing virtual and augmented reality for educational and clinical enhancements in neurosurgery</i>	Realidade aumentada no ensino das Ciências da Saúde
33	Pérez-Sanagustín, M. et al.	2014	<i>Augmenting Reality and Formality of Informal and Non-Formal Settings to Enhance Blended Learning</i>	Realidade Aumentada por meio de dispositivos móveis
34	Ramírez-Juidías, E. et al.	2017	<i>Developing experimental learning in a graphical course using thurstone's law of comparative judgment</i>	Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA

35	Robles, B. F.	2017	<i>Factors that influence the use and acceptance of learning objects of augmented reality in university studies of Primary Education</i>	Realidade aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento
36	Rolland, J. et al.	2002	<i>3D visualization and imaging in distributed collaborative environments</i>	Realidade aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento
37	Salinas, P. e Gonzalez-Mendivil, E.	2017	<i>Augmented reality and solids of revolution</i>	Realidade aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento
38	Sanchez, J. J. M.; Ruiz, A. B. M. e Olmos, M. A.	2017	<i>Augmented Reality (AR). Resources and proposals for teaching innovation</i>	Realidade aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento
39	Sandanayake, T. C.	2016	<i>Upcoming trends in virtual learning to enhance technology based learning</i>	Realidade aumentada aplicável a diversas áreas do conhecimento
40	Smith, M. L. e Foley, M. R.	2016	<i>Transforming clinical education in obstetrics and gynecology</i>	Realidade aumentada no ensino das Ciências da Saúde
41	Sotiriou, S.A. e Bogner, F. X.	2008	<i>Visualizing the Invisible: Augmented Reality as an Innovative Science Education Scheme</i>	Realidade aumentada por meio de dispositivos móveis

42	Stoyanova, D.; Kafadarova, F. e Stoyanova-Petrova, S.	2015	<i>Enhancing elementary student learning in natural sciences through mobile augmented reality technology</i>	Realidade aumentada por meio de dispositivos móveis Livros com realidade aumentada embutida
43	Suarez-Warden, F. e Barrera, S.	2017	<i>Communicative Learning Aided by AR for Activity with Students within a Group HCI</i>	Realidade aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento
44	Wang <i>et al.</i>	2012	<i>Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools</i>	Aprendizagem por meio de jogos com realidade aumentada

Fonte: Dados da pesquisa.

OBSERVAÇÕES GERAIS

A partir da análise dos artigos do portfólio final foi possível perceber algumas tendências sobre a utilização da RA em contexto educacional, tendo se destacado o uso da realidade aumentada por meio de dispositivos móveis e aplicações voltadas para as áreas de Engenharia, Arquitetura, Design e Ciências da Saúde.

PRÁTICAS INOVADORAS DE USO DA RA NA EDUCAÇÃO

Alguns artigos encontrados nesta pesquisa trataram de estudos teóricos ou revisões sobre o uso da realidade aumentada na educação como prática inovadora, explicando o funcionamento e exemplificando aplicações da tecnologia no contexto educacional (SANDANAYAKE, 2016; SÁNCHEZ; RUIZ; OLMOS, 2017).

Dado que o foco principal da revisão foi investigar de que forma a RA vem sendo utilizada na educação, a fim de elencar métodos inovadores de sua aplicação no contexto educacional, cabe o relato descritivo dos artigos encontrados, que optamos por separar por temática envolvida, sendo que alguns artigos apontam várias das temáticas concomitantemente.

Realidade Aumentada por meio de dispositivos móveis

Vários artigos apresentaram análises, pesquisas, *frameworks* ou revisões teóricas sobre o uso da Realidade Aumentada na educação, principalmente por meio de dispositivos móveis aplicada à educação (LEE, 2012; CHEN, 2014; COCHRANE, 2014; PÉREZ-SANAGUSTÍN, M. *et al.*, 2014; STOYANOVA, D.; KAFADAROVA, F.; STOYANOVA-PETROVA, S., 2015; MARTINEZ, N. M. M.; OLIVENCIA, J. J. L.; TERRÓN, A. M., 2016; CADAVIECO, J. F.; VAZQUEZ-CANO, E., 2017; CHATZOPOULOS, D. *et al.*, 2017; EXPÓSITO; FUENTES; MARTÍNEZ, 2017; FOMBONA; PASCUAL-SEVILLANO; GONZÁLEZ-VIDEGARAY, 2017; MORALES, P. T.; GARCIA, J. M. S., 2017).

Sobressai nos estudos o fato de que a maioria dos alunos possui dispositivos compatíveis com o uso da RA, o que facilitaria seu uso em sala de aula, inclusive utilizando-se a metodologia BYOD (“Bring your own device” - Traga seu próprio dispositivo) na qual o aluno utiliza o próprio dispositivo, não onerando a escola neste sentido. Além disso, um grande impulsionador de destaque nos trabalhos é o alto impacto motivacional que o uso da RA tem sobre os jovens, além dos professores também reconhecerem o potencial didático que os recursos com RA por meio de dispositivos móveis possuem.

O artigo de Expósito, Fuentes e Martínez (2017) relata uma experiência de ensino bilíngue de ciências naturais, mais especificamente o conteúdo de classificação dos seres vivos, por meio de várias tecnologias, dentre elas a realidade aumentada. O principal *constructo* teórico obtido com este trabalho foi a conceitualização das TIC de duas maneiras diversas, por meio de dois acrônimos que segundo os autores vêm sendo amplamente utilizados. Um deles é o TAC (*Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento*), que pode ser definida como o “uso curricular e organizacional de tecnologias, colocando a ênfase nas tarefas de aprendizagem e gerando novos conhecimentos” O segundo acrônimo é TEP (*Technologies for Empowerment and Participation*) que se refere ao “uso apropriado dessas tecnologias, mas de maneira participativa e colaborativa entre os membros de uma comunidade” (VIVANCOS (2015) *apud* EXPÓSITO; FUENTES E MARTÍNEZ (2015, p. 147)). Como são formas ainda pouco utilizadas de se referir às TICs, consideramos importante citá-las neste artigo.

