

Perspectivas mundiais sobre a realidade aumentada nos anos iniciais da educação básica

Janaina Schlickmann Klettemberg¹, Romero Tori², Camila Maldonado Huanca³

Resumo

A realidade aumentada possibilita a interação simultânea de objetos reais e virtuais em um ambiente do mundo real. Seus recursos podem ser utilizados para auxiliar o processo educacional devido ao caráter inovador, interativo e pela capacidade de experimentação e contextualização proporcionada. O objetivo desta revisão integrativa foi investigar as perspectivas mundiais sobre o uso de realidade aumentada nos anos iniciais da educação básica. Os 55 artigos incluídos estudaram a realidade aumentada utilizada por crianças em idade escolar entre 6 e 11 anos. Constatou-se que a realidade aumentada possui potencial de melhorar os processos de ensino e aprendizagem, possibilitando melhora da aquisição do conhecimento, motivação, interação e engajamento.

Palavras-chave: Realidade aumentada, educação, anos iniciais, educação básica.

Abstract

Augmented reality allows simultaneous interaction of real and virtual objects in a real world environment. Its resources can be used to assist the educational process due to its innovative, interactive character and the ability to experiment and provide context. The aim of this integrative review was to investigate the global perspectives on the use of augmented reality in the early years of elementary education. The 55 articles included studied the augmented reality used by schoolchildren aged 6 to 11 years. It was found that augmented reality has the potential to improve the teaching and learning processes, enabling improvement in the acquisition of knowledge, motivation, interaction and engagement.

Keywords: Augmented Reality, education, elementary education.

1 Pós-Graduanda em Computação Aplicada à Educação, USP, jana_schlickmann@hotmail.com.

2 Romero Tori, USP, tori@usp.br.

3 Camila Maldonado Huanca, USP, camila.huanca@usp.br.

1. Introdução

A educação é uma teia complexa de processos que se estabelecem na relação dialética entre sujeitos que se relacionam com outros e com o mundo. Nessa complexidade, a busca por recursos e metodologias pautadas no protagonismo do educando são essenciais para melhorar a qualidade do ensino no mundo.

Os recursos tecnológicos têm demonstrado grande eficácia nos processos de ensino e aprendizagem. Conforme Tajra (2019), a tecnologia educacional pretende transformar o processo de aprendizagem em algo mais dinâmico e interativo, provocando mudanças sociais, culturais e econômicas, e também reestruturando a educação e o papel do professor.

A realidade aumentada (RA) é um exemplo de recurso tecnológico que pode ser utilizada no contexto educativo e, juntamente a uma abordagem pedagógica inovadora, melhorar processos de ensino e aprendizagem. O efeito de RA pode ser obtido por meio de diversas tecnologias, de um simples smartphone a sofisticados óculos que projetam imagens holográficas a frente de quem os usa, e permite o enriquecimento do mundo real com elementos virtuais interativos. Conforme Azuma *et al* (2001), a RA é definida como um sistema capaz de complementar o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço. Quando o usuário está em um ambiente real e consegue interagir com elementos virtuais devidamente registrados tridimensionalmente no espaço físico real, concebemos que está ocorrendo a RA. Assim, a RA combina objetos reais e virtuais no ambiente real; possui interatividade e é aplicada aos sentidos humanos. Essas três características são fundamentais para a caracterização de um sistema ou aplicação de RA (AZUMA *et al*, 2001). Pode-se dizer, portanto, que a RA complementa o mundo real adicionando sons, imagens, vídeos, objetos e enriquecendo a experiência do usuário (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

Desde o século XVII, já existia a ideia de aumentar a realidade com recursos, como espelhos e lentes. Mas foi somente em 1968 que houve a criação do primeiro protótipo de dispositivo que permitia juntar imagens geradas por um computador no formato tridimensional a imagens reais (TORI; HOUSSEL, 2018). Desde a década de 1990, a RA tem se disseminado e recebido investimentos de diversas áreas: entretenimento, engenharias, saúde e educacionais.

Algumas características observadas na RA contribuem para a melhora na aprendizagem dos alunos, como: interatividade, experimentação, ambiente seguro, contextualização de conceitos abstratos, percepção, motivação e engajamento (TORI; HOUSSEL, 2018).

Com a RA fica mais fácil promover a aprendizagem ativa e, por esse motivo, há sucesso quando é possibilitado ao aluno que ele experimente e interaja com o objeto do conhecimento (BACICH; MORIN, 2018). Através da RA, o aluno pode experimentar viagens espaciais, fazer tentativas seguras de experimentos científicos, bem como visualizar e manusear objetos não fornecidos com facilidade nas escolas. A RA amplia as possibilidades de visualização, interação e imersão dos conteúdos escolares.

Além disso, diversos aspectos emocionais e psicológicos são atendidos com o uso da RA. Utilizando a RA como recurso pedagógico, a interatividade aumenta e, conseqüentemente, a motivação e o engajamento. Sendo assim, a RA apresenta-se como um excelente recurso pedagógico inovador, contribuindo no processo de ensino e

aprendizagem, atendendo e resolvendo conflitos emocionais encontrados no espaço educativo, como engajamento e motivação, e conseqüentemente favorecendo a aprendizagem dos educandos.

2. Objetivos

A revisão relatada neste artigo teve por objetivo investigar as abordagens de uso da RA como recurso pedagógico nos anos iniciais da educação básica, compreendidos entre anos escolares do 1º ao 5º do ensino fundamental. O enfoque foi nas práticas pedagógicas exitosas que fizeram uso dessa tecnologia no Brasil e no mundo.

Esta pesquisa justifica-se pela busca, em referências bibliográficas, de cenários que utilizam a RA especificamente nos anos iniciais da educação básica. Ao abordar os cenários de usos, a pesquisa pretende criar uma fonte de conhecimento extremamente válida que faz comparativos entre países, uso em cada área do conhecimento, aspectos tecnológicos, recursos para implementação e a constatação da aquisição do conhecimento.

3. Metodologia

Para alcançar os objetivos da pesquisa aqui relatada foi utilizado o método de revisão integrativa da literatura, seguindo seis etapas distintas (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008): elaboração da pergunta norteadora; busca ou amostragem na literatura; coleta de dados; análise crítica dos estudos incluídos; discussão dos resultados e apresentação da revisão integrativa (GANONG, 1987).

Com relação às bases de pesquisa, foram delimitadas aos Periódicos Capes⁴, Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE)⁵, Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)⁶, ERIC – Institute of Education Sciences⁷, IEEE⁸ e SCOPUS⁹.

É importante salientar que os anos iniciais da educação básica diferem em nomenclatura nos diversos países. Contudo, é consenso que os anos iniciais correspondem a faixa etária dos educandos que vai dos 6 aos 11 anos de idade, seguindo principalmente a Classificação Internacional Normalizada da Educação (ISCED).

Em virtude da variedade de nomenclaturas que delimitam os anos iniciais da educação básica em diversos países e buscando uma grande captação de trabalhos publicados, foram utilizadas as palavras-chave: realidade aumentada e educação, e seus respectivos em inglês, combinadas a descritores diversos, sendo eles educação básica, anos/séries iniciais, ensino fundamental, augmented reality, elementary school, elementary education, primary school, primary education e grade 1, 2, 3, 4 e 5.

4 <https://www.periodicos.capes.gov.br>

5 <https://www.br-ie.org/pub/index.php/wcbie/search>

6 <https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/index>

7 <https://eric.ed.gov/>

8 <https://www.ieee.org/>

9 <https://www.scopus.com/>

Foram incluídos artigos com texto integral disponíveis de forma eletrônica e gratuita; com presença de alguma das palavras-chave mencionadas na pesquisa no título e/ou resumo; e compatibilidade com os objetivos desta revisão integrativa. Os artigos excluídos não corresponderam ao nível de ensino em análise (crianças em idade escolar de 6 a 11 anos de idade); abordaram alguma das modalidades específicas da educação (Educação Escolar Indígena; Educação Especial; Educação do Campo; Educação Escolar Quilombola; Educação de Jovens e Adultos e Educação Profissional); ou eram estudos secundários (revisão teórica ou mapeamento).

