



A REALIDADE AUMENTADA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR: UM ESTUDO SOBRE A APLICABILIDADE DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE ABORDAGENS EDUCACIONAIS EM REALIDADE AUMENTADA MÓVEL (MAREEA)

AUGMENTED REALITY IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS: A STUDY ON THE APPLICABILITY OF THE EVALUATION MODEL OF EDUCATIONAL APPROACHES IN MOBILE AUGMENTED REALITY (MAREEA)

REALIDAD AUMENTADA EN INSTITUCIONES DE ENSEÑANZA SUPERIOR: ESTUDIO SOBRE LA APLICABILIDAD DEL MODELO DE EVALUACIÓN DE ENFOQUES EDUCATIVOS EN REALIDAD AUMENTADA MÓVIL (MAREEA)

Nycolle Oliveira Souza Santos¹ & Armando Araújo de Souza Junior²

^{1,2,3} [Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção](http://www.ufes.br)
¹ nycollesnts@gmail.com ² armandoaraujo@ufam.edu.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 07.03.2023

Aprovado: 18.04.2023

Disponibilizado: 03.05.2023

PALAVRAS-CHAVE: Realidade aumentada; Instituições de Ensino Superior; Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel (MAREEA).

KEYWORDS: *Augmented reality; Higher Education Institutions; Model for Evaluation of Mobile Augmented Reality Educational Approaches (MAREEA).*

PALABRAS CLAVE: *Realidad aumentada; Instituciones de Educación Superior; Modelo de Evaluación de Enfoques Educativos en Realidad Aumentada Móvil (MAREEA).*

*Autor Correspondente: SANTOS, N. O. S.

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo analisar a Realidade Aumentada (RA) como tecnologia habilitadora nas Instituições de Ensino Superior (IES) e a aplicabilidade do Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel (MAREEA) para a melhoria da qualidade avaliativa de ensino. Trata-se de um método de pesquisa qualitativo, cujo objetivo de pesquisa é exploratório, desenvolvido a partir de um estudo bibliográfico e teórico-conceitual com base em um levantamento de uma pesquisa em fontes bibliográficas para análise e discussão. O modelo MAREEA possui quatro fatores de avaliação, quais sejam: usabilidade; engajamento; motivação; e aprendizagem ativa. A usabilidade se refere ao quão intuitivo é para os usuários aprenderem a utilizar e interagir com um certo produto, ou seja, o quão simples é para uma pessoa utilizar um determinado sistema. Alguns estudos desenvolvidos aplicando o MAREEA em IES têm apresentado um avanço significativo nas pesquisas sobre o tema, principalmente no processo de mediação, desenvolvimento cognitivo e aperfeiçoamento das técnicas de aprendizagem. Observou-se que a RA vem sendo aplicada para o aprimoramento dos projetos de fomento à educação, principalmente na educação tecnológica, educação social e educação inclusiva.

ABSTRACT

The present article aims to conduct an analysis on Augmented Reality (AR) as an enabling technology in Higher Education Institutions (HEI) and the applicability of the Model for the

Evaluation of Educational Approaches in Mobile Augmented Reality (MAREEA) to improve the evaluative quality of Teaching. This is a research method of qualitative approach; which research objective is exploratory developed from a bibliographic and theoretical-conceptual study based on a survey of research in bibliographic sources for analysis and discussion. The MAREEA model has four evaluation factors, namely: usability, engagement, motivation and active learning. Usability refers to how intuitive it is for users to learn how to use and interact with a certain product, that is, how simple it is for a person to use a certain system. Some studies developed applying MAREEA in HEIs have presented an important advance in research on the subject, especially in the mediation process, cognitive development, and improvement of learning techniques. It was observed that AR has been applied to the process of improvement and refinement of educational projects, particularly in technological education, social education, and inclusive education.

RESUMEN

El presente artículo pretende realizar un análisis sobre la Realidad Aumentada (RA) como tecnología habilitadora en Instituciones de Educación Superior (IES) y la aplicabilidad del Modelo de Evaluación de Enfoques Educativos en Realidad Aumentada Móvil (MAREEA) para mejorar la calidad evaluativa de la Docencia. Se trata de un método de investigación de enfoque cualitativo, cuyo objetivo de investigación es exploratorio desarrollado a partir de un estudio bibliográfico y teórico-conceptual basado en un relevamiento de investigaciones en fuentes bibliográficas para su análisis y discusión. El modelo MAREEA consta de cuatro factores de evaluación: usabilidad, compromiso, motivación y aprendizaje activo. La usabilidad se refiere a lo intuitivo que resulta para los usuarios aprender a utilizar e interactuar con un determinado producto, es decir lo sencillo que resulta para una persona utilizar un determinado sistema. Algunos estudios desarrollados aplicando MAREEA en IES han presentado un importante avance en la investigación sobre el tema, especialmente en el proceso de mediación, desarrollo cognitivo y mejora de las técnicas de aprendizaje. Se observó que la RA se ha aplicado al proceso de mejora y perfeccionamiento de proyectos para promover la educación, especialmente en la educación tecnológica, la educación social y la educación inclusiva.



INTRODUÇÃO

O surgimento industrial, que ocorreu com o desenvolvimento da máquina a vapor, foi um grande acontecimento que influenciou a evolução histórica da humanidade. Desde o seu surgimento até os dias atuais, a indústria passou por grandes e relevantes mudanças, as quais interferiram no modo de organização e no desenvolvimento da sociedade. Do ponto de vista histórico, a indústria foi o fator mais poderoso de aceleração do crescimento econômico, exercendo grande impacto nos mais variados setores da economia, Marson (2014), Sakurai e Zuchi (2018).

Com o avanço da tecnologia, que ocorreu ao longo dos anos, aconteceram fatos marcantes que contribuíram enormemente para o avanço da industrialização em todo o mundo, chamados de Revoluções Industriais. A Primeira Revolução Industrial foi caracterizada pela invenção das máquinas movidas a vapor. A Segunda Revolução Industrial foi conhecida pelo desenvolvimento da indústria no pós-guerra, assim como pela metalúrgica, a siderúrgica e a química, viabilizando a modernização dos métodos de produção. A Terceira Revolução Industrial manifesta-se como auge da era tecnológica, introduzindo inovações como a biotecnologia, a computadorização e a microeletrônica no sistema produtivo, possibilitando mais eficiência e adaptabilidade para a produção. Por fim, uma nova era da tecnologia traz a Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, que visa aproximar ainda mais a relação homem-máquina, conforme citado por Boettcher (2015), Venturelli (2017) e Cavalcante (2019).