A revisão de Chatzopoulos *et al.* (2017), por sua vez, é uma das que elencam mais barreiras para o uso da RA por meio de dispositivos móveis, a saber:

- Possíveis dificuldades na usabilidade dos recursos de RA por alunos e professores e integração ineficaz entre estudantes e professores com o uso da tecnologia;
- Limitações tecnológicas (dispositivos que não são compatíveis); alto consumo de bateria com o uso das aplicações, pois muitas vezes usam câmera, internet e GPS ao mesmo tempo;
- Dificuldade de algumas aplicações no uso mais amplo em ambientes livres, sem uso de marcadores;
- Aceitação social (a exemplo do *Pokemon Go*,¹ que muitas pessoas eram contrárias e criticavam os jogadores);
- Muitas aplicações são protótipos ou iniciais, devendo os proponentes tomar cuidado para não ocasionar uma má visão da realidade aumentada, por desenvolverem aplicações inadequadas;
- Requisitos de rede para acessar os objetos virtuais;
- Problemas de segurança e privacidade, pois com o uso da RA podem ser geradas várias fontes potenciais de invasão, incluindo identificação pessoal, rastreamento de localização e armazenamento de dados privados.

Ainda com destaque para o uso dos dispositivos móveis, o artigo de Martinez, Olivencia e Terrón (2016) demonstra o uso destes dispositivos, com estratégias de gamificação e utilizando realidade aumentada para o ensino de idiomas. Os autores sugerem diferentes opções de softwares, plataformas, redes sociais, entre outros, para serem utilizados no processo de ensino-aprendizagem contribuindo de forma significativa, construtiva e ativa.

No que se refere ao ensino de ciências sociais para alunos do 6º ano, os autores Morales e Garcia (2017) analisaram, durante cinco semanas, uma atividade com o tema Máquinas e Estruturas, em que uma turma utilizou o recurso da realidade aumentada e outra turma, não. O material didático de RA foi desenvolvido pelos professores utilizando os softwares Vuforia, Aumentaty Author e Viewer. Como resultado dessa análise, percebeu-se que os alunos que utilizaram RA tiveram melhora significativa no processo de aprendizagem e no desenvolvimento de conhecimentos em relação aos alunos que não utilizaram o recurso.

Outro relato interessante sobre a utilização da realidade aumentada em dispositivos móveis foi o artigo de Pérez-Sanagustín *et al.* (2014) que transformaram as atividades de campo tradicionais

em atividades interativas e estruturadas enriquecendo a experiência e combinando diferentes mídias. As atividades realizadas foram: Descobrimo o *Campus* e Descobrimo Barcelona. Como resultado desse estudo, apontam possibilidades de combinações de tecnologias, como realidade aumentada e geolocalização, além de identificarem direções para avançar a tecnologia e o design de atividades para ambientes formais e não formais para aprimorar a aprendizagem combinada.

No artigo de Sotiriou, e Bogner (2008), os autores descrevem uma abordagem inovadora que foi chamada de CONNECT. Essa abordagem visa ultrapassar os limites da escola, promovendo interação com um museu de ciências; o tema estudado foi um fenômeno da física, a fricção. No trabalho, foi detalhado passo a passo de implementação da atividade com a plataforma CONNECT e a realidade aumentada. A realização das atividades propostas influencia positivamente a motivação dos alunos, bem como a aprendizagem cognitiva.

Aprendizagem por meio de jogos com realidade aumentada

Outra linha de estudos e aplicações da RA na educação é a utilização de jogos com a tecnologia de realidade aumentada. Vários autores apontam que a combinação das tecnologias de jogos e realidade aumentada favorece a motivação dos alunos para o aprendizado (KLOPFER; SQUIRE (2008); MARTIN *et al.* (2014) e BARMA *et al.* (2015)).

O trabalho de Ayer, Messner e Anumba (2016) apresenta um estudo comparativo realizado com estudantes de engenharia civil e arquitetura. Um grupo de estudantes utilizou um jogo com realidade aumentada desenvolvido pelos autores (EcoCampus) para realizar uma tarefa de elaboração de um projeto de design sustentável. O segundo grupo recebeu apenas folhas de papel e o terceiro recebeu em papel algo semelhante ao EcoCampus. Concluiu-se que os estudantes que utilizaram o EcoCampus foram capazes de usar o jogo para avaliar os próprios projetos e também foram capazes de ir além do que foi solicitado na tarefa, gerando ideias adicionais e obtendo um melhor desempenho geral, quando comparados aos alunos que realizaram a atividade no papel.

O artigo de Barma *et al.* (2015), trata da utilização de um jogo sério com base em realidade aumentada para ensino da disciplina de Física no ensino superior. O jogo criado envolve a resolução de um mistério usando um simulador que mostra o comportamento de partículas carregadas movendo-se em campos elétricos e magnéticos.

Wang *et al.* (2012) apresentam o GARLIS (*game-based augmented reality library instruction system*), um jogo com realidade aumentada

criado para treinar os usuários para o uso dos recursos e serviços de uma biblioteca. O estudo se destaca pois é o único a utilizar realidade aumentada em outros ambientes da escola, para além da sala de aula. Na pesquisa realizada com os usuários do jogo, a conclusão foi de que o treinamento fornecido pelo jogo foi tão eficiente quanto o fornecido pelo bibliotecário.

O artigo de Klopfer e Squire (2008) descreve o processo de desenvolvimento de um jogo com realidade aumentada desde a fase de concepção até a aplicação em cinco estudos de caso que apresentam. O jogo desenvolvido “*Environmental detectives*” teve por objetivo desenvolver habilidades de investigação nos alunos, como coleta de dados, análise, criação de relatórios, além de promover a resolução de problemas com o uso dos conhecimentos de química e biologia, que são conceitos fundamentais para as ciências ambientais. A maioria dos alunos considerou que o uso da realidade aumentada tornou a aprendizagem mais agradável, havendo também interação entre os alunos para a resolução dos problemas.