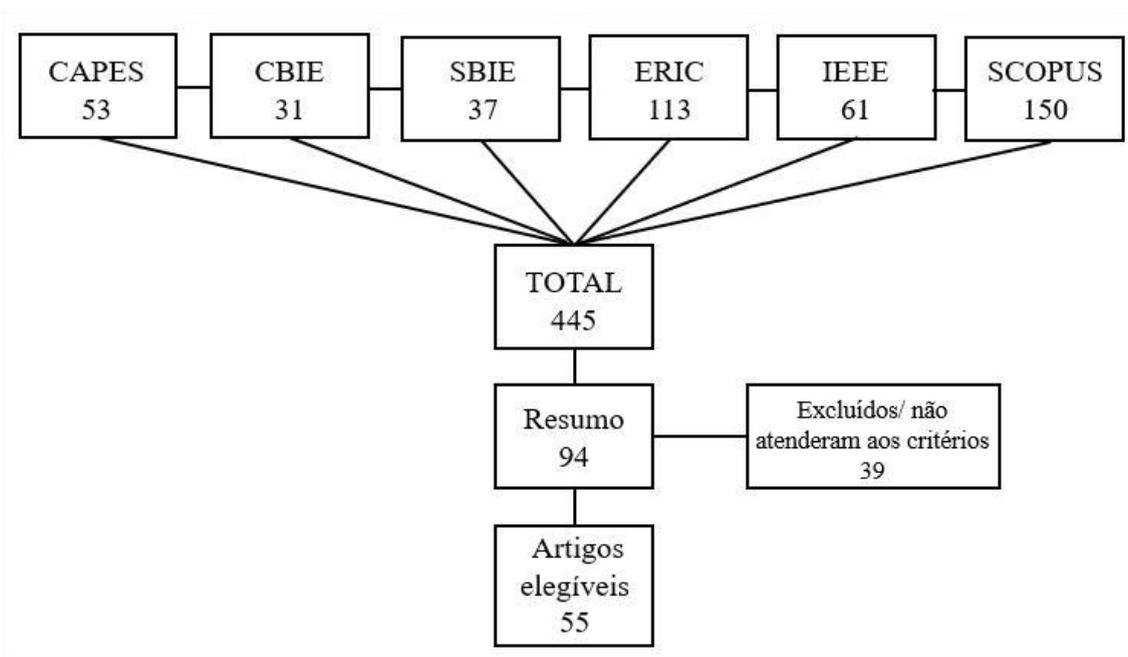
O processo de busca ocorreu nos meses de junho e julho de 2020.

4. Resultados

De início, fazendo busca livre com os termos descritos anteriormente, foram encontrados quatrocentos e quarenta e cinco artigos, dos quais, utilizando os critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados noventa e quatro artigos nas seis bases de dados relatadas. Seguindo os protocolos da revisão integrativa, foi realizada a análise crítica dos estudos chegando ao total de cinquenta e cinco artigos no portfólio final.

O fluxograma 4.1 detalha o processo de seleção documental.

Fluxograma 4.1. Processo de seleção documental



Após a leitura dos artigos selecionados, foram extraídos os dados principais e agrupados por assuntos similares. A tabela 4.1 apresenta todos os artigos selecionados.

Tabela 4.1. Artigos selecionados

Nº	Título	Autor	Ano
D1	Um software educacional para apoio ao ensino de frações utilizando realidade aumentada	SILVA, T.R.; LEMOS, B.M. and CARVALHO, C.V.A	2014
D2	Use of augmented reality in social sciences as educational resource	TOLEDO- MORALES, P.; SANCHES-GARCIA, J.M.	2018
D3	Incidencia de la realidad aumentada en la enseñanza de la historia una experiencia en tercer curso de educación primaria	CASADO, E.M.P; GUTIÉRREZ, R.C. and SOMOZA, J.A.G.C.	2018
D4	Adoletras: Um jogo de Realidade Aumentada para auxiliar no processo de Alfabetização	SILVA,T.S.C.; SILVA, A.S.C. and MELO, J.C.B.	2017
D5	Aplicação de Realidade Aumentada Móvel para Apoio ao Ensino de Crianças	CAVALCANTE, R.S. <i>et al.</i>	2016
D6	Desenvolvimento de um Jogo Educacional sobre a Classificação dos Animais usando Realidade Aumentada Online	FLAUZINO, F.S.; KIRNER, C.	2013
D7	Realidade Aumentada aliada aos Materiais Didáticos na Educação Básica	GOTARDO, R. <i>et al.</i>	2013
D8	Jogo de Realidade Aumentada para Auxiliar no Aprendizado Infantil	OLIVEIRA, B.M.; ZORZAL, E.R.	2013
D9	Banda da Floresta	CARNEIRO, R.; SILVA, R.T.	2016
D10	Tracking visualization of 3 dimensional object natural science learning media in elementary school with markerless augmented reality based on android	HENDAJANI, F. <i>et al.</i>	2019
D11	Effects of gender and different augmented reality learning systems on English vocabulary learning of elementary school students	HSU, T.C.	2019
D12	3D animation model with augmented reality for natural science learning in elementary school	HENDAJANI, F. <i>et al.</i>	2018
D13	The Effect of Augmented Reality on Spatial Visualization Ability of Elementary School Student	PHON, D.N.A/L. E. <i>et al.</i>	2019
D14	Enhancing Elementary School Students' Abstract Reasoning in Science Learning through Augmented Reality-Based Interactive Multimedia	SYAWALUDIN, A.; GUNARHADI and RINTAYATI, P.	2019