O termo Indústria 4.0 foi mencionado pela primeira vez em 2011, e é resultado de um projeto de estratégias do governo alemão focado em tecnologia. A Indústria 4.0 tem como objetivo a conectividade, tornando todo o sistema industrial integrado e conectado, desde a produção até o pós-venda, e possui como característica proeminente a utilização das chamadas tecnologias habilitadoras: *Big Data*; Internet das Coisas; Robótica; Simulação; Inteligência Artificial; Computação em Nuvem; Realidade Aumentada; entre outras. Essas tecnologias proporcionam mais eficiência na entrega de produtos e serviços, redução dos custos envolvidos, além de permitirem uma produção mais flexível e personalizada, aludido por Khan e Turowski (2016), Venturelli (2017), Silveira e Lopes (2017), Sakurai e Zuchi (2018) e Magalhães e Vendramini (2018).

As tecnologias habilitadoras resultantes da Quarta Revolução Industrial impactam positivamente o dia a dia das pessoas, e estão presentes nos mais diversos setores da economia, como por exemplo, na área da saúde, marketing, recrutamento e seleção e desenvolvimento de jogos. Outra aplicação crescente dessas tecnologias é na área da educação (Schwab, 2019; Silva, 2018). Segundo Altoé et al. (2005), a utilização de tecnologias aplicadas à educação surgiu nos Estados Unidos, durante a Segunda Guerra Mundial, com a criação de equipamentos audiovisuais para a instrução de especialistas militares, mas foi apenas em 1970 que o computador começou a ser utilizado como uma ferramenta educativa.



Uma ferramenta resultante da Indústria 4.0 que pode trazer benefícios para o processo de ensino e aprendizagem é a Realidade Aumentada (RA). Trata-se de uma tecnologia que permite misturar objetos virtuais ao mundo real, ao utilizar técnicas de visão computacional. Essa tecnologia é capaz de oferecer uma nova forma de apresentação de conteúdos, aumentando a interação entre o aluno e o conteúdo exposto, melhorando seu entendimento (Azuma, 2006; Kirner & Tori, 2006; Araújo, 2009).

Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo realizar uma análise sobre a Realidade Aumentada (RA) como tecnologia habilitadora nas Instituições de Ensino Superior (IES) e a aplicabilidade do Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel (MAREEA) para a melhoria da qualidade avaliativa de Ensino. Trata-se de um método de pesquisa de abordagem qualitativa, cujo objetivo de pesquisa é exploratório, desenvolvido a partir de um estudo bibliográfico e teórico-conceitual, com base em um levantamento de pesquisas em fontes bibliográficas para análise e discussão. Outrossim, essa pesquisa se caracteriza como um recorte prévio de um estudo mais complexo, que está em desenvolvimento em uma dissertação de mestrado.

REALIDADE AUMENTADA (RA)

O conceito de Realidade Aumentada (RA) surgiu através do pesquisador Ivan Sutherland, na década de 1960. À época, Sutherland escreveu um artigo que idealizava a evolução da realidade virtual e abordava seus reflexos no mundo real, além disso, também desenvolveu um capacete de visão ótica direta rastreado para visualizar objetos 3D no ambiente real. No entanto, foi somente na década de 1980 que surgiu o primeiro projeto de RA, elaborado pela Força Aérea Americana. Esse projeto consistia em um simulador de *cockpit* de avião com visão ótica direta e, mesclava elementos virtuais com o ambiente físico do usuário (Kirner, 2008; Ribeiro & Zorzal, 2011).

A RA é a agregação do ambiente físico e virtual em tempo real, através de instrumentos de tecnologia. Essa agregação acontece por meio da execução de um programa em um computador com webcam, propiciando a projeção de imagens virtuais no mundo real (Fieb, 2016). Para Kirner (2011) e Insley (2003), a RA pode ser entendida como a complementação ou melhoramento do campo real com informações virtuais (imagens que possuem movimento e podem ser alteradas ou realocadas, sons espaciais, sensações relativas ao tato, entre outras) criadas por computadores em tempo real, posicionadas adequadamente no espaço 3D e verificadas através de dispositivos tecnológicos. Em função do crescente interesse na área da Realidade Virtual, foram sintetizados alguns conceitos e suas referências (Quadro 1).



Citação (APA): Santos, N. O. S. & Souza, A. A. de, Jr. (2023). A realidade aumentada em instituições de ensino superior: um estudo sobre a aplicabilidade do modelo de avaliação de abordagens educacionais em realidade aumentada móvel (MAREEA). *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(2), 45-59.

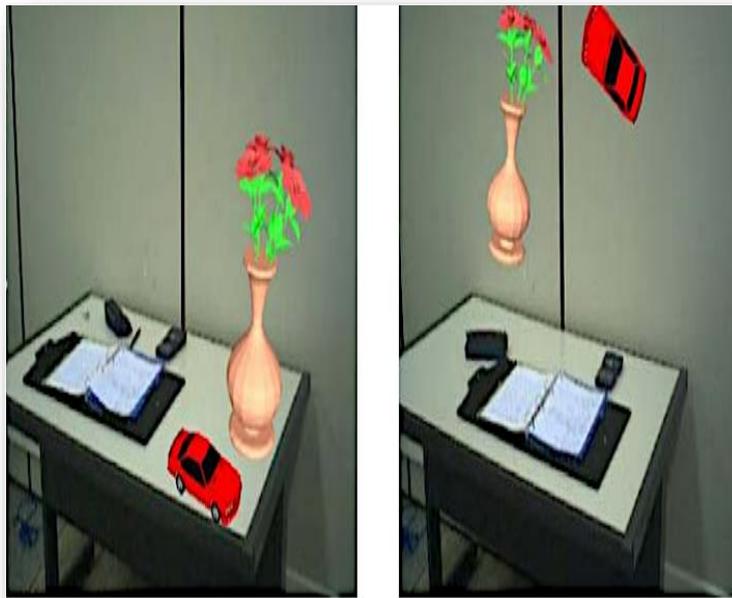
Quadro 1. Conceitos de Realidade Aumentada

CONCEITO	REFERÊNCIA
É uma particularização de realidade misturada, quando o ambiente principal é real ou há predominância do real.	Tori, Kirner e Siscouto (2006)
É o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real.	Tori, Kirner e Siscouto (2006)
É uma melhoria do mundo real com textos, imagens e objetos virtuais, gerados por computador.	Insley (2003)
É a mistura de mundos reais e virtuais em algum ponto da realidade/virtualidade contínua que conecta ambientes completamente reais a ambientes completamente virtuais.	Milgran, (1994)
É um sistema que preenche o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço e apresentando as seguintes propriedades: combina objetos reais e virtuais no ambiente real; executa interativamente em tempo real; organiza objetos reais e virtuais entre si; aplica-se não somente à visão, mas a todos os sentidos, incluindo audição, tato e olfato.	Azuma (2011)

Fonte: Autores, 2023.