O artigo de Martin, J. *et al* (2014) relata três experiências de atividades utilizando a plataforma ARIS que utiliza GPS e códigos QR para o desenvolvimento de jogos locais, *Place-Based Learning* e Realidade Aumentada. Os alunos se sentem envolvidos nas atividades, pois o ambiente utilizado é aquele em que vivem, permitindo que eles criem conteúdos relevantes para suas comunidades.

Livros com realidade aumentada embutida

Por meio desta revisão, percebemos que uma das grandes tendências do uso de realidade aumentada na educação é a criação e utilização de livros com recursos de realidade aumentada, para aprimoramento do ensino em diversas áreas do conhecimento.

Relacionado à área de Engenharia, o artigo de Behzadan e Kamat (2013) relata a criação de um livro com realidade aumentada para mostrar maquinários e equipamentos de construção para alunos de Engenharia Civil, além da criação de um ambiente de visualização de vídeos 3D baseado em realidade aumentada, em que múltiplos usuários podem visualizar e interagir com processos de engenharia modelados de perspectivas diferentes por meio de vídeos de obras incrementados com realidade aumentada. O principal ponto positivo do estudo é promover a diminuição do risco que os alunos de Engenharia correm ao estarem expostos a acidentes no campo de trabalho devido ao maquinário pesado utilizado nas obras.

Ainda sobre o ensino de engenharia utilizando livros com realidade aumentada, o estudo de Gutiérrez e Fernández (2014) teve

por objetivo desenvolver e aplicar um livro com suporte da RA. Sua aplicação comprovou que os estudantes de Engenharia Mecânica que utilizaram o livro com RA obtiveram maior motivação e melhor desempenho acadêmico do que os que não utilizaram a tecnologia.

No campo das ciências da saúde, o estudo de Espejo-Trung, Elían e Luz (2015) utilizou livros com realidade aumentada para o ensino de Odontologia, visando ilustrar de forma interativa e 3D os detalhes das preparações e restaurações dentais. Ademais, o uso dos livros com realidade aumentada embutida permitiu uma visão dos dentes preparados em relação aos tecidos moles e outros elementos da arcada dentária. Além dos livros, foi criado e utilizado também um software com realidade aumentada para o mesmo fim. Uma vantagem da aplicação da RA, neste caso, é a redução do número de dentes naturais utilizados em treinamentos odontológicos. O estudo, embora escrito em língua inglesa, salienta-se nesta revisão por ser o único desenvolvido e aplicado no Brasil, na Universidade de São Paulo.

Na área de Ciências Naturais, o artigo de Stoyanova, Kafadarova e Stoyanova-Petrova (2015) exemplifica duas atividades realizadas com alunos do ensino fundamental que utilizam, como os autores colocam, a MAR (Realidade Aumentada Móvel). Essas aplicações utilizam livros com QR codes - um sobre Animais e outro sobre o Sistema Solar. O material foi desenvolvido pelos professores que veem a implementação de aplicativos de Realidade Aumentada Móvel (MAR), na prática de ensino, como uma maneira inovadora de compartilhar conhecimentos na educação.

Realidade aumentada no ensino das Ciências da Saúde

Além do estudo anteriormente citado de Espejo-Trung, Elían e Luz (2015), outros trabalhos voltados para o ensino das ciências da saúde com o apoio da realidade aumentada foram encontrados nesta revisão.

Foronda *et al.* (2017) trata do ensino de enfermagem com apoio de tecnologias virtuais como a realidade aumentada e virtual. O objetivo do artigo é apresentar novas tecnologias voltadas para aprimorar o ensino da enfermagem, mostrando, dentro deste contexto, três aplicações que fazem uso da realidade aumentada. Estas tecnologias permitem, entre outras coisas, que os alunos vejam o corpo humano por uma nova perspectiva, uma camada por vez. As imagens tridimensionais de alta qualidade facilitam a compreensão da anatomia e da fisiologia do corpo humano, possibilitando aos alunos gerarem um conhecimento mais profundo.

No que concerne a simuladores de cirurgia por meio do uso da realidade aumentada, o trabalho de Kumar, Smith e Patel (2015)

apresenta uma revisão sistemática sobre simuladores para treinamento cirúrgico, salientando que simuladores com o uso de realidade aumentada como os simuladores HoST, Maestro AR e RobotiX Mentor proporcionam um ambiente operatório mais realista, enfatizando mais sobre procedimentos específicos no treinamento de cirurgias robóticas. O uso dos simuladores proporciona melhor preparo dos alunos, atuando como uma ponte entre o treinamento pré-clínico e o treinamento prático real sem comprometer a saúde dos pacientes.

Também relacionado a cirurgias com o uso da RA, o artigo de Freudenthal *et al.* (2011), descreve a criação, atividades e resultados da Rede Europeia de Formação em Investigação sobre Realidade Aumentada em Cirurgia (ARIS*ER). Esta rede foi criada com o objetivo de desenvolver a próxima geração de realidade aumentada baseada em imagens médicas e sistemas robotizados e formar jovens pesquisadores por meio de um projeto multidisciplinar centrado no usuário, com vistas ao desenvolvimento de tecnologias que facilitem a execução de cirurgias minimamente invasivas (MIS) e intervenções radiológicas com menos danos e riscos para os pacientes. O trabalho salienta a importância da colaboração de várias áreas para o desenvolvimento da tecnologia da área médica e da formação dos profissionais por meio da ARIS*ER. Em uma perspectiva multidisciplinar, na qual engenheiros colaboram com médicos, designers, pesquisadores e vários outros profissionais, o desenvolvimento da tecnologia se dá de forma muito mais rápida e eficiente, trazendo benefícios aos aprendizes na área da saúde e também aos pacientes.

No estudo realizado por Maamar, Boukerche e Petriu, E. M. (2012), os autores relatam sobre os problemas de saúde causados pela obesidade infantil e mostram exemplos de exergames para que as crianças não fiquem sem fazer atividades físicas.