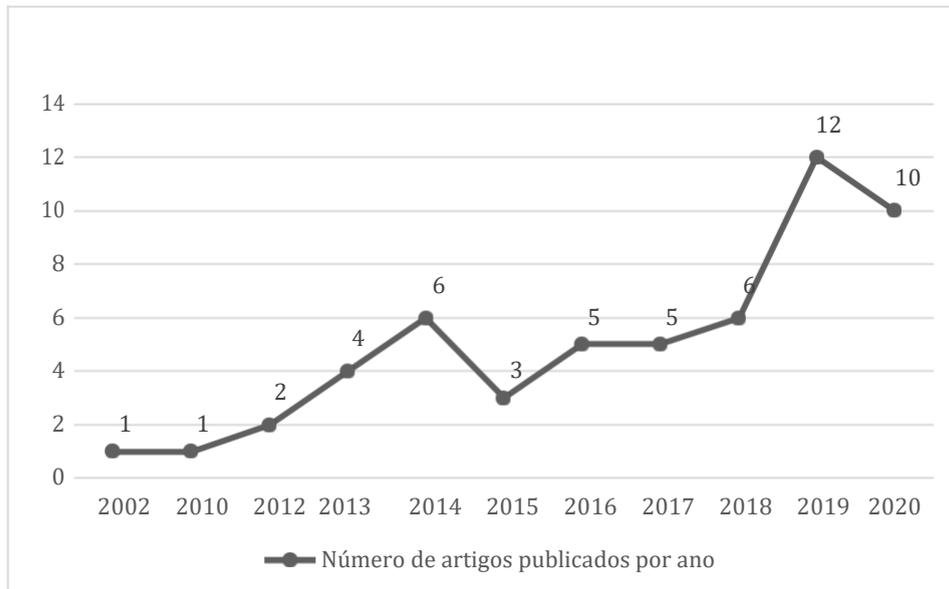
D15	Comparing reading comprehension between children reading augmented reality and print storybooks	DANAEI, D. <i>et al.</i>	2020
D16	Challenges and Prospects of Virtual Reality and Augmented Reality Utilization among Primary School Teachers: A Developing Country Perspective	ALALWAN, N. <i>et al.</i>	2020
D17	Geometry learning tool for elementary school using augmented reality	PURNAMA, J.; ANDREW, D. and GALINIUM, M.	2014
D18	An Educational Augmented Reality Application for Elementary School Students Focusing on the Human Skeletal System	KOUZI, M.E.; MAO, A. and ZAMBRANO, D.	2019
D19	Discovering educational augmented reality math applications by prototyping with elementary-school teachers	RADU, I.; McCARTHY, B. and KAO, Y.	2016
D20	Augmented Reality for Science Instructional Media in Primary School	MAIJARERN, T.; CHAIWUT, N. and NOBNOP, R.	2018
D21	MOW: Augmented Reality game to learn words in different languages: Case study: Learning English names of animals in elementary school	BARREIRA, J. <i>et al.</i>	2012
D22	Implementation of Augmented Reality Technology in Natural Sciences Learning of Elementary School to Optimize the Students' Learning Result	FAKHRUDIN, A.; YAMTINAH, S. and RIYADI.	2017
D23	"Helping Nemo!"--Using Augmented Reality and Alternate Reality Games in the Context of Universal Design for Learning	STYLIANIDOU, N. <i>et al.</i>	2020
D24	The Effectiveness of Turtle Mobile Learning Application for Scientific Literacy in Elementary School	WINARNI, E. W.; PURWANDARI, E. P.	2019
D25	Investigating the Role of Augmented Reality Technology in the Language Classroom	SOLAK, E.; CAKIR, R.	2015
D26	Augmented Reality and MS-Kinect in the Learning of Basic Mathematics: KARMLS Case	LOZADA-YÁNEZ, R.; LA-SERNA- PALOMINO, N. and MOLINA-GRANJA, F.	2019
D27	Musical Peddy-Paper: A Collaborative Learning Activity Suported by Augmented Reality	GOMES, J.D.C. <i>et al.</i>	2014
D28	Delivering Educational Multimedia Contents through an Augmented Reality Application: A Case Study on Its Impact on Knowledge Acquisition and Retention	PÉREZ-LÓPEZ, D.; CONTERO, M.	2013

D29	A Preliminary Study of the Influence of Game Types on the Learning Interests of Primary School Students in Digital Games	CHEN, M-B. <i>et al.</i>	2020
D30	Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning	CHANG, R-C; CHUNG, L-Y and HUANG, Y-M.	2014
D31	Effects of an augmented reality-based educational game on students' learning achievements and attitudes in real-world observations. Interactive Learning Environments	HWANG, G-J <i>et al.</i>	2016
D32	Evaluation of AR embedded physical puzzle game on students' learning achievement and motivation on elementary natural Science	LU, S-J <i>et al.</i>	2020
D33	"I Almost Wanted to Touch It": Flow and Learning in Game-Based History Education with Augmented Reality for Early Elementary Students	OLTMAN, J.L.; HAMMOND, T.C.	2017
D34	To use augmented reality or not in formative assessment: a comparative study	BHAGAT, K. K. <i>et al.</i>	2019
D35	A kinect-based system for learning chinese cultural festivals	CHANG, Y-H.; LIN, Y-K.	2014
D36	A Study of Campus Butterfly Ecology Learning System based on Augmented Reality and Mobile Learning	TARNG, W.; OU, K- L.	2012
D37	A Study on Integrating Augmented Reality Technology and Game-based Learning Model to Improve Motivation and Effectiveness of Learning English Vocabulary	CHEN, S-Y. <i>et al.</i>	2018
D38	An Augmented Paper Game With Socio-Cognitive Support	WEN, Y.	2020
D39	Augmented Reality Application for Science Education on Animal Classification	SAVITRI, N.; ARIS, M.W. and SUPIANTO, A.A.	2019
D40	Augmented reality mobile application and its influence in Quechua language learning	CAMACHO MONTELLANOS, J. L.; MACAVILCA VÁSQUEZ, C. A. and HERRERA SALAZAR, J. L.	2019
D41	Augmented Reality to Support Geometry Learning	ROSSANO, V. <i>et al.</i>	2020
D42	Collaborative development of an augmented reality application for digestive and circulatory systems teaching.	PÉREZ-LÓPEZ, D.; CONTERO, M. and ALCAÑIZ, M.	2010
D43	Easy Learning:Augmented Reality Based Environmental Studies for Primary Students.	WICKRAMAPALA, T.	2019.

	International Conference on Advancements in Computing		
D44	Science Education and Augmented Reality content: The case of the Water Circle	BRATITSIS, T.; BARDANIKA, P. and IOANNOU, M.	2017
D45	Symphony-Q: A Support System for Learning Music in Collaborative learning	KUSUNOKI, F.; SUGIMOTO, M. and HASHIZUME, H.	2002
D46	The Effects of Learning Style on Mobile Augmented-Reality-Facilitated English Vocabulary Learning	CHEN, C-P; WANG, C-H.	2015
D47	Using Augmented Reality to Learn the Enumeration Strategies of Cubes	YU, C-H; LIAO, Y-T and WU, C-C.	2016
D48	A Comparison of EFL Elementary School Learners' Vocabulary Efficiency by Using Flashcards and Augmented Reality in Taiwan	TSAI, C-C.	2018
D49	Cyberchase shape quest: pushing geometry education boundaries with augmented reality	RADU, I. <i>et al.</i>	2015
D50	Learning English with Augmented Reality: Do learning styles matter?	HSU, T-C.	2017
D51	MathBuilder: A Collaborative AR Math Game for Elementary School Students.	STAPPEN, A.V.D. <i>et al.</i>	2019
D52	Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities	CHIANG, T.H.C.; YANG, S.J.H. and HWANG, G-J.	2014
D53	The Effectiveness of Mobile Augmented Reality Assisted STEM-Based Learning on Scientific Literacy and Students' Achievement. International Journal of Instruction	WAHYU, Y. <i>et al.</i>	2020
D54	The Limited Effect of Graphic Elements in Video and Augmented Reality on Children's Listening Comprehension	DEL RÍO GUERRA, M.S. <i>et al.</i>	2020
D55	The Use of AR-Assisted Storybook to Reduce Mathematical Anxiety on Elementary School Students	WANGID, M. N.; RUDYANTO, H. E. and GUNARTATI, G.	2020

A partir da análise dos artigos selecionados foi possível identificar alguns cenários mundiais sobre o uso de RA nos anos iniciais da educação básica.

Identificou-se que os artigos selecionados estão localizados na temporalidade dos anos de 2002 até 2020. O Gráfico 4.1 apresenta os artigos catalogados pelo ano de publicação.