A Figura 1 mostra um cenário de realidade aumentada, há uma mesa e fichário do mundo real combinados com carrinho e um vaso de planta do mundo virtual fazendo com que os dois ambientes coexistam.

Figura 1. Cenário de RA



Fonte: Registro de pesquisa, 2006.

É possível também alterar os objetos virtuais inseridos no ambiente real, utilizando as mãos ou um dispositivo que funcione como uma pá, permitindo a organização e ajuste do ambiente misturado. Essa tecnologia é promissora e trará mudanças positivas no relacionamento das pessoas, pois simplifica a formalização das ideias através da visualização e da interação das pessoas com as informações (Kawashima, 2001; Galana & Silva, 2004; Santin, 2004).



É importante destacar que a Realidade Aumentada (RA) é diferente da Realidade Virtual (RV). Na realidade virtual, há a imersão do usuário, ou seja, ele é inserido por completo no ambiente sintético, não podendo ver o mundo real ao seu redor, ou seja, há uma “substituição” do ambiente real pelo virtual. Ao contrário disso, na realidade aumentada, o ambiente virtual é reproduzido e sobreposto ao ambiente real, ou seja, a RA permite que o usuário veja o mundo real combinado com objetos do mundo virtual (Bar-Zee & Lewis, 2016).

Fundamentos da Realidade Aumentada (RA)

O principal desafio da realidade aumentada é fazer com que os objetos virtuais pareçam fazer parte do mundo real de maneira a se integrarem a esse ambiente, ao criar a ilusão de harmonia. Os sistemas da RA possuem as seguintes características (Tori, 2010; Azuma, 1997): (a) Mescla o real com o virtual, em um ambiente real; (b) Aplicação em tempo real; (c) Registro em 3D.

Para que essa harmonia seja alcançada é necessário que um software de RA seja executado em um computador com webcam. Por meio de técnicas de visão computacional e processamento de imagens, é possível realizar a mistura da cena do ambiente real, capturada pela webcam, com objetos virtuais produzidos através do computador. Além disso, o software de RA deve possibilitar a interação do usuário com os objetos virtuais e a interação de objetos reais e virtuais em tempo real (Kirner; Zorzal, 2005).

Ainda de acordo com Tori, Kirner e Siscouto (2006) e Milgram (1994), a Realidade Aumentada é uma realidade singular que existe entre os ambientes reais e virtuais. Esse relacionamento das realidades pode ser entendido como Realidade Misturada (RM), conceito esse obtido através das pesquisas de Milgram (1994) em seu “*Continuum Real-Virtual*”, demonstrado na Figura 2. Para Tori, Kirner e Siscouto (2006) a RM incorpora elementos virtuais ao ambiente real e vice-versa, de modo a complementar os dois ambientes.

É possível perceber que a Realidade Aumentada ocorre quando há a introdução de objetos virtuais no mundo real, mantendo o senso de presença do usuário no seu ambiente físico natural, já a Virtualidade Aumentada ou Realidade Virtual acontece quando usuários do mundo real são introduzidos no ambiente virtual, a RV busca transportar o usuário para o ambiente virtual.

A RA pode ser dividida em duas classificações, tendo como base o modo de visualização do usuário, ou seja, como ele enxerga o mundo misturado. Nos casos em que o usuário vê o mundo misturado direcionando os olhos para as posições reais com cena óptica ou por vídeo, a RA é de visão direta, também conhecida como imersiva. Já quando o usuário vê o mundo misturado por intermédio de algum dispositivo, como por exemplo um projetor ou monitor, não ordenado com as reais posições, a realidade aumentada é de visão indireta, também conhecida como não imersiva (Tori; Kirner; & Siscouto, 2006).

Outra classificação bastante conhecida para os sistemas de realidade aumentada é a classificação que tem por base a tecnologia ou dispositivo utilizado, sendo assim, temos: visão



ótica direta; visão direta baseada em vídeo; visão por vídeo baseado em monitor; visão ótica por projeção (Milgram, 1994; Isdale, 2000).

De acordo com Thales Group (2016), a realidade aumentada, que usualmente é mais conhecida no mundo dos jogos e entretenimento, está chegando ao ambiente das indústrias. A realidade aumentada poderá fornecer dados com exatidão e em tempo real e há diversas áreas onde a sua aplicação trará benefícios, principalmente nas áreas do ensino, aprendizagem e treinamento que deverão passar por uma grande evolução com as novas formas de relacionamento entre professor, aluno e informações (Tori, Kirner, & Siscouto, 2006).

A RA tem sido aplicada em diversas áreas, por exemplo, na medicina com simulação de cirurgias, diagnóstico e treinamento, no desenvolvimento de jogos aplicados à educação e ao lazer e ao marketing, expondo produtos como elementos de interação (Moreira, 2012; Wanderley, Medeiros, & Silva, 2011).

Realidade Aumentada na Educação

Para Klettemberg, Tori e Huanca (2021), A RA é uma tecnologia que vem ganhando espaço e tem enorme importância para a educação. Ao analisar publicações de artigos científicos sobre a utilização da RA na educação básica, percebe-se um crescimento no interesse pelo tema a partir do ano de 2012. Nesse ano, ocorreu o lançamento do primeiro aplicativo de RA em nuvem (Blippar, 2012) simplificando e melhorando a tecnologia. Em 2016, houve o lançamento do primeiro game de RA que se espalhou rapidamente e alcançou um grande sucesso: Pokémon Go, conforme demonstrado na Figura 2. Foi constatado pelos autores que após o compartilhamento da realidade aumentada houve a redução nos preços dos dispositivos. A partir de 2016 há um maior número de publicações que tratam de RA aplicada à educação.

