

Realidade Aumentada no Ensino de Ciências: uma revisão de literatura

Augmented Reality in Science Education: a literature review

Marcelo Bernardo de Lima

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
profmbernardo@gmail.com

Larissa Baruque Pereira

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
larissabaruque@yahoo.com.br

Leonardo Alves e Silva

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
leonardoalves@id.uff.br

Cristian Gonzalo Merino

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
cristian.merino@pucv.cl

Miriam Struchiner

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
miriamstru@gmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar os estudos sobre a Realidade Aumentada (RA) no Ensino de Ciências (EC) no contexto do Ensino Fundamental. As questões norteadoras da análise foram: quais as características da RA relatadas nos estudos; quais as estratégias de ensino-aprendizagem adotadas e quais os objetos de estudo e resultados. Foi realizada uma pesquisa no Portal de Periódicos CAPES utilizando a expressão “Augmented reality AND Science Education”. Foram selecionados todos os artigos empíricos que aplicaram a RA com alunos do primeiro ao oitavo ano do Ensino Fundamental. A análise mostrou que: os dois tipos de RA aparecem igualmente; a Aprendizagem Baseada em Investigação foi a estratégia mais utilizada; a motivação e a aprendizagem dos alunos foram os objetos de estudo mais pesquisados. Conclui-se que a RA é promissora para o EC, contribuindo no aumento da motivação e aprendizagem dos alunos, desde que as atividades sejam centradas nos alunos.

Palavras chave: realidade aumentada, ensino de ciências, revisão de literatura.

Abstract

The objective of this study was to analyse research articles about Augmented Reality (AR) in Elementary School Science Education. The guiding questions were: what were the AR characteristics reported in the studies; which teaching and learning strategies adopted, and which were the study objects and the results. We conducted a research at CAPES academic journals database using the expression "Augmented Reality" AND "Science Education", and selected all empirical articles about the use of AR in first to eighth grade. The analyses showed that: the two main types of AR are used in the same proportion; Inquiry Based Learning was the mostly adopted learning strategy, and student motivation and learning with the use of AR were the main study objects. We concluded that RA is promising for Science teaching and learning, as it contributes to promote greater student motivation and learning, as long as the learning strategy is student centered.

Key words: augmented reality, science education, literature review.

Introdução

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) estão cada vez mais presentes no cotidiano e, segundo Vivanco (2015), vêm transformando as formas de pensar e se expressar, de aprender e de comunicar em todas as áreas e atividades. No campo da educação, as TDICs podem contribuir na integração de práticas pedagógicas inovadoras, favorecendo a autonomia dos alunos (BLIUC; GOODYEAR; ELLIS, 2007), além de permitir acesso, construção, intercâmbio de ideias e conteúdos disciplinares em diversos formatos, como textos, imagens, sons, simulações, dentre outros (STERN, 2008).

Potvin e Hasni (2014) comentam sobre o desinteresse de estudantes do ensino básico acerca de Ciências, indicando que seu declínio é decorrente da distância entre o que a escola oferece e o que os alunos desejam, ou seja, de forma descontextualizada de seu cotidiano. No Ensino de Ciências (EC), as TDICs potencializam mudanças, ao favorecerem a imersão dos alunos na construção de conhecimento, a partir de práticas ativas e colaborativas de investigação, desenvolvimento de modelos, envolvimento em simulações realistas etc. (KRAJCIK e MUN, 2014).

A Realidade Aumentada (RA) vem sendo apontada como uma tecnologia emergente para o EC (JOHNSON et al., 2010). A pesquisa e disseminação sobre RA na educação é recente e acompanha os avanços dos aplicativos, a convergência das mídias e as tecnologias móveis. Trata-se de uma tecnologia de realidade mista que integra ambientes do mundo real com objetos virtuais acionados por marcadores, gestos ou posicionamento, permitindo alternar entre espaços físicos e virtuais. Envolve alunos em ambientes de aprendizagem imersiva, manipulando conteúdo virtual e objetos por meio de interfaces tangíveis, viabilizando experiências de aprendizagem nas mais diversas áreas de conhecimento e níveis de ensino, especialmente no EC.