Gráfico 4.1. Número de artigos publicados anualmente

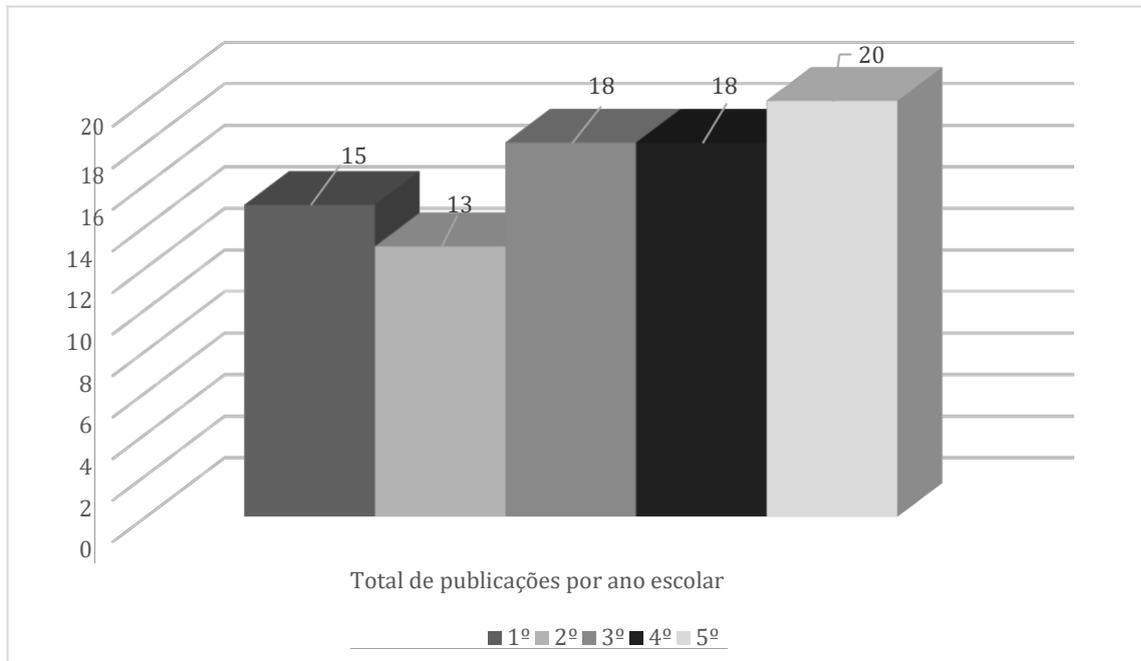
O uso da RA nos anos iniciais da educação básica é globalmente difundido na perspectiva deste estudo que totalizou a análise de cinquenta e cinco artigos. Destaca-se, nessa análise, o número de publicações em cada continente, sendo trinta e uma publicações no continente asiático; dez na Europa; oito na América do Sul e seis na América do Norte.

Os anos iniciais da educação básica correspondem do 1º ao 5º ano e os alunos encontram-se na faixa etária de 6 a 11 anos de idade. Dos artigos selecionados, quatro apresentavam o uso da RA em um contexto mais amplo, sendo possível aplicá-la em todos os anos (1º ao 5º) dessa etapa de ensino. Outros oito artigos possibilitavam a aplicação em mais de um ano de ensino, sendo cinco artigos de aplicação com alunos do 1º ao 3º ano do ensino fundamental, e três com alunos do 4º e 5º ano. Os artigos que abordaram anos de ensino específicos, foram organizados na tabela 4.2.

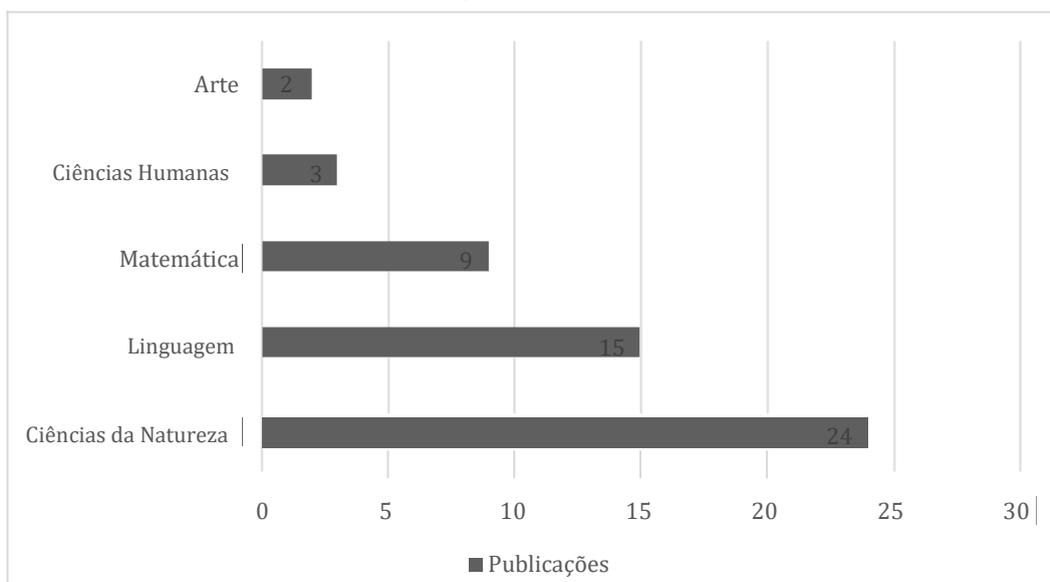
Tabela 4.2. Publicações por ano de ensino

Ano de ensino	Idade	Quantidade de artigos
1º ano	6-7 anos	6
2º ano	7-8 anos	4
3º ano	8-9 anos	9
4º ano	9-10 anos	11
5º ano	10-11 anos	13

Considerando as diversas opções de uso e suas sobreposições, pode-se visualizar no gráfico 4.2 a frequência de aplicações publicadas com uso de RA nos anos iniciais da educação básica. É pertinente observar que há uma equidade entre as aplicações em cada ano escolar, com um leve aumento na etapa final dos anos iniciais da educação básica.

Gráfico 4.2. Número de aplicações publicadas de RA em cada ano escolar

Sobre as áreas do conhecimento, foram localizadas publicações com abordagens pedagógicas em Linguagem (língua materna e segundo idioma), Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Arte, distribuídas conforme o gráfico 4.3. A catalogação dos artigos por área do conhecimento seguiu as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017) que estabelece cinco principais área do conhecimento. Além dos artigos catalogados por áreas do conhecimento, obteve-se dois artigos que tratam especificamente dos aspectos de engajamento, motivação e desafios com o uso da RA.

Gráfico 4.3. Publicações por área do conhecimento

5. Discussão

A RA vem se consolidando como uma área de grande importância no uso de tecnologias na educação. Ao observar os anos em que ocorrem as publicações de artigos científicos envolvendo o uso da RA nos anos iniciais da educação básica, percebe-se o interesse crescente a partir do ano de 2012, principalmente. Nesse ano, houve o lançamento do primeiro aplicativo de realidade aumentada em nuvem (BLIPPAR, 2012) facilitando e aprimorando a tecnologia. No ano de 2016, ocorreu o lançamento do primeiro game de RA de grande sucesso: Pokémon Go. Com a disseminação da RA através dos jogos e o barateamento dos dispositivos, a partir do ano de 2016 há um maior número de publicações que envolvem educação e RA. Tais dados corroboram para a afirmativa de Tori e Hounsell (2018) que ressaltam que a maior disseminação tecnológica e o barateamento dos dispositivos são fatores essenciais para a disseminação e consolidação do uso da RA em diversos contextos.

A universalização do acesso às tecnologias na educação, em especial a RA, é influenciada por diversos contextos e fatores em cada país. Encontra-se um grande número de artigos que tratam do uso da RA na educação, principalmente no continente asiático (31). Dados do Programa de Avaliação Internacional de Alunos (PISA)¹⁰ (OCDE, 2019) identificam que os sistemas escolares asiáticos possuem os melhores resultados no desempenho dos alunos em Matemática, Ciências e leitura.

Na Ásia, destaca-se Taiwan, que desde a década de 1990 iniciou um grande investimento científico, sendo hoje um dos maiores centros tecnológicos do planeta. Tais investimentos repercutiram no desenvolvimento educacional da região que está na oitava posição no PISA (OCDE, 2019).

No que diz respeito à América do Sul, são localizados artigos apenas no Brasil (7) e no Equador (1) podendo indicar pouco investimento em pesquisa na área de educação e tecnologia no continente.