Essa constatação corrobora para a afirmação de Tori e Hounsell (2018), no sentido de que a maior propagação tecnológica e a redução dos valores dos dispositivos são fatores fundamentais para a disseminação e consolidação do uso da RA em diversos setores

Um exemplo da implicação da RA na educação é o jogo Pokemon Go (Figura 2). Com o enorme sucesso do Pokémon Go, jogos de RA tornaram-se populares, chamando atenção de diversas áreas, inclusive a da educação. Pokémon GO é um texto multimodal em que os alunos podem interagir fora da sala de aula e pode ser utilizado para desenvolver e explorar habilidades de alfabetização acadêmica e de raciocínio dentro da sala de aula. No game as crianças têm a oportunidade de desenvolver noções de localização, leitura e de pensamento crítico (Howell, 2017).



Figura 2. Pokémon GO e RA



Fonte: Registro de pesquisa, 2022.

Sobre o aspecto demográfico, o continente asiático lidera o número de publicações de artigos científicos sobre o uso da RA nos processos educativos, contudo, essa ferramenta e o relacionamento com a área da educação está sendo mundialmente difundida e estudada. A RA está presente em todas as esferas educativas e está disponível para todas as idades (ensino básico, superior, técnico). O uso da RA na educação permite uma perspectiva inovadora que traz a melhoria na qualidade de ensino, os alunos se interessam pela tecnologia e se sentem motivados a aprender, apesar da influência de aspectos negativos como a baixa oferta de dispositivos e o baixo investimento das escolas ou governo, as variáveis motivacionais são fortemente existentes, pois a RA permite a aprendizagem de forma lúdica e mais interessante. Além disso, diversas áreas do conhecimento são beneficiadas com aplicativos de RA (Klettemberg, Tori, & Huanca, 2021).

Stylianidou et al. (2020) argumentam sobre a importância do engajamento, da motivação e da participação dos alunos no processo de aprendizagem e afirmam que a utilização da realidade aumentada nos contextos educativos aumenta os níveis desses três fatores, o que melhora o nível de aprendizagem dos alunos, inclusive daqueles com baixo desempenho. Para Cardoso et al. (2014), a RA torna a didática do ensino mais dinâmica e prazerosa, dando assim, uma diferenciação para os conteúdos pedagógicos.

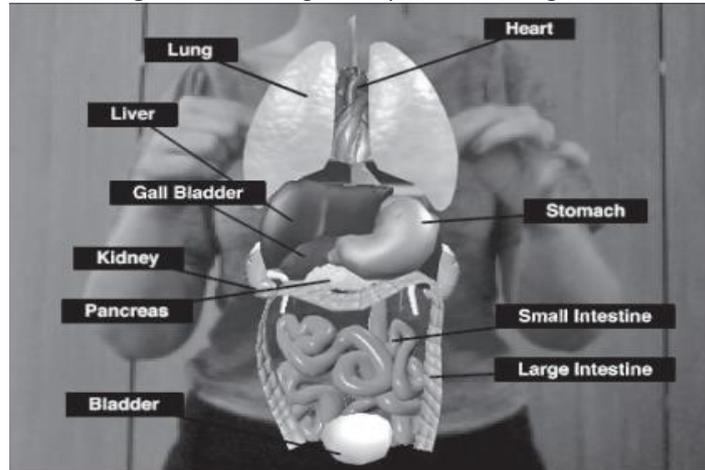
A realidade aumentada pode aperfeiçoar as experiências de aprendizado ao disponibilizar objetos artificiais 3D para os alunos interagirem, o que certamente aumenta a percepção visual do objeto em estudo. Os alunos podem analisar o objeto 3D de várias perspectivas para um maior entendimento e compreensão (Chen et al., 2017; Arvanitis et al., 2007).

A RA pode ser utilizada em diversas áreas do conhecimento, como por exemplo para o estudo da anatomia e estrutura do corpo em biologia, para estudar as moléculas em química e até



para rever eventos importantes da história. Um exemplo de aplicação é o fato de que o *Specialist Schools and Academies Trust (SSAT)* verificou que os professores poderiam fazer o uso da RA para mostrar quais órgãos compõem o corpo humano e como é a aparência deles, tudo isso por meio da apresentação de modelos 3D gerados por computador nas salas de aula (ambiente real) (Lee, 2012), conforme ilustração da Figura 3.

Figura 3. Tecnologia RA aplicada à biologia



Fonte: Registro de pesquisa, 2012.

Kerawalla et al. (2006) citam um exemplo de aplicação da RA no estudo da astronomia que foi dividido em duas partes: o ensino tradicional e a realidade aumentada. Na fase do ensino tradicional houve a leitura de um livro físico, explicação verbal sobre o sistema solar e uma apresentação utilizando objetos físicos (por exemplo, uma bola de tênis, uma corda e uma tocha). Na fase da RA, professores e alunos usaram uma mistura de tecnologias (por exemplo, quadro branco, projetor, câmera da web, bloco AR e pacote de modelagem virtual 3D) para observar e manusear uma terra giratória 3D virtual para aprender sobre o sol, terra, o dia e a noite (Wu et al., 2013). Para Chang, Morreale e Medicherla (2010), um aplicativo de RA chamado “Construção 3D” foi projetado para o ensino de matemática e geometria com modelos tridimensionais de construção geométrica (Kaufmann, 2006; Kaufmann & Schmalstieg, 2002).

Através desse aplicativo, professores e alunos compartilham um espaço virtual para trabalhar de forma colaborativa de modo a construir formas geométricas, sendo possível que os usuários sobreponham imagens geradas pelo computador no ambiente real.

Não há dúvidas dos inúmeros benefícios da RA na educação, entre esses pode-se destacar, ainda, a diminuição da ansiedade na aprendizagem de matemática. Conforme estudo realizado por Wangid, Rudyanto e Gunartati (2020), a aplicação de um livro em RA nas aulas de matemática traz efeitos positivos, como a redução da ansiedade, problema que muitas vezes é uma barreira no processo de aprendizagem. A visualização 3D por meio da RA e a utilização de mídias e inovações influencia positivamente na diminuição da ansiedade dos alunos (Klettemberg et al., 2021).