Embora Cheng e Tsai (2013) apontem para a necessidade de mais pesquisas sobre RA no EC, é possível identificar um crescimento exponencial de trabalhos publicados. Em levantamento no portal de periódicos da CAPES, em Janeiro de 2016, foram identificados 157 artigos sobre RA no EC, em diferentes contextos (formais e informais), níveis de ensino e abrangência temáticas (disciplinas científicas e tecnológicas), sendo oito artigos entre 2000-2005, 25 artigos entre 2006-2010 e 124 artigos entre 2011-2016.

O objetivo do presente trabalho foi analisar os estudos sobre a RA no EC no contexto do Ensino Fundamental (EF). Três principais questões orientaram a presente análise: (1) quais

são as características de RA utilizadas nos estudos; (2) quais as estratégias de ensino-aprendizagem adotadas e (3) quais os objetos de estudo e resultados obtidos nos artigos analisados.

Referencial teórico: Realidade Aumentada e Ensino de Ciências

Segundo Azuma (1997), a RA pode ser compreendida como qualquer sistema que complemente a realidade e tenha três características básicas: a) que combine o real e o virtual; b) que seja interativo em tempo real; c) que seja visualizado em três dimensões. Segundo Shelton e Hedley (2002), a exploração dos objetos virtuais pode se dar em diversos sentidos, como audição, tato e olfato.

Na Realidade Virtual (RV), os objetos reais são adicionados ao mundo virtual, já na RA, os objetos virtuais são vistos em ambientes reais (HSIAO; CHEN; HUANG, 2012). Existem dois tipos de sistemas de RA: o sistema baseado em Localização - permite que os usuários se movimentem no ambiente real com dispositivos móveis, tais como celulares, tablets etc, por meio dos quais podem observar informações específicas conforme a localização; o sistema baseado em Imagem - utiliza técnicas de reconhecimento das imagens para determinar a posição física de objetos reais, no ambiente real, e relacionar com o conteúdo virtual daqueles objetos. Esse sistema pode usar marcadores, cartões já definidos, com alguma imagem e informações (CHENG; TSAI, 2013).

O EC envolve uma série de conceitos complexos e com poucas referências concretas para os alunos. Assim, a RA possibilita aos alunos visualizar e interagir com fenômenos que seriam impossíveis no mundo real. (SHELTON; HEDLEY, 2002).

Alguns trabalhos argumentam que a RA aplica-se em dois casos: a) quando os fenômenos não podem ser simulados no ambiente real, como por exemplo, o sistema solar (CAI et al., 2012); b) quando experimentos reais são de difícil visualização, como por exemplo, experimento com espelhos convexos (CAI; CHIANG; WANG, 2013). Alguns estudos indicam que a RA pode aumentar a motivação, a satisfação e o engajamento dos alunos em suas atividades (DUNLEAVY; DEDE; MITCHELL, 2009; IBÁÑEZ et al., 2014).

Kerawalla et al. (2006) citam quatro características que a RA deve ter quando aplicada no ensino: conteúdo flexível que possa ser adaptado pelos professores; a relação tempo e conteúdo deve ser a mesma dos modelos tradicionais; alunos precisam manipular a RA e a exploração do conteúdo deve ser guiada pelos professores; o desenvolvimento da atividade com a RA deve levar em consideração a natureza e contexto da instituição que será inserida.

A imersão nesses ambientes de aprendizagem híbridos pode facilitar o desenvolvimento do pensamento crítico e de competências para solução de problemas, interação social e colaboração (DUNLEAVY; DEDE; MITCHELL, 2009). As interações entre o real e o virtual podem gerar um ambiente que favoreça o desenvolvimento cognitivo e afetivo dos alunos.

Kamarainen et al. (2006) constatam o potencial da RA para ajudar os alunos a fazer conexões entre o que eles estão aprendendo e novas situações. Revelam, também, que os professores valorizaram a criação de atividades centradas no aluno, a colaboração e a parceria entre docente e discente.