A RA possui grande potencial para enriquecer os processos educativos. O maior investimento em pesquisas que abordam RA está combinado aos tópicos de Ciências da Natureza dos anos iniciais da educação básica. Para catalogação e organização dos artigos analisados, foram utilizadas as três unidades temáticas de Ciências da Natureza da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), são elas: Matéria e Energia; Terra e Universo e Vida e Evolução.

“A unidade temática Matéria e Energia contempla o estudo de materiais e suas transformações, fontes e tipos de energia utilizados na vida em geral” (BRASIL, 2017, p. 325). Gotardo *et al.* (2013) demonstra a utilização da RA para o ensino da coleta seletiva. O ciclo hidrológico é contemplado através do estudo de Bratitsis; Bardanika e Ioannou (2017).

“Na unidade temática Terra e Universo, busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes” (BRASIL, 2017, p. 328). Toledo-Morales e Sanches-Garcia (2018) abordam os tópicos de representação da Terra, enquanto Syawaludin; Gunarhadi e Rintayati (2019) apresentam o uso da RA no estudo de rochas e Wickramapala (2019) aborda estudos ambientais. Phon *et al.* (2019) tratam dos aspectos da Astronomia.

¹⁰<https://www.oecd.org/pisa/>

Sobre Vida e Evolução, encontram-se “questões relacionadas aos seres vivos (incluindo os seres humanos)” (BRASIL, 2017, p. 326). Três trabalhos tratam sobre a ecologia das borboletas, são eles: Tarng e Ou (2012); Hwang *et al.* (2016); e Bhagat *et al.* (2019). Sobre os animais, encontramos trabalhos que abordam a classificação da cadeia alimentar (SAVITRI; ARIS and SUPIANTO, 2019), as classes de animais (FLAUZINO; KIRNER, 2013), conservação das tartarugas de Sumatra (WINARNI; PURWANDARI, 2019), sobre dinossauros (LU *et al.*, 2020) e seres vivos em geral (HENDAJANI *et al.*, 2019) e (CHIANG; YANG and HWANG, 2014). As plantas são contempladas nos artigos de Chang; Chung e Huang (2014); Maijarern; Chaiwut e Nobnop (2018); e Chen *et al.* (2020). O estudo do ser humano é retratado nos trabalhos de Hendajani *et al.* (2018); Kouzi; Mao e Zambrano (2019); Fakhrudin; Yamtinah e Riyadi (2017); Pérez-López e Contero (2013); Pérez-López; Contero e Alcañiz (2010).

Del Río Guerra *et al.* (2020) demonstra em seu estudo que há melhora na pontuação média dos alunos na alfabetização científica utilizando RA móvel baseada em STEM em comparação com o aprendizado convencional nos aspectos de contexto, conteúdo, competência e atitude científica dos alunos.

Esta análise demonstra que os tópicos da área de Ciências da Natureza possuem um número significativo de publicações (24), destacando-se dentre elas a unidade temática que aborda os seres vivos e todos os conteúdos que se desdobram a partir deste tema genérico (17). Tal análise sustenta a afirmação de que um dos aspectos relevantes do uso da RA na escola está na oferta da visualização e simulação de condições complexas de serem projetadas e acompanhadas no ambiente educativo. Exemplos positivos do uso da RA na área de Ciências da Natureza são a possibilidade de o aluno acompanhar a evolução e as fases de um ser vivo, ou ainda, compreender com profundidade sobre as tartarugas e borboletas, bem como aprender aspectos da Astronomia e da representação da Terra.

A área da Linguagem é fundamental em qualquer parte do mundo, pois através do seu ensino e aprendizagem, os estudantes aprimoram suas experiências possibilitando a participação significativa e crítica nas diversas práticas sociais. Nessa área, os artigos localizados foram catalogados em: língua materna e segundo idioma.

Sobre a língua materna, foram localizados artigos que tratam da alfabetização no processo de grafia das palavras utilizando o recurso da RA (SILVA; SILVA and MELO, 2017); (CAVALCANTE *et al.*, 2016) e (OLIVEIRA; ZORZAL, 2013). Os autores Silva; Silva e Melo (2017) apresentam o aplicativo Adoletras que propõe auxiliar o processo de alfabetização de crianças na faixa etária entre 6 e 7 anos de idade. O Adoletras permite trabalhar a grafia das palavras e das sílabas através do uso de RA no celular. Segundo os autores, o uso desse dispositivo de RA possibilitou a aprendizagem significativa e a estimulação da imaginação das crianças. Cavalcante *et al.* (2016) demonstram a aplicação de realidade aumentada onde o aluno, ao posicionar marcadores, faz a visualização da grafia da palavra associando-a à imagem do objeto sendo projetada, garantindo assim maior assimilação e reconhecimento da escrita da palavra.

Danaei *et al.* (2020) apresentam um trabalho direcionado à leitura de livros com e sem RA para alunos entre 7 a 9 anos de idade. Ainda, Carneiro e Silva (2016) utilizam a contação de histórias em RA como recurso facilitador do processo de alfabetização através do livro Banda da Floresta.

Ao finalizar a etapa correspondente a alfabetização, a compreensão da leitura torna-se objeto de estudo, retratada no trabalho de Wangid; Rudyanto e Gunartati (2020) e voltada aos alunos dos 4^{os} e 5^{os} anos do ensino fundamental.

A aprendizagem de um segundo idioma requer a articulação entre esse e a língua materna. Camacho Montellanos; Macavilca Vásquez e Herrera Salazar (2019) apresentam um recurso de RA para a aprendizagem da língua quíchua pelos alunos da República da Nicarágua. O trabalho de Wen (2020) apresenta um jogo em RA para a composição de caracteres chineses. A aprendizagem da língua inglesa como segundo idioma ainda é amplamente difundida em diversas culturas e facilitada pelo uso de recursos de RA conforme os trabalhos de Chen *et al.* (2018); Chen e Wang (2015); Tsai (2018); Hsu (2017); Hsu (2019); Barreira *et al.* (2012) e Solak e Cakir (2015).

Na área de Matemática percebe-se a preocupação com o ensino e aprendizado dos conteúdos de Geometria. Os autores Purnama; Andrew e Galinium (2014); Rossano *et al.* (2020); Yu; Liao e Wu (2016); e Radu *et al.* (2015) abordam tópicos envolvendo o uso de RA para o ensino de geometria. No trabalho de Purnama; Andrew e Galinium (2014) pode-se conhecer uma ferramenta de auxílio para medir ângulos de 180 graus e também auxiliar o aluno no uso do transferidor para leitura de ângulos. Rossano *et al.* (2020) demonstram o aplicativo Geo+ que apoia a aprendizagem de geometria sólida. Yu; Liao e Wu (2016) desenvolveram ferramentas de RA para ajudar os alunos a criarem estratégias para calcular o volume de cubos. Radu *et al.* (2015) apresentam quebra-cabeças imersivos tridimensionais, ensinando Geometria e habilidades de cognição espacial.

Ainda sobre tópicos da Matemática, o trabalho de Lozada-Yáñez; La-Serna-Palomino e Molina-Granja (2019) apresentam a aplicação de um sistema que envolve RA e sensor de movimento implementado na câmera MS-Kinect para o ensino de Matemática. O trabalho constata que os alunos tiveram atitudes positivas, destacando ser mais eficaz com alunos de baixo desempenho quando comparado aqueles de alto desempenho. Silva; Lemos e Carvalho (2014) apresentam um software para o apoio ao ensino de frações utilizando RA. Ao posicionar os marcadores, os alunos podem visualizar prismas geométricos que representam as frações em estudo. Radu; McCarthy e Kao (2016) investigaram aplicações educacionais de RA para Matemática. Foi realizada uma pesquisa com professores do ensino fundamental que elencaram os conteúdos de representação dos números, frações, problemas matemáticos e medição fora do padrão como difíceis de serem ensinados com métodos tradicionais. Foram criados protótipos que abordavam esses conteúdos e, ao serem aplicados com os estudantes, notou-se ganhos significativos no processo de ensino e aprendizagem.