Com base na análise da literatura, foram verificadas algumas dimensões e variáveis acerca do tema “realidade” na educação, pode-se citar como dimensão a qualidade do ensino que tem como objetivo avaliar a efetividade da aplicação do uso da RA na educação e possui como variáveis a adequação ao conteúdo, a metodologia de ensino, recursos físicos e a competência de professores e funcionários. Outras dimensões encontradas na literatura enfatizam o investimento em dispositivos e na capacitação do corpo docente, a primeira dimensão citada possui como variáveis o acesso aos dispositivos adequados e a quantidade de alunos por aparelho, já para a segunda, pode-se mencionar a existência de programas para treinamento e capacitação dos docentes (Paulins, 2005; Klettemberg, Tori, & Huanca, 2021).

Além dessas dimensões, foram encontradas ainda, o engajamento e a motivação dos envolvidos no processo educativo, a aprendizagem ativa e a satisfação dos alunos. O engajamento tem como variáveis o nível de aceitabilidade e de envolvimento dos professores e alunos e o quanto estão interessados no processo educativo utilizando a RA, já na aprendizagem ativa evidencia-se na literatura como variáveis, a efetividade, o desafio e o feedback. Por fim, a satisfação dos alunos é a dimensão que tem como variáveis as expectativas e percepções (Anderson, Fornell, & Lehmann, 1992; Jacques, Preece, & Carey, 1995; Hayes, 2001; Prince, 2004).

METODOLOGIA DA PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, de abordagem qualitativa e exploratória, pois tem o objetivo de levantar informações sobre a aplicação da RA utilizando o modelo MAREEA. A pesquisa foi fundamentada na análise teórico-conceitual sobre as temáticas que envolvem os estudos de RA na educação e o modelo MAREEA em Instituições de Ensino Superior. O processo de pesquisa foi realizado em duas etapas: (i) levantamento bibliográfico em bases de dados; e (ii) seleção de artigos para a discussão.

As bases de dados consultadas para o levantamento bibliográfico foram: SciELO, Portal de Periódicos da CAPES, ERIC (Bases de Dados em Educação) e em repositórios digitais e institucionais.

Utilizou-se as seguintes palavras-chave para a coleta: “Realidade Aumentada (RA)”; “Instituições de Ensino Superior – IES”; “Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel (MAREEA)”. O critério de temporalidade foi aberto e as linguagens foram português, inglês e espanhol.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicabilidade do modelo MAREEA em Instituições de Ensino Superior: breve cenário de discussão

Herpich et al. (2019) apresentam um Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel (*Evaluation model of Mobile Augmented Reality Educational Approaches* - MAREEA). Esse modelo visa analisar as abordagens educacionais em realidade aumentada móvel para medir a percepção da qualidade no que diz respeito à experiência de uso e à aprendizagem dos usuários após a interação com tais recursos no âmbito educacional.

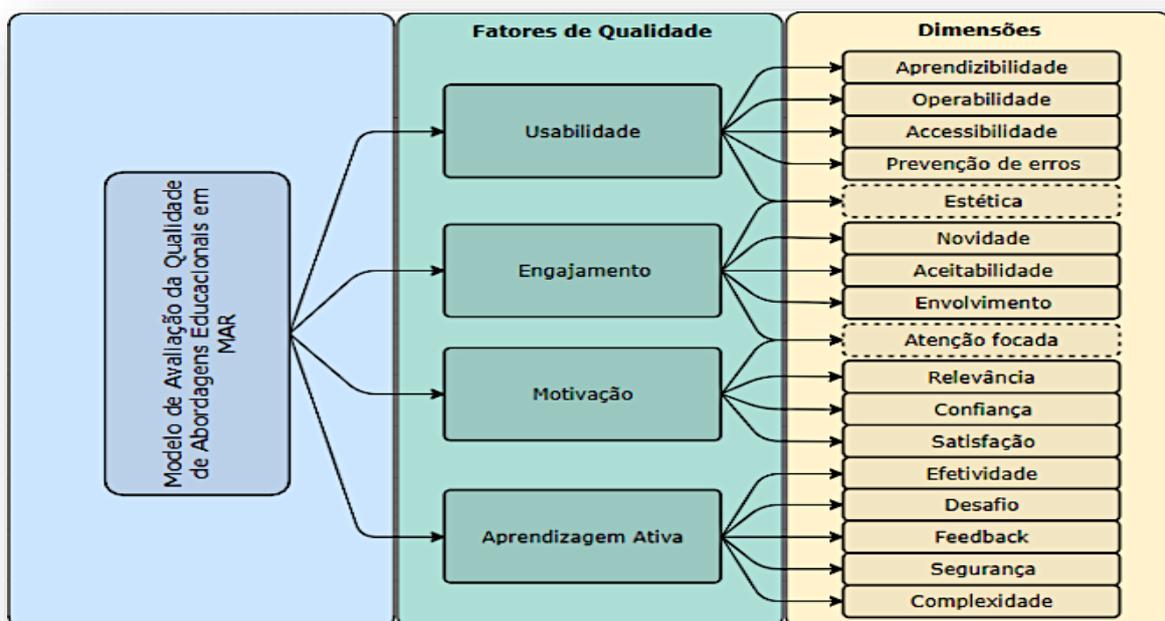


Em outras palavras, ele tem como objetivo avaliar a percepção de qualidade da educação considerando a utilização da realidade aumentada através de dispositivos móveis.

O modelo MAREEA possui quatro fatores de avaliação, quais sejam: usabilidade; engajamento; motivação; e aprendizagem ativa. A usabilidade se refere ao quão intuitivo é para os usuários aprenderem a utilizar e interagir com um certo produto, ou seja, o quão simples é para uma pessoa utilizar um determinado sistema. O engajamento consiste na reação do usuário de forma a criar uma interação que traga resultados positivos como por exemplo a melhora na atenção, já a motivação diz respeito aos objetivos das pessoas e quão efetivamente estão dispostas a perseguir esse objetivo. A aprendizagem ativa pode ser entendida como qualquer modelo instrucional que envolva ativamente os indivíduos no processo de aprendizagem, esse modelo requer a realização de atividades e faz com que os sujeitos pensem sobre o que estão realizando (Keller, 1987; Jacques, Preece, & Carey, 1995; Preece 2001; Prince, 2004; Herpich et al., 2019).