Todas essas possibilidades da RA são identificadas como fundamentais para o EC, buscando formar alunos que não apenas dominem o conteúdo em si, mas que sejam letrados cientificamente e que saibam se posicionar criticamente diante dos avanços científicos e tecnológicos em nossa sociedade (ROBERTS; BYBEE, 2014).

Metodologia

Este trabalho foi realizado a partir de uma pesquisa no Portal de Periódicos CAPES, em Janeiro de 2016, usando a expressão “Augmented reality AND Science Education”. Após aplicação do filtro para publicações revisadas por pares e eliminação de artigos repetidos e que não correspondiam aos critérios de busca, totalizaram-se 157 artigos. Os mesmos foram agrupados em três categorias, de acordo com o tipo de estudo: a) artigos com descrição da tecnologia de RA, *software* e *hardware* e de desenvolvimento de aplicações (n= 26; 16,56%); b) artigos de revisão de literatura e teóricos sobre a Realidade Aumentada (n= 30; 19,10%); c) artigos empíricos sobre o uso de RA no EC (n=101; 64,34%).

Neste trabalho, foram selecionados todos os artigos empíricos sobre RA no EC do 1º ao 8º ano do EF. A revisão foi feita com 16 artigos, sendo nove do 1º ao 5º ano do EF, seis do 6º ao 8º ano e um artigo em ambos os níveis.

Os artigos foram lidos na íntegra e suas informações categorizadas com base nas questões de estudo: características da RA, estratégia de ensino-aprendizagem e objetos de estudo e resultados.

Resultados e Discussão

Descrição geral dos artigos analisados

Os assuntos mais abordados nos artigos foram Ecologia (n=4) e Astronomia (n=2). Os temas Fisiologia, Leis de Newton, Noção Espacial, Ciclo da Água, Radioatividade e Átomos tiveram um artigo cada e um dos estudos não especificou o assunto trabalhado. Três estudos utilizaram temas transversais para solucionar um problema, tais como: Letramento Científico e Ciência Forense.

Em relação aos grupos estudados do EF, o 4º e o 5º ano apareceram em igual quantidade, com três artigos cada (n=3), seguido pelo 6º ano (n=2) e 9º ano (n=1). Alguns autores realizaram seus estudos agrupando de mais de uma turma: 1º e 2º ano (n=1), 3º e 4º ano (n=1), 6º e 7º ano (n=1), 6º, 7º e 8º (n=1). Também foram encontrados artigos que não especificaram o ano de estudo, somente a idade dos alunos (n=3).

A maioria dos artigos (n=12) mesclou análise quantitativa e qualitativa, incluindo pré e pós testes com entrevistas e observações. Dois estudos (n=2) eram quantitativos e outros dois (n=2) qualitativos.

Características das RAs utilizadas

Entre os trabalhos analisados, nove (56%) abordam a RA por Imagem e sete (44%) por Localização. Verificou-se que dentre os nove artigos do 1º ao 5º ano, seis são referentes ao tipo Imagem e três ao tipo Localização. Já dos sete trabalhos do 6º ao 8º ano, três abordaram o tipo Imagem e quatro o tipo Localização.

A maior adoção da RA baseada em Imagem do 1º ao 5º ano deve-se, possivelmente, a dois fatores: a facilidade de manipulação e a possibilidade de visualização de imagens e informações.

Por exemplo, Pérez-López e Contero (2013), em seu estudo, utilizaram uma simulação dos sistemas do corpo humano com RA baseada em Imagem, para visualizar estruturas e órgãos. Os alunos do 4º ano podiam manipular a RA livremente, conforme o tema das aulas. A RA mostrou-se como uma ferramenta promissora para melhorar a motivação, o interesse e a

retenção de conteúdo pelos alunos. Os demais artigos que trabalharam com este tipo de RA mantém este mesmo foco de facilitar a manipulação de imagens e visualização de fenômenos.