A área de Ciências Humanas contempla os conteúdos de História e Geografia. Foram identificados apenas três artigos nesta área que envolvem História (CHANG; LIN, 2014); (OLTMAN; HAMMOND, 2017) e (CASADO; GUTIÉRREZ and SOMOZA, 2018). Chang e Lin (2014) desenvolveram um sistema de aprendizagem baseado no Kinect para educar os alunos sobre os festivais culturais chineses, em especial o Festival de Lanternas. Oltman e Hammond (2017) relatam a experiência de aprendizagem através de um jogo sério que utilizou RA para o ensino da história da Morávia. Casado; Gutiérrez e Somoza (2018) tratam da integração da RA no ensino da unidade educacional que contempla as noções de tempo histórico.

Na área da Arte, dois artigos abordam o ensino musical. Kusunoki; Sugimoto e Hashizume (2002) descrevem um sistema que apoia a aprendizagem musical de forma colaborativa. O estudo percebeu que os alunos ficaram mais interessados e curiosos para aprender sobre novos instrumentos musicais. Gomes *et al.* (2014) apresenta um jogo colaborativo baseado em geo-localização e realidade aumentada que busca identificar compositores, instrumentos musicais e estilos, por meio de pistas envolvendo som, imagem, vídeo e gráficos.

Independentemente da etapa escolar em questão, um dos maiores desafios da educação é instigar a aprendizagem do aluno de forma enriquecedora, fazendo-o adquirir conhecimentos de forma significativa (AUSUBEL, 1963). Nos artigos analisados identifica-se que o uso da RA melhora a aquisição do conhecimento quando comparada com abordagens tradicionais.

Syawaludin; Gunarhadi e Rintayat (2019) identificaram que o raciocínio abstrato dos alunos na aprendizagem de ciências aumentou em 24,20% ao utilizar multimídia interativa com base em realidade aumentada. Outros autores, como Hwang *et al.* (2016) e Chiang, Yang e Hwang (2014) também observaram que o processo de aprendizagem é aprimorado com as abordagens em RA.

No estudo de Lozada-Yáñez; La-Serna-Palomino and Molina-Granja (2019) há uma perspectiva que evidencia, inclusive, uma melhora na aprendizagem de 13% dos alunos com baixo desempenho em comparação ao grupo de alunos com alto desempenho, onde a melhora concentrou-se em apenas 3,47%.

Pérez-López e Contero (2013) obtiveram dados importantes ao analisar que há maior retenção na unidade de aprendizagem ensinada com RA em comparação ao que foi ensinado usando métodos tradicionais, quatro semanas após a avaliação inicial.

Esses dados demonstram que o uso da RA pode ter um impacto positivo em diversos contextos educacionais e que alunos que apresentam dificuldade na aprendizagem podem ser ainda mais beneficiados. Inclusive, é relatado maior retenção do conhecimento a longo prazo, garantindo que ocorreu a aprendizagem significativa do conteúdo proposto pelos educadores (PÉREZ-LÓPEZ; CONTERO, 2013).

Contudo, um artigo, ainda que isolado, não considera que a RA aumenta o nível de aprendizagem (CASADO; GUTIÉRREZ and SOMOZA, 2018). Esse estudo compara um grupo experimental e de controle e verifica que a integração da RA não produz uma melhoria significativa na aprendizagem comparada a uma metodologia tradicional. Vale destacar que o estudo foi realizado em uma escola que já possui quadro branco digital e dispositivos móveis em sala de aula e são habituados a usá-los, pois as aulas são baseadas em livros digitais.

Educar é uma relação de construção e dialética que envolve diversos fatores e, entre eles, fatores emocionais. É antagônico falar de educação sem considerar o educando em sua totalidade. Stylianidou *et al* (2020) trata em seu trabalho especificamente sobre engajamento, participação e resposta à variabilidade dos alunos. Conclui que, ao utilizar a RA em contextos educativos, há aumento nos níveis de engajamento e participação na aprendizagem de todos os alunos, incluindo à variabilidade dos estudantes.

Durante a análise dos artigos selecionados, em apenas cinco (5) não foram localizadas menções diretas sobre motivação, interesse, entusiasmo e interação. Dois (2)

trabalhos não consideram o uso de RA como motivador no processo educacional (CASADO; GUTIÉRREZ and SOMOZA, 2018) e (Lu *et al.*, 2020).

Casado; Gutiérrez e Somoza (2018) não identificaram melhora na motivação dos alunos, o maior escore encontrado diz respeito a melhora na sensação de participação pelos alunos. Lu *et al.* (2020) sugere uma investigação mais aprofundada para determinar se o compartilhamento de dispositivos pode reduzir o engajamento e motivação. Em seus estudos, foi observado um declínio significativo na confiança dos alunos que estavam organizados em equipes de até 6 pessoas e possuíam apenas um dispositivo. Assim, enquanto um aluno estava envolvido na montagem do quebra-cabeça os outros apenas observavam.

Outro benefício do uso de RA na educação é relatado nos estudos de Wangid; Rudyanto e Gunartati (2020). Os autores estudaram os efeitos do uso de um livro em RA na ansiedade dos alunos na aprendizagem Matemática. A ansiedade matemática pode ser uma barreira no processo de aprendizagem dos educandos e ao ofertar a visualização 3D por meio da RA, o estudo conclui que a mídia influencia positivamente e significativamente na ansiedade dos alunos.

Alalwan *et al.* (2020) realizou entrevistas com 29 professores e identificou sete problemas principais no que diz respeito ao uso de RA nos anos iniciais da educação básica. O maior desafio está relacionado à política BYOD (“*Bring Your Own Device*”. *Em tradução livre: traga seu próprio aparelho*). Apenas 7 dos 29 professores disseram que as famílias dos alunos não possuem condições de compra de aparelhos. A maior dificuldade do BYOD encontra-se na permissão das famílias para que o aluno traga seu dispositivo para a escola, além da preocupação relacionada à roubos, perdas e uso indevido do dispositivo. Outros problemas estão relacionados a: falta de tempo, falta de competência, falta de atenção, e falta de recursos a longo prazo. Isso evidencia que o fator novidade influi no uso desta tecnologia, além dos recursos serem limitados e da impossibilidade de adaptações por parte dos professores.

Os alunos relatam que ficam menos entediados ao usar tecnologia nas aulas, o conteúdo apresenta-se de forma mais interessante e possibilita a aprendizagem de forma lúdica, mesmo quando não é apresentada em forma de jogo. Toledo-Morales e Sanches-Garcia (2018) contribuem ao afirmarem que é necessário repensar as regras das escolas de ensino fundamental, especificamente dos anos iniciais, autorizando o uso dos dispositivos móveis.

Sobre os aspectos e recursos tecnológicos, apenas seis (6) tratam do uso de RA sem uso de marcadores, são eles: sem marcadores (HENDAJANI *et al.*, 2019), utilizando geolocalização (GOMES *et al.*, 2014); (CHIANG; YANG and HWANG,2014) e (OLTMAN; HAMMOND, 2017) e o MS-Kinect (LOZADA-YÁNEZ; LA-SERNA-PALOMINO and MOLINA-GRANJA, 2019) e (CHANG; LIN, 2014), que implica em uma adaptação da sala de aula para o uso desse dispositivo. A realidade aumentada pode ser dividida em uso de marcadores e sem uso de marcadores. Os trabalhos mencionados que não utilizam marcadores, fornecem informações virtuais com base na localização dos dispositivos através da função GPS.

Os artigos tratam do uso da RA através da dupla computador e webcam ou do uso de aparelhos celulares e tablets, que podem ser fornecidos pela instituição ou permitido que os alunos tragam para a escola o seu aparelho de uso pessoal. Nos aspectos tecnológicos alguns problemas são relatados, como: dificuldade de acesso à internet,

permissão das instituições para o download de aplicativos e falhas na leitura das aplicações de RA.