Manrique-Juan, C. *et al* (2017) relata em seu estudo uma atividade sobre anatomia humana ao exibir modelos 3D sobre o corpo de uma pessoa em tempo real, usando a câmera de profundidade do *Kinect*.² Os alunos do ensino médio puderam ver como os ossos, músculos ou órgãos são distribuídos em seus corpos sem o uso de alvos para rastreamento. O artigo de Pelargos, P. E. *et al.* (2017) fala sobre a utilização da realidade virtual e realidade aumentada na prática da neurocirurgia e na educação (aprendizagem) de residentes. As inovações em RV e RA melhoram significativamente a neurocirurgia e a educação dos residentes, ajudando a salvar vidas. As futuras aplicações desta tecnologia são ilimitadas, eficientes e em tempo real na sala de operações.

O trabalho de Smith e Foley (2016) descreve sobre a transformação da educação clínica na Obstetrícia e Ginecologia utilizando as novas tecnologias, como Tecnologia móvel, Ensino a

distância, Design de jogo e Realidade Virtual e Aumentada, fazendo uma reflexão de como a introdução das tecnologias vem afetando os métodos de ensino e aprendizagem nas instituições de ensino superior.

Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA

O apoio ao ensino de Engenharia, Arquitetura e Design foi uma das áreas mais trabalhadas pelos artigos encontrados nesta revisão. Além dos trabalhos de Behzadan e Kamat (2013); Gutiérrez e Fernández (2014); Ayer, Messner e Anumba (2016); foram recuperados outros sete estudos sobre o tema.

Liu *et al.* (2016) desenvolveu e aplicou uma solução baseada em realidade aumentada para auxiliar designers novatos na geração de ideias, auxiliando-os a formular estratégias de design mais efetivas por meio da observação 3D de objetos e também permitindo a criação de uma biblioteca de objetos físicos de suas atividades diárias por meio da câmera, contribuindo para ampliar seu conhecimento e amenizando a falta de experiência.

Com um trabalho semelhante ao de Liu *et al.* (2016), Chen e Wang (2008) apresentam e avaliam um sistema baseado em realidade aumentada tangível para melhorar a “eficácia pedagógica do processo de aprendizagem experiencial e colaborativa na educação em design urbano” no curso de Arquitetura. Os resultados das experiências mostraram que a realidade aumentada proporciona aprimoramento das habilidades de design e do trabalho colaborativo. O estudo comparou um grupo que utilizou blocos de madeira para criar atividades de design e outro que utilizou a solução criada com RA. Percebeu-se que por meio da RA os alunos têm mais acesso a detalhes, principalmente no que se refere à textura dos objetos, o que aumentou a capacidade de observação reflexiva.

Ainda sobre design em cursos de Arquitetura, os artigos de Fonseca, Redondo e Villagrasa (2015) e Fonseca *et al.* (2015) relatam o mesmo trabalho que visou utilizar a realidade aumentada para apresentar, visualizar e discutir um projeto de arquitetura usando ferramentas de CAD (design assistido por computador). O intuito foi verificar se era possível aprimorar o entendimento e habilidades dos alunos em projetos arquitetônicos em 3D, por meio de uma pesquisa quali-quantitativa. Foi comprovado que a utilização da RA ocasionou melhora no desempenho acadêmico, além do alto grau de motivação e satisfação entre os estudantes, o que ocasionou maior envolvimento dos mesmos com o conteúdo. Os autores também testaram se haveria economia de tempo no ensino por meio do uso da tecnologia, porém,

como houve a necessidade de treinar os alunos para utilizarem o sistema de RA, não houve diminuição do tempo de ensino. Uma sugestão interessante deixada pelos autores tem relação com a acessibilidade aos elementos virtuais por pessoas com deficiência. Assim, para trabalhos futuros, ficou a proposição de criar rótulos com informações textuais, para auxiliar alunos surdos ou inserção de informações em áudio para o caso de alunos cegos. Como foi o único trabalho que mencionou preocupação com a acessibilidade dos recursos utilizados, consideramos interessante agregá-lo nesta revisão, para que futuros pesquisadores também se preocupem com este fator.

Delgado e Escudero (2017) trazem em seu artigo diversos estudos sobre a representação do espaço tridimensional e criação de projetos arquitetônicos por alunos do curso de Arquitetura, analisando se a introdução da Realidade Aumentada e da Realidade Virtual poderia contribuir com a produção acadêmica desses estudantes. Assim como em outros trabalhos semelhantes, os autores concluíram que o uso da RA permite que o processo de aprendizagem ocorra de forma prática e intuitiva, salientando que a RA é uma boa tecnologia para trabalhar a capacitação de abstração em três dimensões, habilidade essencial para os estudantes de Arquitetura e Urbanismo.

Ainda na área da Engenharia, o artigo de Noor (2013) relata sobre as dificuldades que a área vem enfrentando e aponta que alguns estudos defendem mudanças e complementação na aprendizagem formal com aplicações práticas e aprendizagem ao longo da vida para atender às necessidades atuais e emergentes. O artigo destaca tendências de recursos educacionais abertos, salas de aula ricas em conhecimento, aprendizado imersivo em 3D interativo, realidade aumentada, sala de aula invertida, gamificação, robôs na sala de aula e o aprendizado personalizado adaptável.

No trabalho de Ramírez-Juidías *et al.* (2017), foi realizado um experimento educacional inovador para ajudar o aluno a aprender de maneira facilitada a visão espacial em um curso de engenharia gráfica. As melhorias do curso compreendem utilizar três tipos de visualização (representações estáticas 2D, representações de computador 3D e um ambiente de realidade aumentada que permite que vários participantes interajam com dados 2D e 3D). Para os autores, o acesso a estes tipos de visualização se faz necessário para melhorar as habilidades relacionadas à visão espacial. Uma dificuldade comentada pelos autores é que na universidade onde o estudo foi aplicado, a quantidade de alunos por turma é alto e por isso as estratégias colaborativas poderiam ter sido melhores.