Por outro lado, os trabalhos que utilizaram a RA baseada em Localização, apresentaram atividades mais complexas e que demandavam maior participação dos alunos, inclusive fora do ambiente da sala de aula, geralmente trabalhando em grupos. Essa possibilidade de exploração e de colaboração é fundamental na motivação e no engajamento nas tarefas propostas.

No trabalho de Kamarainen et al. (2013), os alunos eram levados a uma aula de campo para fazer coleta de dados, utilizando um sistema de RA baseado em Localização, sobre qualidade da água em diferentes fontes, para discutir e comparar fatores bióticos e abióticos no ambiente e como estes se relacionam com a cadeia alimentar. Dunleavy, Dede e Mitchell (2009), utilizaram um sistema de RA baseado em Localização dentro da escola para os alunos coletarem informações, conversarem com personagens virtuais, resolverem quebra-cabeças sobre matemática, linguística e letramento científico para descobrir a causa do pouso dos Aliens na Terra. Já no artigo de Squire e Jan (2007), os alunos assumiam papéis de médico, especialista ambiental e oficial do governo para descobrir a causa da morte de Ivan Illyich, coletando informações, gerando hipóteses e argumentando com membros da equipe.

Os estudos que utilizaram RA baseada em Imagem permitem aos alunos uma maior visualização e manipulação das informações, aguçando a percepção e a experiência sensorial na aprendizagem na formação de conceitos. Por outro lado, a RA baseada em Localização possibilita uma interação maior do aluno com o meio e com os colegas, uma maior autonomia e colaboração na aprendizagem, promovendo o desenvolvimento do pensamento crítico, colocando os professores no papel de facilitadores (ROSCHELLE; PEA, 2002). Ambas contribuem para motivar os alunos na aprendizagem de Ciências.

Estratégias de ensino-aprendizagem

As estratégias de ensino-aprendizagem referem-se aos diversos modelos utilizados pelos professores na articulação do processo de ensino, de acordo com cada atividade, o perfil dos alunos e os resultados esperados (BORUCHOVITCH; BZUNECK; GUIMARÃES, 2010).

As estratégias mais recorrentes nos artigos analisados foram: Aprendizagem Baseada em Investigação (ABI) (n=6) e Aprendizagem Baseada em Jogos (ABJ) (n=3); um estudo utilizou a ABI em conjunto com a ABJ; Aprender Fazendo (AF) foi encontrada em três artigos; a Aprendizagem Baseada em Problema (ABP) apareceu em um artigo; dois trabalhos utilizaram aulas expositivas para demonstração de fenômenos.

A RA pode ser combinada à ABI, um método pedagógico que investiga questões, cenários e problemas (KUHN et al, 2000). Nesse processo de investigação e coleta de dados, as atividades fornecem um contexto para os alunos adquirirem e aplicarem conceitos científicos (EDELSON; GORDIN; PEA, 1999). Dentre as vantagens dessa estratégia estão, segundo Lord e Orkwiszewski (2006), maior compreensão de novos e complexos conhecimentos, aumento na motivação para aprender e aumento da criatividade e flexibilidade para resolver problemas.

No trabalho de Chang, Wu e Hsu (2013), os alunos envolveram-se em uma investigação para medir os níveis de radiação, após uma explosão hipotética com Hidrogênio. A investigação utilizou um sistema de RA baseada em Imagem com marcadores em diversos locais para comparação dos dados de radiação em diferentes cenários dentro da escola. Como resultado, os alunos perceberam a RA de forma positiva e tiveram melhoria no entendimento dos conceitos de radiação.

A estratégia de ABJ é uma alternativa pedagógica que pode situar os alunos em atividades complexas e autênticas com ferramentas e recursos que propiciam autonomia ao aluno em busca de sua aprendizagem de forma significativa, devido a sua natureza imersiva e motivadora (BARAB et al. 2005; SQUIRE, 2005). Fundamenta-se em abordagens sócio-culturais de aprendizagem com as inúmeras possibilidades que os jogos de computador e os videogames podem proporcionar. (SQUIRE; JAN, 2007).

