

## **ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DA COMPUTAÇÃO**

### *STUDY ON THE USE OF AUGMENTED REALITY APPLICATIONS IN COMPUTER SCIENCE EDUCATION*

**Lucas R. Nicoleti<sup>1</sup>, Fabiana P. M. Caravieri<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia Prof. José Camargo – Fatec Jales, lucas.nicoleti@fatec.sp.gov.br

<sup>2</sup>Faculdade de Tecnologia Prof. José Camargo – Fatec Jales, fabiana.caravieri@fatec.sp.gov.br

***Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia Prof. José Camargo – Fatec Jales, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas para Internet***

#### **RESUMO**

A Realidade Aumentada (RA) tem sido amplamente utilizada em vários setores, inclusive no ambiente acadêmico. No ensino superior, ela é incorporada com o objetivo de tornar o ambiente mais eficiente e colaborativo, simplificar o aprendizado e aprimorar o ensino de diversas disciplinas. Por isso, a interatividade entre o mundo virtual e o real desperta grande interesse nos alunos. Este trabalho propõe um estudo bibliográfico baseado em artigos científicos e aborda os conceitos principais da RA, os *softwares* utilizados para o desenvolvimento de aplicativos e sua execução no ensino da computação, além do impacto no processo de ensino-aprendizagem. Adicionalmente, uma pesquisa foi conduzida com estudantes de diversos cursos superiores para avaliar a aceitação dessa tecnologia. Embora a RA esteja em evidência, os resultados da pesquisa revelaram que um número considerável de pessoas ainda a desconhece, mesmo que estejam abertas a conhecê-la e utilizá-la. Este estudo também evidencia a importância da RA no processo de ensino-aprendizagem, em particular na área da computação. A RA continua sendo uma tecnologia em desenvolvimento, exigindo maior investimento em pesquisa para aprimorar as tecnologias existentes e desenvolver novas ferramentas que contribuam para a melhoria da qualidade do ensino.

Palavras-chave: realidade aumentada; ensino da computação; interatividade.

#### **ABSTRACT**

*Augmented Reality (AR) has been widely used in several sectors, including the academic environment. In higher education, it is incorporated with the aim of making the environment more efficient and collaborative, simplifying learning and improving the teaching of several disciplines. The interactivity between the virtual and the real world arouses great interest in students. This paper proposes a bibliographic study based on scientific articles, addressing the main concepts of AR, the software used for the development of applications and their application in the teaching of computing, as well as the impact on the teaching-learning process. In addition, a survey was conducted with students from many higher education courses to evaluate the acceptance of this technology. Although AR is in evidence, the survey results revealed that a considerable number of people are still unaware of the technology, although they are open to getting to know and using it. This study highlights the importance of AR in the teaching-learning process, particularly in computing. AR remains a developing technology, requiring greater investment in research to enhance existing technologies and develop new tools that contribute to improving the quality of teaching.*

*Keywords: augmented reality; computer education; interactivity.*

## 1 INTRODUÇÃO

A tecnologia torna-se cada vez mais presente em diversos aspectos da vida moderna, e na educação não é exceção. Agora, a utilização de aplicativos de Realidade Aumentada (RA) é uma estratégia promissora no âmbito educacional.

A RA é uma tecnologia que combina o mundo virtual com o mundo real e permite, em simultâneo, a sobreposição de elementos digitais, como imagens, vídeos, modelos 3D e textos. Essa abordagem imersiva desperta o interesse de educadores e estudantes que reconhecem o potencial da RA como uma ferramenta pedagógica inovadora para promover o engajamento e uma participação mais ativa de todos, além da melhoria no processo de ensino-aprendizagem (AGRELA, 2016).

Segundo Bower et al. (2014), a RA tem sido vista como uma ferramenta promissora para melhorar a aprendizagem, em especial por sua capacidade de fornecer experiências mais envolventes, interativas e imersivas. Sendo assim, tais ferramentas ganham destaque sobre estudantes e professores, pois estes podem explorar novas formas de magistério e estimular a criatividade, a colaboração e a compreensão profunda de conceitos complexos.

Um dos benefícios da utilização de aplicativos de RA no contexto universitário é a promoção da compreensão de conceitos abstratos e complexos. A RA pode tornar os conceitos abstratos mais concretos e tangíveis e facilitar a compreensão e a retenção de informações. Os estudantes podem visualizar e manipular objetos 3D, explorar simulações e interagir com modelos virtuais, o que possibilita uma compreensão mais profunda dos conceitos teóricos. Essa abordagem também pode ser especialmente útil em disciplinas como Ciências, Engenharia e Medicina, onde a compreensão de estruturas complexas e processos abstratos é fundamental (JOHNSON et al., 2016).