Propostas de uso da realidade aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento

Além dos estudos sobre aplicação da realidade aumentada para o ensino das áreas descritas anteriormente, outros trabalhos encontrados nesta revisão apresentaram propostas que podem ser aplicadas nas mais diversas áreas do conhecimento.

No artigo de Martínez e Olivencia (2017), os autores tratam sobre experiências com alunos do curso de formação de professores de ensino primário da universidade de Málaga. O uso da realidade aumentada é descrito como um recurso tecnológico capaz de ampliar o conhecimento na formação dos futuros profissionais. Os autores apresentam uma lista de aplicações de RA, descrevendo cada ferramenta e suas possíveis utilizações nas mais variadas áreas do conhecimento, incluindo bibliotecas 3D e modelos prontos. Desta forma, os futuros professores podem escolher a ferramenta que melhor se adapta a realidade das escolas onde trabalham. Como resultado desse estudo, praticamente todos os entrevistados (96,43%) mostraram uma atitude positiva e estão dispostos a usar as ferramentas de RA em sua sala de aula.

Os autores Martínez, Olivencia e Meneses (2016a) descrevem uma experiência de treinamento no uso didático da realidade aumentada com estudantes do grau de mestre de professores da educação secundária na universidade de Málaga. Esta experiência utiliza a realidade aumentada (RA) como uma estratégia metodológica para a criação e produção de ambientes de aprendizagem interativos, dinâmicos e fortemente motivadores para os alunos. As ferramentas descritas como exemplos a serem utilizadas são: Augment,³ Aurasma,⁴ Layar Creator⁵ e Aumentaty Author.⁶ Os futuros mestres podem produzir materiais multiplataforma com diferentes suportes, garantir a formação de professores para agregar a tecnologia nas práticas educativas e produzir ambientes educativos enriquecedores do ponto de vista educacional e tecnológico. No mesmo ano, Martínez, Olivencia e Meneses (2016b) publicaram sobre Robótica, Modelagem 3D e Realidade Aumentada na educação para o desenvolvimento de inteligências múltiplas. A utilização destas tecnologias tem o caráter inovador no que concerne ao desenvolvimento de competências com base no raciocínio lógico, trabalho em equipes e na resolução de problemas para a motivação dos estudantes. Como impulsionador das novas tecnologias aplicadas à educação estão, a criação de ambientes de aprendizagem de vários conteúdos didáticos de diferentes áreas a partir de uma abordagem colaborativa, inclusiva e conectivista que desperte no aluno o desenvolvimento de inteligências múltiplas e competências digitais de acordo com as demandas da sociedade do conhecimento e da informação.

Na produção de Martin-Gutierrez, J. *et al.* (2017), os autores propõem utilizar a Realidade Virtual e a Realidade Aumentada, por meio de mundos virtuais, criando ambientes virtuais de aprendizagem para as diferentes áreas do conhecimento. Os ambientes educacionais elencados neste artigo são: Aumentaty, CONNECT (2005-2007), CREATE (2004) e ARiSE (2006-2008), Aurasma, Projeto Science Center, Magicbook (BILLINGHURST; KATO; POUPYREV (2001) *apud* MARTIN-GUTIERREZ *et al.* (2017)). Como resultado apresentado pelos autores, os mundos virtuais serão ambientes de aprendizagem enquanto tiverem uma abordagem construtivista para obter os benefícios do aprendizado completo.

No trabalho de Robles (2017), é feita uma reflexão e análise sobre a incorporação da RA na educação, demonstrando que não se deve utilizar a realidade aumentada apenas por se tratar de um recurso tecnológico, mas, com um propósito maior, que é o desenvolvimento do processo de ensino aprendizagem, proporcionando motivação, interação e diversão dos envolvidos.

Tratando da área específica de Matemática, o estudo de Salinas e González-Mendivil (2017) relata o desenvolvimento e aplicação piloto de uma ferramenta para visualização tangível de sólidos de revolução por meio da realidade aumentada. A aplicação de teste da ferramenta desenvolvida também demonstrou que os alunos se sentiram motivados e consideraram a atividade agradável, o que segundo os autores pode promover melhora no processo de aprendizagem, por tornar tangível algo que antes de difícil visualização na disciplina de cálculo.

Em um contexto multidisciplinar, o artigo de Rolland, J. *et al.* (2002), analisa as pesquisas que o programa ODALab (Laboratório de Diagnóstico e Aplicação Óptica) está desenvolvendo: (1) projeto, fabricação e avaliação de sistemas ópticos de displays inovadores de cabeça (HMDs); (2) o design de sondas de rastreamento óptico para integração em HMDs; (3) desenvolvimento de métodos matemáticos e aplicações para realidade aumentada (RA); (4) modelagem baseada em física do movimento articular anatômico e efeitos especiais óticos para ambientes aumentados; e (5) imagem biomédica 3D de imagem ótica. Embora a ótica esteja no centro do programa de pesquisa, os estudos envolvem conhecimento extensivo de vários campos de ciências e engenharia.

O artigo de Suarez-Warden e Barrera (2017) relata uma proposta de atividade Interação Homem-Computador para alunos de um curso de Aprendizagem Comunicativa utilizando o Twitter e Realidade Aumentada. Os autores observaram um aumento na produtividade e na qualidade da aprendizagem proposta pela atividade utilizando as duas tecnologias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto da implementação de inovações na educação utilizando realidade aumentada, este artigo buscou perceber de que forma os estudiosos do tema vêm aplicando a RA para promover melhorias nos processos de ensino e aprendizagem. Além disso, buscamos identificar as principais barreiras e os impulsionadores quanto ao uso de RA na educação.

Assim, para atingir o objetivo deste trabalho, tomou-se base na revisão sistemática resultando fornecer subsídio informacional para as partes interessadas em desenvolver práticas com o uso da realidade aumentada no âmbito educacional, respondendo as questões que conduziram a pesquisa, conforme mostra o quadro 4.