No estudo de Squire e Jan (2007), os alunos participaram de um jogo envolvendo a morte misteriosa de uma pessoa. A atividade se passou em um campus universitário e os alunos trabalharam em grupos, cada um com determinado papel, coletando informações, gerando hipóteses e argumentando com membros da equipe por meio do pensamento crítico e da argumentação científica.

A ABP, de acordo com Leite e Esteves (2005), é uma estratégia de aprendizagem que coloca o aluno no papel ativo, com foco na análise, coleta de informações, síntese e definição de possíveis caminhos para solução de uma situação problema em determinada área de conhecimento. Por exemplo, no artigo de Liu, Tan e Chu (2009), os alunos foram levados a uma aula de campo para tentar resolver um problema relacionado à preservação de pântanos. Durante a atividade, foi utilizado um sistema de RA baseado em Imagem para visualizar informações sobre seres vivos e seus ambientes, concluindo-se que a atividade com RA contribuiu para a compreensão do problema, além de atrair a atenção dos discentes.

AF é uma estratégia que envolve diretamente os alunos, encorajando-os a atuarem na prática, permitindo que os alunos reflitam e compreendam o processo em que estejam atuando. Como no estudo de Zhang et al. (2014), que comparou o uso de um sistema de RA baseado em Localização com instrumentos para auxiliar na observação astronômica. Os alunos do 5º ano utilizaram esse sistema em uma aula ao ar livre cujo foco era identificar sete estrelas; foi percebido um aumento na aprendizagem e no interesse sobre o conteúdo do grupo que utilizou a RA.

Na atividade proposta no trabalho de Dunleavy, Dede e Mitchell (2009), os alunos estavam situados em uma simulação onde Aliens pousavam na Terra e possuíam possíveis ações, como invasão, proposta de paz e retorno ao planeta de origem. Os alunos assumiam papéis, dentre eles, químico, criptologista, *hacker* e agente do FBI e utilizaram conhecimentos matemáticos, linguísticos e letramento científico para tentar desvendar o motivo do pouso deles na Terra. A atividade envolveu equipes com quatro participantes, cada um possuindo um papel diferente, de forma que a colaboração era essencial ao seu desenvolvimento. Como resultado, os alunos se mostraram altamente engajados na atividade, gerando, inclusive, competição entre as equipes.

Estratégias como a ABI, ABJ, ABP e AF são centradas nos alunos e podem ser trabalhadas em grupos ou individualmente. A RA, quando combinada com essas estratégias potencializa o processo de ensino-aprendizagem, principalmente pelo seu caráter de autonomia, colaboração e imersão nas atividades.

Objetos de estudo e resultados obtidos

Com a leitura dos artigos, foram elencadas três categorias principais em relação aos objetos de estudo. Os que focaram na motivação/engajamento (n=3), os que focaram na aprendizagem dos alunos (n=2) e aqueles que focaram na motivação em conjunto com a aprendizagem, presentes em maior quantidade (n=11).

Nos estudos que tinham como objeto analisar apenas a aprendizagem dos alunos, a RA demonstrou contribuir para uma melhoria significativa. Como exemplo, o estudo de Tanner,

Karas e Schofield (2014), que comparou a utilização de manuais tradicionais com manuais que utilizam a RA para auxiliar na construção de Robôs com Lego®. Os alunos do 6º ano construíram modelos; conclui-se que houve um aumento significativo da noção espacial daqueles que manipularam os manuais com RA.

Nos três trabalhos que tinham como objeto a motivação e o engajamento, os resultados também se mostraram positivos. Chiang, Yang e Hwang (2014) usaram um sistema de RA baseado em Localização para estudar ecologia. Os alunos do 4º ano foram levados para uma aula de campo para investigar o ambiente, com foco no habitat, animais e plantas aquáticas. Os alunos que utilizaram a RA estavam mais engajados na construção do conhecimento e ficaram mais envolvidos nas fases da investigação.