Por exemplo, na área da medicina, a RA é utilizada para treinamento de estudantes em procedimentos cirúrgicos complexos, permitindo a simulação de situações reais em um ambiente seguro (VAVRA et al., 2017). Já na engenharia, os aplicativos de RA são utilizados para criar modelos tridimensionais de estruturas complexas que possibilitam a visualização e manipulação em tempo real (WANG et al., 2019). Enquanto que na arquitetura, os estudantes podem criar maquetes virtuais de projetos e visualizá-los em escala autêntica no ambiente real, o que concede uma compreensão mais precisa e detalhada do projeto (CHEN; WANG; CHEN, 2017).

Além disso, os aplicativos de RA são utilizados como ferramentas de apoio ao ensino e proporcionam que os professores criem conteúdos atrativos para suas aulas. Estudos também têm destacado o papel da RA em uma abordagem pedagógica que promove o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem. Segundo Klopfer, Squire e Jenkins (2009), a RA oferece uma experiência imersiva e interativa que estimula a curiosidade, a criatividade e a exploração, que resulta em um processo de aprendizagem mais envolvente e significativo. Ainda, Yilmaz, Kucuk e Goktas (2017) argumentam que a RA pode ajudar a superar a passividade e o tédio frequentemente associados às aulas tradicionais, o que permite aos estudantes terem uma experiência ativa e participativa.

Com isso, a RA pode oferecer a interação entre os estudantes e efetuar ambientes virtuais colaborativos, onde é possível trabalhar em conjunto e manter um diálogo em tempo real enquanto se promove a discussão de ideias e a construção de conhecimentos. Isso contribui para o desenvolvimento de habilidades sociais, trabalho em equipe e resolução de problemas, competências importantes para a formação universitária e para a preparação dos estudantes para o mercado de trabalho (DUNLEAVY; DEDE; MITCHELL, 2009).

Contudo, é importante reconhecer que existem desafios e limitações em sua implementação. Entre os desafios está a disponibilidade e acessibilidade dos dispositivos capazes de oferecer acesso a RA, que podem representar uma barreira financeira para algumas

instituições e estudantes (DEY et al., 2018). Além disso, a integração da RA no currículo acadêmico pode exigir mudanças nas práticas pedagógicas e na formação dos educadores (KLOPFER et al., 2009), o que pode representar um desafio em termos de capacitação e treinamento docente. Ademais, também são necessárias mais pesquisas empíricas que evidenciem a efetividade da RA no processo de ensino-aprendizagem em diferentes contextos universitários e disciplinas específicas (DUNLEAVY; DEDE; MITCHELL, 2009).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo realizar a abordagem do que conceitua a RA, assim como suas aplicações com ênfase em seu uso no meio acadêmico e na dualidade com a Realidade Virtual (RV). Também apresenta dados sobre uma pesquisa de campo acerca da utilização da tecnologia de RA no processo ensino-aprendizagem nas universidades.

Assim, este trabalho encontra-se organizado como se segue. Na seção 2 encontra-se o referencial teórico com conceitos da Realidade Aumentada, Mista e Virtual; as aplicações, utilização no âmbito educacional, os principais *softwares* de desenvolvimento de RA e os aplicativos utilizados no ensino da computação. Na seção 3 é apresentada a metodologia utilizada no trabalho, seguida das discussões e resultados da análise dos artigos selecionados na seção 2.5. Na seção 5 é apresentada as considerações finais do trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente trabalho baseia-se em pesquisas bibliográficas e na análise da tecnologia de RA, bem como em seu papel significativo no campo do ensino superior, especificamente na área da computação, e no oferecimento de oportunidades inovadoras de aprendizagem e aprimoramento na experiência educacional.

Nisso, dentro da literatura há artigos que mostram como utilizar a RA em diversos tipos de aplicações. Uma das suas principais vantagens no ensino superior é a capacidade de visualizar conceitos abstratos e complexos de forma tangível e interativa.