QUADRO 4. Principais descobertas sobre as questões de pesquisa

Questão	Descobertas
(a) Quais as práticas consideradas inovadoras de uso de tecnologias de realidade aumentada estão sendo aplicadas à educação?	Realidade aumentada por meio de dispositivos móveis; Aprendizagem por meio de jogos com realidade aumentada; Livros com realidade aumentada embutida; Realidade aumentada no ensino das Ciências da Saúde; Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da realidade aumentada; Propostas de uso da realidade aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento.
(b) Quais as principais barreiras e quais os impulsionadores para utilização da RA na educação?	Barreiras: principalmente dificuldade no desenvolvimento das atividades utilizando RA, por parte dos professores. Impulsionadores: aumento na motivação e compreensão dos conteúdos por parte dos alunos.
(c) Em quais áreas do conhecimento existem mais aplicações?	Engenharia Civil, Arquitetura, Design e Ciências da Saúde.
(d) Que tipo de resultados têm sido observados com a utilização da RA na educação?	Aumento da compreensão e da motivação para a aprendizagem na interação com a RA e disposição dos professores em utilizar a RA em sala de aula.

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme consolidado no quadro 4, identificamos nos 44 artigos resultantes, que as principais práticas de uso da RA na educação estão atreladas às seguintes temáticas: Realidade Aumentada por meio de dispositivos móveis; Aprendizagem por meio de jogos com Realidade Aumentada; Livros com Realidade Aumentada embutida; Realidade Aumentada no ensino das Ciências da Saúde; Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da Realidade Aumentada; além de Propostas de uso da Realidade Aumentada aplicáveis a diversas áreas do conhecimento.

Como barreiras para a sua aplicação, podemos citar que os limitadores percebidos na revisão de Chatzopoulos *et al.* (2017), citados anteriormente neste artigo, são os mesmos percebidos nos demais artigos destacados nesta revisão. Neste sentido, sobressai a dificuldade de desenvolvimento das atividades utilizando Realidade Aumentada, principalmente por parte dos professores que não dominam o uso dos softwares e dos equipamentos para o desenvolvimento das aplicações. Desta forma, trabalhos futuros que envolvam a capacitação de docentes para o uso da Realidade Aumentada, podem contribuir para a formação dos professores amenizando as dificuldades no uso das TICs em suas práticas.

Um dos principais impulsionadores para a utilização da RA na educação é que a maioria dos alunos envolvidos nas pesquisas apresentou um aumento na motivação e no desempenho acadêmico em estudos que promoveram um comparativo com alunos que não utilizaram a tecnologia.

Respondendo ao terceiro questionamento da pesquisa, as áreas que mais se destacaram com aplicações de RA na educação, são as áreas de Engenharia Civil, Arquitetura, Design e Ciências da Saúde. Grande parte dos artigos recuperados e analisados nesta revisão sistemática apresentavam soluções para o ensino destes campos do conhecimento, fato que motivou a duas das seções deste artigo tratarem exclusivamente do ensino de RA neste âmbito.

Como limitação desta pesquisa, podemos considerar que a escolha dos descritores, a combinação de operadores, bem como a escolha das bases de dados e o período de realização das buscas são fatores que podem influenciar nos resultados obtidos. Logo, novas revisões sistemáticas sobre o tema também podem agregar novas descobertas.

Consideramos que trabalhos futuros podem envolver pesquisas que orientem sobre a criação de aplicações com realidade aumentada e possibilitem a análise de ferramentas de criação destas aplicações, demonstrando suas vantagens e desvantagens, de modo a embasar possíveis interessados no desenvolvimento de aplicações para utilização da RA na educação.

REFERÊNCIAS

- AYER, S. K.; MESSNER, J. I.; ANUMBA, C.J. Augmented Reality Gaming in Sustainable Design Education. **Journal of Architectural Engineering**, 2016, v. 22, n. 1, p. 1–9.
- AZUMA, Ronald *et al.* Recent advances in augmented reality. **Computer graphics and applications, IEEE**, v. 21, n. 6, 2001.
- BARMA, S. *et al.* Observation and analysis of a classroom teaching and learning practice based on augmented reality and serious games on mobile platforms. **International Journal of Serious Games**, 2015, v. 2, n. 2. Disponível em: <[http://journal.seriousgamesociety.org/index.php?journal=IJSG&page=article&op=view&path\[\]=66](http://journal.seriousgamesociety.org/index.php?journal=IJSG&page=article&op=view&path[]=66)>. Acesso em: 25 nov. 2017.
- BEHZADAN, A. H.; KAMAT, V. R. Enabling discovery-based learning in construction using telepresent augmented reality. **Automation in Construction**, 2013, v. 33, p. 3–10. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.09.003>>. Acesso em: 23 nov. 2017.
- BELLONI, M. L. **O que é mídia-educação?** Florianópolis: Autores Associados, 2005.
- BILLINGHURST, M.; DUENSER, A. Augmented reality in the classroom. **Computer**, 2012, v. 45, n. 7, p. 56–63.
- CADAVIECO, J.; VÁZQUEZ-CANO, E. Posibilidades de utilización de la geolocalización y realidad aumentada en el ámbito educativo. **Educación XX1**, 2017, v. 20, n. 2, p. 319–342.
- CARVALHO, Fábio Câmara Araújo de; IVANOFF, Gregorio Bittar. **Tecnologias que educam: ensinar e aprender com as tecnologias de informação e comunicação.** São Paulo: Pearson, 2010. xvii, 165 p. ISBN 9788576053675.
- CHATZOPOULOS, Di. *et al.* Mobile Augmented Reality Survey: From Where We Are to Where We Go. **IEEE Access**, 2017, v. 5, p. 6917–6950.
- CHEN, J. Mobile learning based on augmented reality. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, 2014, v. 6, n. 3, p. 874–879.
- CHEN, R.; WANG, X. An Empirical Study on Tangible Augmented Reality Learning Space for Design Skill Transfer. **Tsinghua Science and Technology**, 2008, v. 13, n. SUPPL. 1, p. 13–18.
- COCHRANE, T. *et al.* Riding the wave of BYOD: Developing a framework for creative pedagogies. **Research in Learning Technology**, 2014, v. 22, n. 1063519, p. 1–14.
- DELGADO, I. N.; ESCUDERO, D. F. Nuevas tecnologías de visualización para mejorar la representación de arquitectura en la educación. **Architecture, City and Environment - ACE**, 2017, v. 12, n. 34, p. 69–96. Disponível em: <<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106061/4695-2593-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- ESPEJO-TRUNG, L. C.; ELIAN, S. N.; LUZ, M. A. A. C. Development and application of a new learning object for teaching operative dentistry using augmented reality. **Journal of Dental Education**, 2015, v. 79, n. 11, p. 1356–1362. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84947059939&partnerID=tZOtx3y1>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- EXPÓSITO, E. O.; FUENTES, E. M.; MARTÍNEZ, J. J. R. Aplicación de las TAC en un entorno AICLE: Una experiencia de innovación en educación primaria. **Aula de Encuentro**, 2017, v. 19, n. 1, p. 143–162.