A Teoria do Fluxo foi utilizada para medir o engajamento e o impacto na aprendizagem (RATHUNDE; CSIKSZENTMIHALYI, 2005; SHERNOFF et al., 2003). Segundo Kye e Kim (2008), a RA pode proporcionar, além do “estado de fluxo”, satisfação e sentimento de presença, por meio da imersão, navegação e manipulação. A motivação no contexto escolar, envolve tanto os estudantes quanto os professores e é considerada um fator primordial para promover o aprendizado (LOURENÇO; PAIVA, 2010).

Dentre os 11 trabalhos que tinham como objeto a motivação e a aprendizagem, nove demonstraram um aumento significativo em ambos. Por exemplo, Bressler e Bodzin (2013) utilizaram um jogo de RA baseado em Imagem onde os alunos organizaram-se em grupos para tentar solucionar um mistério envolvendo o roubo dos gabaritos de provas, enquanto aprendiam conceitos de Ciência Forense. Concluíram que, durante o jogo, os alunos se mantiveram totalmente engajados e, dessa forma, experimentaram o “estado de fluxo”; além disso a RA demonstrou ter potencial para melhorar a aprendizagem. A motivação promovida por esse estado permite que os alunos se envolvam em atividades sem aparentar esforço (DAVIS et al., 1992).

Contudo, nem todos os trabalhos com foco na motivação e na aprendizagem demonstraram uma melhoria nos dois objetos. Furió et al. (2015) compararam a utilização de jogos em relação a uma aula tradicional; os alunos utilizaram vários mini jogos, alguns com RA e outros sem, para estudar o ciclo da água. Concluíram que a aprendizagem utilizando jogos foi semelhante a encontrada na aula tradicional e que a motivação dos alunos foi maior utilizando os jogos, em especial com RA. Porém, no estudo de Kerawalla et al. (2006) foi feita uma comparação da aprendizagem e da motivação entre uma aula tradicional e uma aula com um sistema de RA baseado em Imagem sobre rotação terrestre e influência dos raios solares nos dias e noites, não tendo resultados diferentes de aprendizagem nos dois casos. Porém, os alunos mostraram-se menos motivados com a aula que utilizou o sistema de RA, provavelmente pelo fato de que apenas os professores estavam manipulando a tecnologia, deixando os alunos apenas como observadores.

No trabalho de Dunleavy, Dede e Mitchell (2009) foi constatado um alto engajamento dos alunos durante a atividade, ocasionado possivelmente pela utilização de aparelhos portáteis com Sistema de Posicionamento Global (GPS) e pela coleta de dados ao ar livre. Apesar das vantagens da utilização da tecnologia de RA no EC, foram citados alguns fatores tecnológicos limitantes, tais como problemas de *software* e *hardware*.

Um fator que pode contribuir para a motivação e aprendizagem dos alunos é a utilização de novas tecnologias, principalmente se modificarem a rotina prevista em sala de aula. Em geral, os alunos se mostram motivados duplamente, pelo manuseio da própria tecnologia e pelos desafios encontrados na resolução dos problemas propostos.

A RA demonstra ser um incremento para promover a motivação e a apreensão de conceitos científicos nos alunos (CHANG; WU; HSU, 2013). Nos casos em que a motivação foi menor, parece ter sido efeito da forma como a atividade foi proposta, indicando, assim, que não basta usar a tecnologia, mas preocupar-se principalmente com a proposta pedagógica, reforçando o caráter central dos alunos na aprendizagem de Ciências.

Conclusão

É razoável esperar que a RA possa promover o estado de fluxo dos aprendizes e, conseqüentemente, ajudá-los a alcançar melhores resultados de aprendizado, por meio do engajamento, imersão, colaboração e participação dos alunos. Além disso, pode-se inferir outras vantagens da utilização da RA, especialmente para o Ensino de Ciências, tais como: a possibilidade de exploração de fenômenos de difícil visualização, potencialidade de utilização de diferentes estratégias de ensino-aprendizagem e perspectiva de cativar os alunos por tratar-se de uma tecnologia inovadora (SHELTON; HEDLEY, 2002).