A estrutura do modelo de MAREEA compreende uma sistemática que organiza o fluxo de análise para dois aspectos: (i) fatores de qualidade e (ii) dimensões. Esse conjunto de atributos constitui uma avaliação cíclica e retroalimentável, além de sistêmica, pois faz uma avaliação da qualidade em diferentes ambientes de percepção da aprendizagem do usuário (Herpich et al. 2019). DeVellis (2016) argumenta que os instrumentos de medição do modelo MAREEA são os questionários, geralmente aplicados para observar os padrões de qualidade e avaliar as respectivas dimensões de qualidade. Todos esses fatores de qualidade para avaliação do uso da RA na educação definidos no modelo MAREEA e seus desdobramentos estão representados na Figura 4.

Figura 4. Estrutura do modelo de avaliação MAREEA



Fonte: Herpich et al. (2019).



Alguns estudos desenvolvidos aplicando o MAREEA em IES têm apresentado um importante avanço nas pesquisas sobre o tema, principalmente no processo de mediação, desenvolvimento cognitivo e aperfeiçoamento das técnicas de aprendizagem. Abaixo seguem alguns estudos aplicados em IES no Brasil, com enfoque para as múltiplas estratégias de melhoria nos processos de aprendizagem:

O estudo de Yaegashi (2017) observou o MAREEA como um modelo pedagógico inovador voltado para ambientes educacionais disruptivos. O estudo foi aplicado em uma IES privada, na modalidade presencial e online, por meio do qual foi possível diagnosticar processos de melhoria na adaptação de ações para avaliação dos cursos presenciais e EaD. A pesquisa de Yaegashi (2017) compreendeu o MAREEA como um instrumento qualitativo de avaliação direcionado para três aspectos: dimensionamento de melhorias ao longo do planejamento, engajamento da equipe de trabalho e compreensão dos fatores motivacionais.

Na pesquisa de Herpich et al. (2020) explorou-se a avaliação de vinte e sete (27) alunos de uma IES federal, no qual o feedback das melhorias com o uso da tecnologia de RA foi analisado a partir das dimensões de Usabilidade, Engajamento, Motivação e Aprendizagem. O estudo identificou que os participantes da avaliação conseguiram aprimorar o uso de metodologias já anteriormente inseridas pela instituição, e o uso das alternativas tecnológicas de RA melhorou a prática pedagógica de Ensino em sala de aula, principalmente pela melhoria na interação entre aluno e professor. Ademais, no estudo de Chang e Hwang (2018), cujo método de aprendizagem foi baseado na metodologia de aula invertida, identificou-se que o incremento de processos com RA potencializou o desenvolvimento de aplicativos e atividades didáticos em sala de aula.

O uso do MAREEA contribui, sobretudo, para identificar possibilidades de ajustes a longo prazo em aplicações de RA em sala de aula. Como no estudo de Pereira (2014) que aplicou uma tecnologia do Google *Sketchup* em turmas iniciais do curso de Engenharia Elétrica, demonstrando a facilitação na visualização de elementos geométricos. Para esse estudo foi realizada uma avaliação das melhorias na interação e engajamento dos alunos, principalmente com alunos que não tinham um domínio básico de tecnologias, sendo possível ajustar a prática didática. Da mesma forma, Almeida e Santos (2015) desenvolveram uma aplicação do teorema de Tales por meio da ferramenta *Aumentary Author* para alunos de uma universidade privada, em que a avaliação foi direcionada para uma observação técnica em três níveis de análise: desafio, feedback e usabilidade.

CONCLUSÃO

Os estudos sobre RA com aplicação na educação superior vêm abrangendo suas análises para os processos de avaliação e compreensão da usabilidade das ferramentas e instrumentos habilitadores que proporcionam maior aproximação com recursos tecnológicos que possibilitam a melhoria no processo de ensino-aprendizagem. Nesse sentido, os métodos de avaliação são mecanismos cruciais para observar a relação do aluno com a tecnologia, de modo a captar e compreender como a aplicabilidade de uma tecnologia de RA pode



efetivamente proporcionar maior evolução de conhecimento na sua prática acadêmica em sala de aula.

Em termos acadêmicos, a pesquisa buscou discutir o uso da RA em Instituições de Ensino Superior, compreendendo a aplicabilidade do MAREEA para fomentar a eficiência no processo de qualidade na avaliação dos alunos quanto à usabilidade e operacionalização da RA. Além disso, a pesquisa contribui para o crescimento acadêmico e para o fortalecimento do conhecimento científico, bem como, destaca a importância da aplicação de conhecimentos teóricos da Engenharia de Produção na área da Educação.

Em termos gerenciais, a pesquisa visou estimular o interesse de gestores de Instituições de Ensino Superior para aumentar a qualidade de seus serviços por meio da aplicação de tecnologias e inovações trazidas pela indústria 4.0.

Observou-se que a RA traz inovações que culminam na melhoria no processo de aprendizagem, destacando a importância da capacitação de alunos, professores e técnicos no setor da educação, além de possibilitar uma percepção de ampliação da educação social, tecnológica e inclusiva. Já o modelo MAREEA é uma ferramenta que tem permitido a avaliação das dimensões de qualidade no aprendizado, tendo como base as experiências de aprendizado em ambientes educacionais e a aplicabilidade dos recursos de mídias móveis combinados com objetos educacionais.

A RA tem se mostrado uma tecnologia habilitadora promissora nas Instituições de Ensino Superior, permitindo a criação de ambientes de aprendizagem mais dinâmicos e interativos. Nesse contexto, o Modelo de Avaliação objeto deste estudo apresenta-se como uma ferramenta útil para a avaliação da qualidade do ensino mediado por RA.

O modelo é composto por quatro fatores de avaliação: usabilidade, engajamento, motivação e aprendizagem ativa. Através da aplicação desse modelo, pesquisas têm mostrado que a RA pode contribuir significativamente para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, bem como para o aperfeiçoamento das técnicas de aprendizagem.

Vale ressaltar que a aplicação da RA na educação não substitui o modelo tradicional de ensino, e sim a complementa trazendo enriquecimento do ambiente de aprendizagem, além disso, essa ferramenta tem sido utilizada não apenas para aprimorar a educação tecnológica, mas também em outros campos, como a educação social e a educação inclusiva. Isso demonstra a sua versatilidade e potencial para ser aplicada em diferentes áreas do conhecimento.