6. Considerações Finais

Nos últimos anos, especialmente após 2016, jogos de RA tornaram-se populares, atraindo atenção de diversos segmentos, entre eles, a educação. O uso da RA na educação possibilita uma abordagem inovadora e a melhora na qualidade de ensino. O estudo relatado neste artigo forneceu argumentos que motivam a integração da RA nos anos iniciais da educação básica. Os resultados indicaram que há melhora na aquisição do conhecimento. Destacando-se inclusive os processos educativos dos alunos com baixo desempenho ou com variabilidade. A motivação e engajamento também foram estimulados na aprendizagem com o uso da RA. Alunos sentem-se atraídos pela tecnologia, motivados a aprender e engajados no seu processo educacional. Ainda que, alguns aspectos possam influir negativamente, como a baixa oferta de dispositivos e o consequente compartilhamento entre muitas pessoas e o fator novidade, as variáveis motivacionais são muito positivas. Também foi constatado que diversas áreas do conhecimento são beneficiadas com aplicativos de RA. Contudo, na área de Ciências Naturais há um maior investimento e interesse por parte dos pesquisadores e desenvolvedores de ferramentas de realidade aumentada. Sugere-se que em estudos futuros se busque contemplar outras áreas do conhecimento com pouco investimento, como a área das Ciências Sociais, por exemplo.

Problemas e desafios são relatados para a efetivação do uso de realidade aumentada nos anos iniciais da educação básica. Há problemas técnicos, como oferta ao acesso à internet de qualidade, falhas na leitura das aplicações e disponibilidade de dispositivos de qualidade e em quantidade adequada. Outros são problemas institucionais, como as permissões para baixar aplicativos e a autorização aos alunos para que utilizem os dispositivos móveis. Há os problemas sociais como o roubo e uso indevido do dispositivo. Ainda que observado o desejo de incorporar essa tecnologia nas suas aulas, os professores relaram receio pela falta de competência, treinamento e tempo. Os educadores também ressaltam o fato de os recursos serem limitados e da impossibilidade de adaptá-los aos contextos educacionais. Contudo, tratando-se de alunos de 6 a 11 anos de idade e que estão iniciando sua caminhada acadêmica, encontrar uma grande quantidade de trabalhos sendo desenvolvidos em várias partes do mundo, indica que, apesar dos problemas e dificuldades, a RA é uma tecnologia com grande potencial. Ao alinhar o uso da RA com uma metodologia educacional inovadora, propicia-se o sucesso no processo educativo e a aprendizagem significativa.

Por fim, essa revisão integrativa serve como instrumento norteador na organização das pesquisas futuras. Essas poderão contemplar áreas do conhecimento diferentes, aprofundar os estudos sobre aquisição do conhecimento e motivação com populações maiores, influência do fator novidade, buscar soluções relevantes às permissões de uso de dispositivos móveis por alunos de 6 a 11 anos de idade e criar aplicações de RA que utilizem outros hardware de entrada, além dos marcadores físicos.

Referências

- ALALWAN, N. *et al.* (2020). Challenges and Prospects of Virtual Reality and Augmented Reality Utilization among Primary School Teachers: A Developing Country Perspective. *Studies in Educational Evaluation*, v. 66.
- AUSUBEL, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton.
- AZUMA, R. *et al.* (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, v. 21, n. 6, p. 34–47.
- BACICH, L; MORAN, J (org.). (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso.
- BARREIRA, J. *et al.* (2012). MOW: Augmented Reality game to learn words in different languages: Case study: Learning English names of animals in elementary school. *In: Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- BHAGAT, K. K. *et al.* (2019) To use augmented reality or not in formative assessment: a comparative study. *Interactive Learning Environments*. Vol. 27, No. 5-6, p. 830-840.
- BRATITSIS, T.; BARDANIKA, P. and IOANNOU, M. (2017). Science Education and Augmented Reality content: The case of the Water Circle. *IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies*. P. 485-489.
- BRASIL. (2017) Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF.
- CAMACHO MONTELLANOS, J. L.; MACAVILCA VÁSQUEZ, C. A. and HERRERA SALAZAR, J. L. (2019). Augmented reality mobile application and its influence in Quechua language learning. *IEEE*.
- CARNEIRO, R.; SILVA, R.T. (2016). Banda da Floresta. *In: V Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Anais dos Workshops do V Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2016)*, p. 112-116.
- CASADO, E.M.P; GUTIÉRREZ, R.C. and SOMOZA, J.A.G.C. (2018). Incidencia de la realidad aumentada en la enseñanza de la historia una experiencia en tercer curso de educación primaria. *Ediciones Universidad de Salamanca*, v. 36, p. 23-39.
- CAVALCANTE, R.S. *et al.* (2016). Aplicação de Realidade Aumentada Móvel para Apoio ao Ensino de Crianças. *In: V Congresso Brasileiro de Informática na Educação. V Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, p. 691-700.
- CHANG, R-C; CHUNG, L-Y and HUANG, Y-M. (2014). Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning. *Interactive Learning Environments*. Vol. 24, No. 6, p. 1245–1264.
- CHANG, Y-H.; LIN, Y-K. (2014). A kinect-based system for learning chinese cultural festivals. *Proceedings of the 2014 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Lanzhou*. p. 462-468.
- CHEN, C-P; WANG, C-H. (2015). The Effects of Learning Style on Mobile Augmented-Reality-Facilitated English Vocabulary Learning. *2nd International Conference on Information Science and Security (ICISS)*.
- CHEN, M-B. *et al.* (2020). A Preliminary Study of the Influence of Game Types on the Learning Interests of Primary School Students in Digital Games. *Education Sciences*, v.10, n. 96.
- CHEN, S-Y. *et al.* (2018). A Study on Integrating Augmented Reality Technology and Game-based Learning Model to Improve Motivation and Effectiveness of Learning English Vocabulary. *2018 1st International Cognitive Cities Conference (IC3)*. P. 24-27.
- CHIANG, T.H.C.; YANG, S.J.H. and HWANG, G-J. (2014). Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. *Computers & Education*. Vol. 78, p. 97-108.
- DANAEI, D. *et al.* (2020). Comparing reading comprehension between children reading augmented reality and print storybooks. *Computers & Education*, v. 153.