Neste contexto, a RA tem o potencial de transformar a maneira como os alunos aprendem e proporcionar experiências práticas e contextualizadas que aumentam a compreensão e o engajamento dos estudantes. A seção 2.1 aborda os conceitos de Realidade Aumentada, Realidade Mista e Realidade Virtual. Em seguida, na seção 2.2, são apresentadas as aplicações da RA. Já na seção 2.3, apresenta-se a utilização da RA no âmbito educacional, ao ponto que os *softwares* para o desenvolvimento de aplicativos de RA e os aplicativos de RA no ensino da computação são apresentados, respectivamente, nas seções 2.4 e 2.5.

### 2.1 CONCEITOS DE REALIDADE AUMENTADA, MISTA E VIRTUAL

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) têm impactado diretamente a comunicação atual e afetado a propagação de informações e os modos de aprendizagem. O avanço das mídias e dos meios de comunicação, como computadores e redes de internet mais rápidas, possibilita a ampla utilização da Realidade Aumentada (RA) por parte dos usuários em várias plataformas e aplicativos. Nesse sentido, Kirner e Tori (2006), precursores da RA no Brasil, evidenciam o fato de haver confusão entre o uso dos termos RA, RM e RV, ainda que seus significados sejam distintos.

A RA, por exemplo, possui três principais características que ocorrem em tempo simultâneo: a combinação de elementos reais e virtuais no mesmo ambiente, a interatividade e o processamento em 3D. Sendo assim, em sua fundamentação, é possível observar algumas situações, como a detecção de marcadores que é feita por meio de câmeras que identificam pontos de referência no ambiente físico e permitem que os objetos virtuais sejam posicionados corretamente no espaço. A sobreposição de objetos virtuais é feita utilizando-se técnicas de renderização em tempo real, as quais combinam imagens reais e virtuais em um único ambiente,

enquanto a interação com os objetos virtuais é realizada por meio de gestos, comandos de voz ou outros tipos de entrada (BILLINGHURST; KATO, 2002).

Com isso, o princípio da calibração tem sido abordado na literatura científica de forma ampla, com o objetivo de desenvolver métodos e técnicas para melhorar a precisão e a estabilidade das sobreposições em RA. Contudo, um dos principais desafios nesse contexto é a calibração da câmera, que é a responsável por capturar as imagens do mundo real para que os elementos virtuais sejam corretamente sobrepostos. Sua prática envolve o alinhamento e a correção de parâmetros para garantir que os elementos virtuais estejam precisamente posicionados e orientados em relação ao ambiente físico (SHORTIS, 2015).

Segundo Azuma e Bishop (1994), a calibração é um componente crítico da RA, pois erros podem resultar em distorção visual e prejudicar a experiência do usuário. Portanto, os dois autores propõem um método para calibração de câmera em ambientes externos, o qual explora o uso de algoritmos de detecção de marcadores visuais e técnicas de estimação de pose para melhorar a precisão da calibração em ambientes ao ar livre.

Em seguida, aponta-se o rastreamento como outro aspecto importante quando se trata dessa tecnologia. Essa técnica permite o acompanhamento de indivíduos e objetos do mundo real e garante que as sobreposições virtuais permaneçam consistentes. Logo, ainda de acordo com a perspectiva de Azuma e Bishop (1994), essa é uma condição que exige a coleta e processamento de informações em tempo real e envolve tratamento de imagem de ponta e técnicas de visão computacional.

Além disso, a RA engloba a noção de interação que permite aos usuários interagirem com elementos virtuais naturalmente, de maneira a suprir suas expectativas com o mundo real. (MILGRAM; KISHINO, 1994).

Posto isso, a definição de RA é a utilização de um dispositivo tecnológico para enriquecer o espaço físico do usuário com objetos virtuais em tempo real, potencializando-o com textos, objetos e até mesmo imagens (INSLEY, 2023; KIRNER; TORI, 2006). Complementarmente, Milgran (1994) define RM como uma combinação daquilo que é real e do que é virtual, integrando-os de maneira perfeita com infinitas maneiras de misturá-los e permitindo que o real e o cibernético coexistam. Azuma et al. (2001) completa que o alinhamento dos objetos reais e virtuais trazem a interatividade em sua propriedade e abrangem não somente a visão, mas todos os outros sentidos, como olfato, tato e audição.

Sendo assim, a Realidade Mista (RM) pode ser definida como a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais ao ambiente físico, gerada por um computador e exibida ao usuário com o auxílio de alguns aparatos tecnológicos, ou vice-versa. Esses, portanto, consistem em um, ou mais aparelhos, com um conjunto de câmeras acopladas que captam imagens de pessoas ou objetos em tempo real para o processo de recriação e inserção desses elementos no ambiente virtual. Um exemplo disso é o uso da webcam para capturar uma cena verdadeira, adicionar objetos virtuais a ela e exibir o conjunto em um monitor (KIRNER; TORI, 2006).