A RA surge como uma alternativa capaz de melhorar a qualidade do ensino, tornando-o mais atrativo e interativo. Já a aplicação do modelo MAREEA permite uma avaliação mais precisa e sistemática dos aspectos relevantes para o sucesso da implementação da RA nas IES. Recomenda-se realizar pesquisas para verificar como a RA vem contribuindo para melhorar o processo de aprendizagem.



REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M. L. & Santos, G. (2015). Realidade aumentada na educação, *Revista Tecnologia na Educação*, 12(7), 34-51. Recuperado de <http://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2015/07/Art2-vol12-julho2015.pdf>
- DeVellis, R. F. (2016). *Scale development: Theory and Applications*. SAGE Publications. Recuperado de <https://www.scirp.org/%28S%28vtj3fa45qm1ean45vffcz55%29%29/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2447439>
- Anderson, E. W., Fornell, C., & Lehmann, D. R. (1992). Perceived quality, customer satisfaction, marketshare, and profitability. Working Paper, NQRC (National Quality Research Center): The University of Michigan. Recuperado de <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/002224299405800304>
- Araújo, D. (2009). Uso de realidade aumentada como ferramenta complementar ao ensino das principais ligações entre átomos. *Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, 6, 28-30, 1209-1230. Recuperado de <https://sites.unisanta.br/wrva/st/62401.pdf>
- Arvanitis, T. N., Petrou, A., Knight, J. F., Savas, S., Sotiriou, S., & Gargalakos, M. (2007). Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for Science education used by learners with physical disabilities. *Personal and Ubiquitous Computing*, 13(3), 243-250. <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-007-0187-7>
- Azuma, R. T. A. (2006). Survey of augmented reality. *Teleoperators and virtual environments*, 6(6), 12-29.
- Azuma, R. T. A. (1997). A survey of augmented reality. Presence: teleoperators & virtual environments, 6(4), 355-385. Recuperado de <https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
- Bar-Zeev, A. & Lewis, J. (2016). Automatic variable virtual focus for augmented reality displays. U.S. Patent, 292(973), 22-43. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/WO2012064546A1/en>
- Boettcher, M. (2015). Revolução Industrial: um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0. LinkedIn Maicon Boettcher, 26. Recuperado de <https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher>
- Cavalcante, Z. V. & Silva, M. L. S., da. (2011). A importância da Revolução Industrial no mundo da Tecnologia. In: Encontro Internacional de Produção Científica, 7. Maringá. Anais eletrônicos. Maringá. Recuperado de https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wpcontent/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf
- Chang, G. & Hwang, Z. (2018). Impacts of augmented reality-based flipped learning guiding approach on students: scientific project performance and perceptions. *Computers & Education*, 125, 226-239. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.007>
- Chen; L. X., Cheng, W., & Huang, R. (2017). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. Springer Science+Business Media Singapore, E. Popescu et al. (eds.), *Innovations in Smart Learning, Lecture Notes in Educational Technology*. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2419-1_2
- Cheng, G. J., Liu, L. T., Qiang, X. J., & Liu, Y. (2017). Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing. Proceedings – 2016. International Conference on Information System and Artificial Intelligence, ISAI 2016: 407-10. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Industry-4.0-Development-and-Application-of-Cheng-Liu/664478ee43ca1bc9a3a00e30bec0a0e944c59436>
- Fieb. (2016). Realidade Aumentada. Recuperado de http://portais.fieb.org.br/portal_ead/inovacao-tecnologica/realidade-aumentada.html
- Galana, S. C., Silva, R. R. P. C. L. (2004). Kirner, C. Autoria colaborativa de mundos virtuais educacionais com realidade misturada. Anais do 1 Workshop de Realidade Aumentada, 17-20.
- Hayes, B. E. (2001). Medindo a Satisfação do Cliente. Quality mark.
- Herpich, F., Nunes, F. B., Petri, G., & Tarouco, L. M. R. (2019). How Mobile Augmented Reality is applied in Education? A systematic literature review. *Creative Education*, 10(7), 1-39. <https://doi.org/10.4236/ce.2019.107115>
- Herpich, F., Lima, W. V. C., Nunes, F. B., Lobo, C. O., & Tarouco, L. M. R. (2020). Atividade educacional utilizando Realidade Aumentada para o Ensino de Física no Ensino Superior. *Revista Iberoamericana de Tecnología em Educación y Educación em Tecnología*, (25), 68-77. <https://doi.org/10.24215/18509959.25.e07>
- Howell, E. (2017). Pokémon GO: Implications for Literacy in the Classroom. *The Reading Teacher*, 70(6), 729-732. <https://doi.org/10.1002/trtr.1565>



Citação (APA): Santos, N. O. S. & Souza, A. A. de, Jr. (2023). A realidade aumentada em instituições de ensino superior: um estudo sobre a aplicabilidade do modelo de avaliação de abordagens educacionais em realidade aumentada móvel (MAREEA). *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(2), 45-59.