- DEL RÍO GUERRA, M.S. *et al.* The Limited Effect of Graphic Elements in Video and Augmented Reality on Children's Listening Comprehension. *Appl. Sci.* Vol. 10, No. 527, p.2-17.
- FAKHRUDINI, A.; YAMTINAH, S. and RIYADI. (2017). Implementation of Augmented Reality Technology in Natural Sciences Learning of Elementary School to Optimize the Students' Learning Result. *International Online Journal of Primary Education*, v. 6, p. 30-38.
- FLAUZINO, F.S.; KIRNER, C. (2013). Desenvolvimento de um Jogo Educacional sobre a Classificação dos Animais usando Realidade Aumentada Online. *In: II Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Workshops (WCBIE 2013)*, p. 501-506.
- GANONG, LH. (1987). Integrative reviews of nursing research. *Res Nurs Health*. P. 1-11.
- GOMES, J.D.C. *et al.* (2014). Musical Peddy-Paper: A Collaborative Learning Activity Supported by Augmented Reality. *In: 11th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age*, p. 221-224.
- GOTARDO, R. *et al.* (2013). Realidade Aumentada aliada aos Materiais Didáticos na Educação Básica. *In: II Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Workshops (WCBIE 2013)*, p. 240-248.
- HENDAJANI, F. *et al.* (2018). 3D animation model with augmented reality for natural science learning in elementary school. *Journal of Physics: Conference Series* 1013.
- HENDAJANI, F. *et al.* (2019). Tracking visualization of 3 dimensional object natural science learning media in elementary school with markerless augmented reality based on android. *Journal of Physics: Conference Series* 1192.
- HSU, T-C. (2017). Learning English with Augmented Reality: Do learning styles matter? *Computers & Education*. Vol. 106, p. 137-149.
- HSU, T.C. (2019). Effects of gender and different augmented reality learning systems on English vocabulary learning of elementary school students. *Univ Access Inf Soc*, p. 315-325.
- HWANG, G-J *et al.* (2016). Effects of an augmented reality-based educational game on students' learning achievements and attitudes in real-world observations. *Interactive Learning Environments*. Vol. 24, No. 8, p. 1895-1906.
- KIRNER, C.; Siscoutto, R. (2007). *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre.
- KOUZI, M.E.; MAO, A. and ZAMBRANO, D. (2019). An Educational Augmented Reality Application for Elementary School Students Focusing on the Human Skeletal System. *In: IEEE Conference on Virtual Reality, Japan*, p. 1594-1599.
- KUSUNOKI, F.; SUGIMOTO, M. and HASHIZUME, H. (2002). Symphony-Q: A Support System for Learning Music in Collaborative learning. 2002 IEEE SMC TA2F4.
- LOZADA-YÁNEZ, R.; LA-SERNA-PALOMINO, N. and MOLINA-GRANJA, F. (2019). Augmented Reality and MS-Kinect in the Learning of Basic Mathematics: KARMLS Case. *International Education Studies*, v. 12, n. 9, p. 54-69.
- LU, S-J *et al.* (2020) Evaluation of AR embedded physical puzzle game on students' learning achievement and motivation on elementary natural Science. *Interactive Learning Environments*. Vol. 28, No. 4, p. 451-463.
- MAIJARERN, T.; CHAIWUT, N. and NOBNOP, R. (2018). Augmented Reality for Science Instructional Media in Primary School. *In: The 3rd International Conference on Digital Arts, Media and Technology*, p. 198-201.
- MENDES, KDS; SILVEIRA, RCCP and GALVAO, CM. (2008). Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. Vol, 17, n.4, p. 758-765. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0104-07072008000400018&script=sci_abstract&tlng=pt.
- OCDE (2019), PISA 2018 Assessment and Analytical Framework, PISA, OECD Publishing, Paris.
- OCDE (2018). Education at a Glance 2018: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris.

- OLIVEIRA, B.M.; ZORZAL, E.R. (2013). Jogo de Realidade Aumentada para Auxiliar no Aprendizado Infantil. In: II Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Workshops (WCBIE 2013), p. 507-510.
- OLTMAN, J.L.; HAMMOND, T.C. (2017). "I Almost Wanted to Touch It": Flow and Learning in Game-Based History Education with Augmented Reality for Early Elementary Students. AERA Online Paper Repository.
- PÉREZ-LÓPEZ, D.; CONTERO, M. (2013). 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, p. 19-28.
- PÉREZ-LÓPEZ, D.; CONTERO, M. and ALCANIZ, M. (2010). Collaborative development of an augmented reality application for digestive and circulatory systems teaching. 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. P. 173-175.
- PHON, D.N.A/L. E. *et al.* (2019). The Effect of Augmented Reality on Spatial Visualization Ability of Elementary School Student. International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology. Vol.9, No. 2, p. 624-629.
- PURNAMA, J.; ANDREW, D. and GALINIUM, M. (2014). Geometry learning tool for elementary school using augmented reality. In: IAICT 2014, Bali, p. 145-148.
- RADU, I.; McCARTHY, B. and KAO, Y. (2016). Discovering educational augmented reality math applications by prototyping with elementary-school teachers. In: IEEE Virtual Reality Conference, USA, p. 271- 272.
- RADU, I. *et al.* (2015). Cyberchase shape quest: pushing geometry education boundaries with augmented reality. IDC '15: Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children. P. 430-433.
- ROSSANO, V. *et al.* (2020). Augmented Reality to Support Geometry Learning. IEEE Access. Vol. 8. P. 107772- 107780.
- SAVITRI, N.; ARIS, M.W. and SUPianto, A.A. (2019). Augmented Reality Application for Science Education on Animal Classification. IEEE. P. 270-275.
- SILVA, T.R.; LEMOS, B.M. and CARVALHO, C.V.A. (2014). Um software educacional para apoio ao ensino de frações utilizando realidade aumentada. AS&T Acta Scientiae & Technicae. V. 2, n. 2.
- SILVA, T.S.C.; SILVA, A.S.C. and MELO, J.C.B. (2017). Adoletras: Um jogo de Realidade Aumentada para auxiliar no processo de Alfabetização. In: VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Anais dos Workshops do VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE 2017), p. 206-213.
- SOLAK, E.; CAKIR, R. (2015). Investigating the Role of Augmented Reality Technology in the Language Classroom. Croatian Journal of Education, v.18, n.4, p. 1067-1085.
- STAPPEN, A.V.D. *et al.* (2019). MathBuilder: A Collaborative AR Math Game for Elementary School Students. CHI PLAY'19, Barcelona, Spain, p. 731-738.
- STYLIANIDOU, N. *et al.* (2020). "Helping Nemo!"--Using Augmented Reality and Alternate Reality Games in the Context of Universal Design for Learning. Education Sciences, v.10, n. 95.
- SYAWALUDIN, A.; GUNARHADI and RINTAYATI, P. (2019). Enhancing Elementary School Students' Abstract Reasoning in Science Learning through Augmented Reality-Based Interactive Multimedia. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, v. 8, n.2, p. 289-298.
- TAJRA, SF. (2019). Informática na educação: o uso de tecnologias digitais na aplicação das metodologias ativas. 10.ed. São Paulo: Érica.
- TARNG, W.; OU, K-L. (2012). A Study of Campus Butterfly Ecology Learning System based on Augmented Reality and Mobile Learning. 2012 Seventh IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education. P. 62-66.
- TOLEDO-MORALES, P.; SANCHES-GARCIA, J.M. (2018). Use of augmented reality in social sciences as educational resource. Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE, v. 19, n. 3, p. 38-52.

- TORI, R.; HOUNSELL, M. da S. (org.). (2018). *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre: Editora SBC.
- TSAI, C-C. (2018). A Comparison of EFL Elementary School Learners' Vocabulary Efficiency by Using Flashcards and Augmented Reality in Taiwan. *The New Educational Review*. P. 53-65.
- WAHYU, Y. *et al.* (2020). The Effectiveness of Mobile Augmented Reality Assisted STEM-Based Learning on Scientific Literacy and Students' Achievement. *International Journal of Instruction*. Vol.13, No.3. p. 343-356.
- WANGID, M. N.; RUDYANTO, H. E. and GUNARTATI, G. The Use of AR-Assisted Storybook to Reduce Mathematical Anxiety on Elementary School Students. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*. Vol. 14, No. 06, p. 195-204.
- WEN, Y. (2020). An Augmented Paper Game With Socio-Cognitive Support. *Ieee Transactions On Learning Technologies*. Vol. 13, No. 2, p. 259-268.
- WICKRAMAPALA, T. (2019). Easy Learning:Augmented Reality Based Environmental Studies for Primary Students. *International Conference on Advancements in Computing (ICAC)*. P. 255 – 260.
- WINARNI, E. W.; PURWANDARI, E. P. (2019). The Effectiveness of Turtle Mobile Learning Application for Scientific Literacy in Elementary School. *Journal of Education and e-Learning Research*, v. 6, n. 4, p. 156-161.
- YU, C-H; LIAO, Y-T and WU, C-C. (2016). Using Augmented Reality to Learn the Enumeration Strategies of Cubes. *2016 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*. P. 412-418.