Nos anos escolares incluídos nesta revisão, os tipos de RA por Imagem e por Localização foram encontrados na mesma ordem de grandeza, indicando sua aplicabilidade e versatilidade. A ABI foi encontrada ao longo de todo o período do EF, demonstrando que essa estratégia que coloca o aluno no centro da construção do conhecimento é aplicável a diversas idades e níveis de complexidade. Essa estratégia também se relaciona, em sua maioria, com o sistema de RA baseado em Localização, reforçando o caráter mais participativo e autônomo dos estudantes.

Entre os desafios enfrentados pelo EC, há dois que se entrelaçam: a falta de motivação dos alunos para aprenderem Ciências, por não compreenderem a relação e a importância deste conhecimento com o mundo em que vivem, e a dificuldade com a natureza abstrata dos conceitos científicos que, tratados de forma descontextualizada com alunos desmotivados, tornam-se cada vez mais distanciados e difíceis de serem aprendidos. Diante dos desafios para melhorar a qualidade do EC, contribuindo para o letramento científico e a formação crítica dos alunos, esta revisão indica que é preciso avançar com mais experiências e estudos sobre o uso da RA nas aulas de Ciências, especialmente no que diz respeito a aprendizagem e motivação dos alunos, estabelecendo a relação entre as potencialidades dos diferentes tipos de RA com a proposta pedagógica e as estratégias utilizadas no processo de ensino-aprendizagem.

Agradecimentos e apoios

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Referências

ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. Estratégias de ensinagem. In: ANASTASIOU, Léa das Graças Camargos; ALVES, Leonir Pessate. (Orgs.). **Processos de ensinagem na universidade** - Pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. 3. ed. Joinville: Univille, 2004. p. 67-100.

AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. **Presence** 6 (4):335– 385, 1997.

- BARAB, S. A. et al. Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns. **Educational Technology Research and Development** 53(1): 86–108, 2005.
- BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. É. R. **Motivação para aprender: aplicações no contexto educativo**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.
- BRESSLER, D. M.; BODZIN, A. M. A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile augmented reality science game. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 29, n. 6, p. 505-517, 2013.
- BLIUC, A. M; GOODYEAR, P.; ELLIS, R. A. Research focus and methodological choices in studies into students' experiences of blended learning in higher education. **Internet Higher Educ.**, 10(4):231-44, 2007.
- CAI, S.; CHIANG, F. K.; WANG, X. Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. **International Journal of Engineering Education**, 29(4), 856–865, 2013.
- CAI, S. et al. Simulation teaching in 3D augmented reality environment. In: **1st IIAI international conference on advanced applied informatics**. Fukuoka, Japan: IEEE Computer, Society, pp. 83–88, 2012.
- CHANG, H. Y.; WU, H. K.; HSU, Y. S. Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue. **British Journal of Educational Technology**, v. 44, n. 3, p. E95-E99, 2013.
- CHENG, K. H.; TSAI, C. C. Affordances of augmented reality in science learning: suggestions for future research. **J Sci Educ Technol** 22(4):449–462, 2013.
- CHIANG, T. H. C; YANG, S. J. H; HWANG, G. J. Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. **Computers & Education**, v. 78, p. 97-108, 2014.
- DEDE, C. Theoretical perspectives influencing the use of information technology in teaching and learning. In J. Voogt, & G. Knezek (Eds.), **International handbook of information technology in primary and secondary education** (pp. 43–62). New York: Springer, 2008.
- DUNLEAVY, M.; DEDE, C.; MITCHELL, R. Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. **J Sci Educ Technol** 18(1):7–22, 2009.
- EDELSON, D. C.; GORDIN, D. N.; PEA, R. D. Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. **Journal of the Learning Sciences**, v. 8, n. 3-4, p. 391-450, 1999.
- FURIÓ, D. et al. Mobile learning vs. traditional classroom lessons: a comparative study. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 31, n. 3, p. 189-201, 2015.
- GREENO, J. G. The situativity of knowing, learning, and research. **American Psychologist**, 53(1), 5–26, 1998
- HSIAO, K. F.; CHEN, N. S.; HUANG, S. Y. Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents. **Interactive Learning Environments**, v. 20, n. 4, p. 331-349, 2012.
- IBÁÑEZ, M. B. et al. Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. **Computers & Education**, v. 71, p. 1-13, 2014.