- Isdale, J. (2000). Augmented Reality. Recuperado de http://vr.isdale.com/vrTechReviews/AugmentedReality_Nov2000.html
- Insley, S. (2003). Obstaclesto General PurposeAugmented Reality. Recuperado de <http://islab.oregonstate.edu/koc/ece399/f03/final/insley2.pdf>
- Kaufmann, H. & Schmalstieg, D. (2002). Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality, Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM SIGGRAPH, 7-41. <https://doi.org/10.1145/1242073.1242086>
- Kawashima, T. (2001). Magic paddle: A tangible augmented reality interface for object manipulation. Proc. of ISMR2001,194-195. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Mark-Billinghurst/publication/228731310_Magic_paddle_A_tangible_augmented_reality_interface_for_object_manipulation/links/0deec5226aadf9a75200000/Magic-paddle-A-tangible-augmented-reality-interface-for-object-manipula
- Khan, A. & Turowski, K. (2016). A Survey of Current Challenges in Manufacturing Industry and Preparation for Industry 4.0. Proceedings of the First International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'16). Springer International Publishing, 15-26. Recuperado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-33609-1_2
- Kaufmann, H. (2006). The potential of augmented reality in dynamic geomatry education. 12th International. Recuperado de https://www.academia.edu/17197929/The_potential_of_augmented_reality_in_dynamic_geometry_education
- Klettemberg, J. S., Tori, R., & Huanca, C. M. (2021). Perspectivas mundiais sobre a realidade aumentada nos anos iniciais da educação básica. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 29, 827-845. <https://doi.org/10.5753/RBIE.2021.29.0.827>
- Kirner, C. & Tori, R. (2006). Fundamentos de realidade aumentada. Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada, 1, 22-38. Recuperado de https://pcs.usp.br/interlab/wpcontent/uploads/sites/21/2018/01/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf
- Kirner, C. & Zorzal, E. R. (2005). Aplicações Educacionais em Ambientes Colaborativos com Realidade Aumentada. Workshop em Informática na Educação (SBIE). Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE. Recuperado de <http://ojs.sector3.com.br/index.php/sbie/article/view/398>
- Jacques, R., Preece, J., & Carey, T. (1995). Engagement as a Design Concept for Multimedia. *Canadian Journal of Educational Communication (CJEC)*, 24(1), 49-59. Recuperado de <https://doi.org/10.21432/T2VG77>
- Keller, J. (1987). Development and use of the ARCS Model of Instructional Design. *Journal of Instructional Development*, 10(2), 2-10. Recuperado de <https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/Development-and-Use-of-the-ARCS-Model-of-Instructional-Design.pdf>
- Lee, K. (2012). Augmented Reality in Educationand Training. *TechTrends*, 56(2), 13. Recuperado de https://www.academia.edu/1429676/Augmented_Reality_in_Education_and_Training
- Magalhães, R. & Vendramini, A. (2018). A. Os impactos da quarta Revolução Industrial. *GV Executivo*, 17(1). <https://doi.org/10.12660/gvexec.v17n1.2018.74093>
- Magrani, E. (2018). A Internet das Coisas. FGV, Direito Rio Editora. Recuperado de <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/23898/A%20internet%20das%20coisas.pdf>
- Marson, M. D. (2014). A evolução da indústria de máquinas e equipamentos no Brasil: Dedini e Romi, entre 1920 e 1960. *Nova Economia*, 24, 685-710. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/2096>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, SPIE, 2351, 282-292. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/PaulMilgram/publication/228537162_Augmented_reality_A_class_of_displays_on_the_realityvirtuality_continuum/links/0c96052ade63de29c0000000/Augmented-reality-A-class-of-displays-on-the-reality-virtuality-continuum.pdf
- Moreira, J. P. A. (2012). Realidade Virtual e Aumentada Aplicada em Marketing. (Monografia). Universidade Estadual de Goiás. Recuperado de <http://www.ccet.app.ueg.br/biblioteca/?go=monografia&id=239&a=6&p=1&curso=17>
- Paulins, V. A. (2005). An analysis of customer services quality to college students as influenced by customer appearance through dress during their-store shopping process. *Journal Retailing Consumer Service*, 12, 345-355. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2004.11.003>
- Pereira, D. D. (2014). Uso de realidade aumentada como ferramenta de apoio ao ensino da geometria espacial no 2º ano do ensino médio: utilização das



Citação (APA): Santos, N. O. S. & Souza, A. A. de, Jr. (2023). A realidade aumentada em instituições de ensino superior: um estudo sobre a aplicabilidade do modelo de avaliação de abordagens educacionais em realidade aumentada móvel (MAREEA). *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(2), 45-59.

ferramentas Flaras e Google Sketchup. Universidade Estadual da Paraíba. Recuperado de <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/4950>

Prisecaru, P. (2016). Challenges of the Fourth Industrial Revolution. *Knowledge Horizons. Economics*, 8(1), 57-62. Recuperado de <https://search-proquest-com.ezproxy.libraries.udmercy.edu:2443/docview/1793552558?accountid=28018>

Portal IG. (2018). Google vai usar realidade aumentada para gamificar mapas no estilo Pokemon Go. Recuperado de <https://tecnologia.ig.com.br/2018-05-09/google-maps-pokemon-go.html>

Porter, M. & Heppelmann, J. E. (2014). How Smart, Connected Products are Transforming Competition. *Harvard Business Review*, 92: 64-88. Recuperado de <https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition>

Sakurai, R. & Zuchi, J. D. (2018). As revoluções industriais até a indústria 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, 15 (2), 480-491. <https://doi.org/10.31510/infa.v15i2.386>

Santin, R. (2004). Ações interativas em ambientes de Realidade Aumentada com ARToolKit, Proc. Of VII Symposium on Virtual Reality.

Schwab, K. A. (2019). Quarta Revolução Industrial. Tradução Daniel Moreira Miranda. – Edipro.

Silva, M. R. S. (2018). Tecnologias digitais associadas à Indústria 4.0 na formação profissional: um estudo de caso no CCET/UFS. São Cristóvão. Monografia (Graduação em Administração) - Departamento de Administração, Centro de Ciências Sociais

Aplicadas, Universidade Federal de Sergipe. Recuperado de <https://ri.ufs.br/handle/riufs/10502>

Silveira, C. B. & Lopes, G. C. (2017). O que é indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo. Citisystems. Recuperado de

<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>

Tori, R., Kirner, C., & Siscoutto, R. (2006). Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Editora SBC. Recuperado de https://pcs.usp.br/interlab/wp-content/uploads/sites/21/2018/01/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf

Venturelli, M. (2017). Indústria 4.0: uma visão da automação industrial. *Automação Industrial*. Recuperado de <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>

Wanderley, A. J., Medeiros, A. F., Silva, K. S., & Filho, M. F. S. (2011). Aprendizagem Interativa: Uma Análise do Uso da Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Jogos Educacionais. Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Recuperado de [https://www.academia.edu/8454403/Aprendizagem Interativa Uma An%C3%A1lise do Uso da Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Jogos Educacionais](https://www.academia.edu/8454403/Aprendizagem_Interativa_Uma_An%C3%A1lise_do_Uso_da_Realidade_Aumentada_no_Developmento_de_Jogos_Educacionais)

Wu, Hsin-Kai, Lee, S. Wen-Yu, Chang, Hsin-Yi, & Liang, Jyh-Chon. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.

Yaegashi, S. (2017). Novas Tecnologias Digitais: Reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento. *CRV*, 23-35.