FERENHOF, Hélio Aisenberg; FERNANDES, Roberto Fabiano. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SSF. **Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis**, 2016, v. 21, n.3. Disponível em: <<https://revista.acb.org.br/racb/article/view/1194/pdf>>. Acesso em: 30 out. 2017.

FOMBONA, J.; PASCUAL-SEVILLANO, M.-A.; GONZÁLEZ-VIDEGARAY, M. M-learning y realidad aumentada : Revisión de literatura científica en el repositorio WoS / M-learning and Augmented Reality: A Review of the Scientific Literature on the WoS Repository. **Comunicar**, 2017, v. 25, n. 52, p. 63–72. Disponível em: <<https://www.revistacomunicar.com/index.php?contenido=detalles&numero=52&articulo=52-2017-06>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

FONSECA, D.; REDONDO, E.; VILLAGRASA, S. Mixed-methods research: a new approach to evaluating the motivation and satisfaction of university students using advanced visual technologies. **Universal Access in the Information Society**, 2015, v. 14, n. 3, p. 311–332. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10209-014-0361-4>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

FONSECA, D. *et al.* Assessment of Augmented Visualization Methods in Multimedia Engineering Education. **International Journal of Engineering Education**, 2015, v. 31, n. 3, SI, p. 736–750.

FORONDA, C. L. *et al.* Virtually Nursing. **Nurse Educator**, 2017, v. 42, n. 1, p. 14–17. Disponível em: <<http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPILP:landingpage&an=00006223-201701000-00005>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

FREUDENTHAL, A. *et al.* Collaborative co-design of emerging multi-technologies for surgery. **Journal of Biomedical Informatics**, 2011, v. 44, n. 2, p. 198–215. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2010.11.006>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

GUTIÉRREZ, J. M.; FERNÁNDEZ, M. D. M. Applying Augmented Reality in engineering education to improve academic performance & student motivation. **International Journal of Engineering Education**, 2014, v. 30, n. 3, p. 625–635.

HAMILTON, K. E. Augmented reality in education. **Proc. SXSW Interactive 2011**. Disponível em: <<https://augmented-reality-in-education.wikispaces.com/>>. Acesso em 01 nov. 2017.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8. ed. Campinas, SP: Papirus, 2012. 141 p. (Papirus educação). ISBN 9788530808280.

KIRNER, C. **Realidade Virtual e Aumentada: definições**. 2011. Disponível em: <<http://www.ckirner.com/realidadevirtual/?DEFINI%C7%D5ES>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

KLOPFER, E.; SQUIRE, K. Environmental detectives: the development of an augmented reality platform for environmental simulations. **Educational Technology Research and Development**, 2008, v. 56, n. 2, p. 203–228.

KUMAR, Anup; SMITH, Roger; PATEL, Vipul R. Current status of robotic simulators in acquisition of robotic surgical skills. **Current Opinion In Urology**, [s.l.], v. 25, n. 2, p.168–174, mar. 2015. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). Disponível em: <https://journals.lww.com/co-urology/Abstract/2015/03000/Current_status_of_robotic_simulators_in.15.aspx>. Acesso em: 03 nov. 2017.

LEE, K. Augmented Reality in Education and Training. **Linking Research and Practice to Improve Learning**, 2012, v. 56, n. 2, p. 13–21.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência**: o futuro do pensamento na era da informática. Rio de Janeiro: Ed. 34, 2008. 204 p.

LIU, Y.-C. et al. Innovation-supporting tools for novice designers: Converting existing artifacts and transforming new concepts. **Advances in Mechanical Engineering**, 2016, v. 8, n. 6, p. 168781401665137. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1687814016651370>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

MAAMAR, H. R.; BOUKERCHE, A.; PETRIU, E. M. 3-D streaming supplying partner protocols for mobile collaborative exergaming for health. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine**, 2012, v. 16, n. 6, p. 1079–1095.

MANRIQUE-JUAN, A. C. et al. A Portable Augmented-Reality Anatomy Learning System Using a Depth Camera in Real Time. **BioOne**, 2017, v. 79, n. 3, p. 176–183.

MARTIN, J. et al. Learning Through Local Games. **TechTrends**, 2014, v. 58, n. 1, p. 35–41.

MARTÍN-GUTIÉRREZ, J. et al. Virtual technologies trends in education. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 2017, v. 13, n. 2, p. 469–486.