- JOHNSON, L. F. et al. Key emerging technologies for elementary and secondary education. **Education Digest**, 76, 1, 36–40, 2010.
- KAMARAINEN, A. M. et al. EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. **Computers & Education**, v. 68, p. 545-556, 2013
- KERAWALLA, L. et al. “Making it real”: exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. **Virtual Reality** 10:163–174, 2006.
- KUHN, D. et al. The development of cognitive skills to support inquiry learning. **Cognition and Instruction**, v. 18, n. 4, p. 495-523, 2000.
- KYE, B.; KIM, Y. Investigation of the relationships between media characteristics, presence, flow, and learning effects in augmented reality based learning. **International Journal for Education Media and Technology**, 2(1), 4–14, 2008.
- LEITE, L.; ESTEVES, E. Ensino orientado para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas na Licenciatura em Ensino da Física e Química. In: Bento Silva e Leandro Almeida (Eds.). **Comunicação apresentada no VIII Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia**. Braga: CIED - Universidade do Minho, p. 1751-1768, 2005.
- LIU, T. Y; TAN, T. H.; CHU, Y. L. Outdoor natural science learning with an RFID-supported immersive ubiquitous learning environment. **Educational Technology & Society**, v. 12, n. 4, p. 161-175, 2009.
- LORD, T.; ORKWISZEWSKI, T. Moving from didactic to inquiry-based instruction in a science laboratory. **The American Biology Teacher**, 68(6), 342-345, 2006.
- LOURENÇO, A. A.; PAIVA, M. O. A. de. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. **Ciências & Cognição**, v.15, n.2, p. 132-141, 2010.
- PÉREZ-LÓPEZ, D.; CONTERO, M. Delivering educational multimedia contents through an augmented reality application: A case study on its impact on knowledge acquisition and retention. **TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology**, v. 12, n. 4, 2013.
- POTVIN, P.; HASNI, A. Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. **Studies in Science Education**. 2; 50(1):85-129, 2014.
- RATHUNDE, K.; CSIKSZENTMIHALYI, M. Middle school students’ motivation and quality of experience: A comparison of Montessori and traditional school environments. **American Journal of Education**, 111, 341–371, 2005.
- ROBERTS, D. A.; BYBEE, R. W. Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education. In Norman G. Lederman, Sandra K. Abell (eds.), **Handbook of Research in Science Education**, Volume II, Chapter 27, London: Routledge, 2014
- ROSHELLE, J.; PEA, R. A walk on the WILD side: how wireless handhelds may change CSCL. **International Journal of Cognition and Technology**, 1(1), 145–168, 2002.
- SHELTON, B.; HEDLEY, N. Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students. Paper presented at the **1st IEEE international augmented reality toolkit workshop**, Darmstadt, Germany, 2002.
- SHERNOFF, D. J. et al. Student engagement in high school classrooms from the perspective of flow theory. **School Psychology Quarterly**, 18(2), 158–176, 2003.

SQUIRE, K. D.; JAN, M. Mad City Mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. **Journal of Science Education and Technology**, v. 16, n. 1, p. 5-29, 2007.

SQUIRE, K. D. Changing the game: What happens when video games enter the classroom? **Innovate: Journal of online education**, v. 1, n. 6, 2005.

STERN, S. Computer-assisted medical education: current and potential roles. **Perspectives Biol Med**. 2008;51(1):22-30

TANNER, P.; KARAS, C.; SCHOFIELD, D. Augmenting a child's reality: using educational tablet technology. **Journal of Information Technology Education: Innovation in Practice**, v. 13, p. 45-54, 2014.

VIVANCO, G. Educación y tecnologías de la información y la comunicación. **Revista Brasileira de Educação**, v. 20, n. 61, abr.-jun. 2015.

ZANON, D. A. P. V. **Ensinar e Aprender com Atividades Investigativas**: enfoque no projeto ABC na Educação Científica – Mão na Massa. São Carlos: UFSCar/ DEME (Tese de Doutorado), 2005.