MARTÍNEZ, N. M. M.; OLIVENCIA, J. J. L. Experiencias formativas de uso didáctico de la realidad aumentada con alumnado del grado de educación primaria en la universidad de Málaga. **Edmetic**, 2016, v. 6, n. 1, p. 81. Disponível em: <<https://www.uco.es/ucopress/ojs/index.php/edmetic/article/view/5809%0Ahttp://www.uco.es/servicios/ucopress/ojs/index.php/edmetic/article/view/5809>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

MARTÍNEZ, N. M. M.; OLIVENCIA, J. J. L.; MENESES, E. L. A formative experience in reality augmented with students of master's in secondary education teacher training at the University of Malaga. **Innovación Educativa**, 2016a, n. 261, p. 265. Disponível em: <<http://www.usc.es/revistas/index.php/ie/article/view/3611/3930>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

MARTÍNEZ, N. M. M.; OLIVENCIA, J. J. L.; MENESES, E. L. Robotics, 3d modeling and augmented reality in education for development of multiple intelligences. **Aula de Encuentro**, [s. l.], v. 2, n. 18, p.158-183, nov. 2016b. Disponível em: <<https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/ADE/article/view/3191/2625>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

MARTÍNEZ, N. M. M.; OLIVENCIA, J. J. L.; TERRÓN, A. M. Mobile learning, gamification and augmented reality for the teaching and learning of languages. **IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation**, 2016, n. 6, p. 16–34. Disponível em: <<https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/1709/1554>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

MATTAR, João. **Games em educação**: como os nativos digitais aprendem. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 181 p. ISBN 9788576055624.

MORALES, P. T.; GARCÍA, J. M. S. Realidad Aumentada en Educación Primaria: efectos sobre el aprendizaje / Augmented Reality in Primary Education: effects on learning. **Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC**, 2017, v. 16, n. 1, p. 79–92. Disponível em: <<http://relatec.unex.es/article/view/2810>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

NOOR, A. Envisioning engineering education and practice in the coming intelligence convergence era: a complex adaptive systems approach. **Open Engineering**, 2013, v. 3, n. 4, p. 606–619. Disponível em: <<http://www.degruyter.com/view/j/eng.2013.3.issue-4/s13531-013-0122-9/s13531-013-0122-9.xml>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo**: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. ed. Paris: OCDE, 2005. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

PELARGOS, P. E. et al. Utilizing virtual and augmented reality for educational and clinical enhancements in neurosurgery. **Journal of Clinical Neuroscience**, 2017, v. 35, p. 1–4. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jocn.2016.09.002>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

PÉREZ-SANAGUSTÍN, M. et al. Augmenting reality and formality of informal and non-formal settings to enhance blended learning. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, 2014, v. 7, n. 2, p. 118–131.

PRENSKY, Marc. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. São Paulo: SENAC São Paulo, 2012. 575 p. ISBN 9788539602711.

RAMÍREZ-JUIDÍAS, E. et al. Developing experimental learning in a graphical course using thurstone's law of comparative judgment. **Engineering Letters**, 2017, v. 25, n. 1, p. 61–67.

ROBLES, B. F. Factores que influyen en el uso y aceptación de objetos de aprendizaje de realidad aumentada en estudios universitarios de Educación Primaria. **Edmetic**, 2017, v. 6, n. 1, p. 203–219.

ROLLAND, J. et al. 3D visualization and imaging in distributed collaborative environments. **IEEE Computer Graphics And Applications**, 2002, v. 22, n. 1, p. 11–13.

SALINAS, P.; GONZÁLEZ-MENDÍVIL, E. Augmented reality and solids of revolution. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, 2017, v. 11, n. 4, p. 829–837.

SAMPAIO, R.; MANCINI, M. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 1, p. 83–89, 2007.

SÁNCHEZ, J. J. M.; RUIZ, A. B. M.; OLMOS, M. A. La Realidad Aumentada (RA): recursos y propuestas para la innovación educativa. **Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, 2017, v. 20, n. 2, p. 183–203. Disponível em: <<http://revistas.um.es/reifop%0Ahttp://www.aufop.com/aufop/revistas/lista/digital%0Ahttp://dx.doi.org/10.6018/reifop.20.1.290971>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

SANDANAYAKE, T. C. Upcoming trends in virtual learning to enhance technology based learning. **International Journal of Applied Engineering Research**, 2016, v. 11, n. 23, p. 11454–11460.

SMITH, M. L.; FOLEY, M. R. Transforming Clinical Education in Obstetrics and Gynecology. **Obstetrics&Gynecology**, 2016, v. 127, n. 4, p. 763–767. Disponível em: <http://content.wkhealth.com/linkback_openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006250-201604000-00020>. Acesso em: 12 nov. 2017.

SOTTIRIOU, S.; BOGNER, F. X. Visualizing the Invisible: Augmented Reality as an Innovative Science Education Scheme. **Advanced Science Letters**, 2008, v. 1, n. 1, p. 114–122. Disponível em: <<http://openurl.ingenta.com/content/xref?genre=article&issn=1936-6612&volume=1&issue=1&spage=114>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

STOYANOVA, D.; KAFADAROVA, N.; STOYANOVA-PETROVA, S. Enhancing elementary student learning in natural sciences through mobile augmented reality technology. **Bulgarian Chemical Communications**, 2015, v. 47, p. 533–537.

SUAREZ-WARDEN, F.; BARRERA, S. Communicative learning aided by AR for activity with students within a group HCI. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 2017, v. 13, n. 2, p. 331–339.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006. Disponível em: <http://www.ckirner.com/download/capitulos/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf> Acesso em: 15 out. 2017.

VEEN, Wim; VRAKKING, Ben. **Homo zappiens: educando na era digital**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 139 p. ISBN 9788536316864.

WANG, Y. S. *et al.* Interactive augmented reality game for enhancing library instruction in elementary schools. **Proceedings - International Computer Software and Applications Conference**, 2013, p. 391–396.

NOTAS

¹ Jogo com realidade aumentada, lançado em 2016 para smartphones iOS e Android.

² Dispositivo de sensor de movimento para consoles de videogame.

³ Aplicativo móvel para visualização de RA.

⁴ Ferramenta digital para desenvolvimento e visualização de RA desenvolvida pela Hewlett-Packard. Recentemente teve seu nome alterado para HP Reveal.

⁵ Ferramenta para criação e visualização de RA, tendo maior ênfase para aplicação em anúncios publicitários.

⁶ Softwares para criação de elementos e aplicações de realidade aumentada. Atualmente descontinuado e substituído pelo software Aumentaty.

Submetido: 02/05/2018

Aprovado: 20/09/2018

Contato:

IFRS Campus Osório
Rua Santos Dumont, nº 2127, Bairro Albatroz
Osório | RS | Brasil
CEP 95.520-000