Dessa maneira, as diferenças que separam essas duas realidades encontram-se na opção de utilizar a RA, para que a RM seja capaz de complementar todos os espaços virtuais ou físicos, e criar, por meio de técnicas computacionais, um cenário tão realista que o usuário não seja capaz de definir o que é real e o que é cibernético ao ver todos os elementos como um evento único (MILGRAM, 1994).

Além das realidades já citadas, também existe à disposição uma outra tecnologia chamada de Realidade Virtual (RV), capaz de inserir o usuário em um ambiente totalmente *online*. De acordo com a descrição de Burdea e Coiffet (1994), a Realidade Mista (RM) é caracterizada como uma interface computacional avançada que engloba simulação em tempo real e interações por meio de canais multissensoriais. Já Kirner (2011), define a RV como uma interface computacional que permite ao usuário interagir em tempo real, em um espaço tridimensional gerado por computador, e usar seus sentidos por meio de dispositivos especiais. Contudo, a RV

somente é capaz de existir por meio de equipamentos próprios que se assemelham àqueles que são utilizados para as experiências em RM (KIRNER; KIRNER, 2011).

Tori, Kirner e Siscouto (2006) também define a Realidade Virtual (RV) como uma tecnologia que proporciona aos usuários uma experiência imersiva por meio de dispositivos tecnológicos em um ambiente simulado. Ao utilizar óculos de RV e controladores de movimento, acontece a simulação dos sentidos do usuário e o transporte para um mundo virtual, o qual é possível explorar e interagir com objetos digitais. De maneira crescente, essa tecnologia é aplicada em diferentes áreas, como jogos, simulações de treinamento, educação, medicina, design e entretenimento, e oferece uma experiência envolvente e imersiva.

Em síntese, a RA tem acesso fácil por meio de dispositivos móveis e computadores com câmera, enquanto a RV requer dispositivos especializados. Já a RM, combina elementos do mundo real e virtual, e exige equipamentos específicos, como óculos de RM. Ao passo que a RA é mais acessível, a RV e a RM são tecnologias mais restritas devido à necessidade de dispositivos dedicados para uma experiência imersiva completa.

## 2.2 APLICAÇÕES DA REALIDADE AUMENTADA

A RA mostra-se uma tecnologia versátil com diversas aplicações em diferentes áreas, tais como educação, entretenimento, saúde, arquitetura, turismo, publicidade, entre outras. De acordo com um estudo da *Deloitte Digital* (2021), empresa de tecnologia e inovação, e da Snap Inc., empresa americana de câmeras e mídias sociais, apontou-se que cerca de 4,3 bilhões de consumidores no mundo usarão RA com frequência até 2025, sendo que em junho de 2021 já constava cerca de 1,5 bilhões de usuários (MEDEIROS, 2022). Sabe-se que a RA está cada vez mais utilizada e estudada pelo mercado e que essa tecnologia permitiu grandes melhorias, tanto para diversão quanto para criações de ferramentas interativas.

Segundo Lobo, Patil e Murthy (2019), a RA está sendo aplicada em diversas áreas da medicina, como na visualização de estruturas anatômicas, planejamento de cirurgias, simulação de procedimentos, entre outros setores. Ainda no campo da saúde, a RA também é utilizada para auxiliar no treinamento de cirurgiões e no planejamento de cirurgias. Por isso, uma das suas aplicabilidades é criar modelos virtuais precisos de órgãos ou estruturas anatômicas e permitir que os cirurgiões possam praticar procedimentos em um ambiente virtual antes de realizá-los em pacientes reais (KOCKRO et al., 2013). Outro exemplo é o sistema desenvolvido pela empresa AccuVein, que ajuda os profissionais de saúde a localizarem as veias do paciente e tornarem a coleta de sangue e a inserção de cateteres mais fáceis e precisos.

Com isso, um estudo realizado por Riva et al. (2004) indica a empregabilidade da RA para ajudar pacientes com dor crônica a gerenciar seus sintomas. A tecnologia permite que os pacientes visualizem o sistema nervoso central em tempo verdadeiro, o que ajudou a entender melhor a dor e a desenvolver estratégias para lidar com ela.

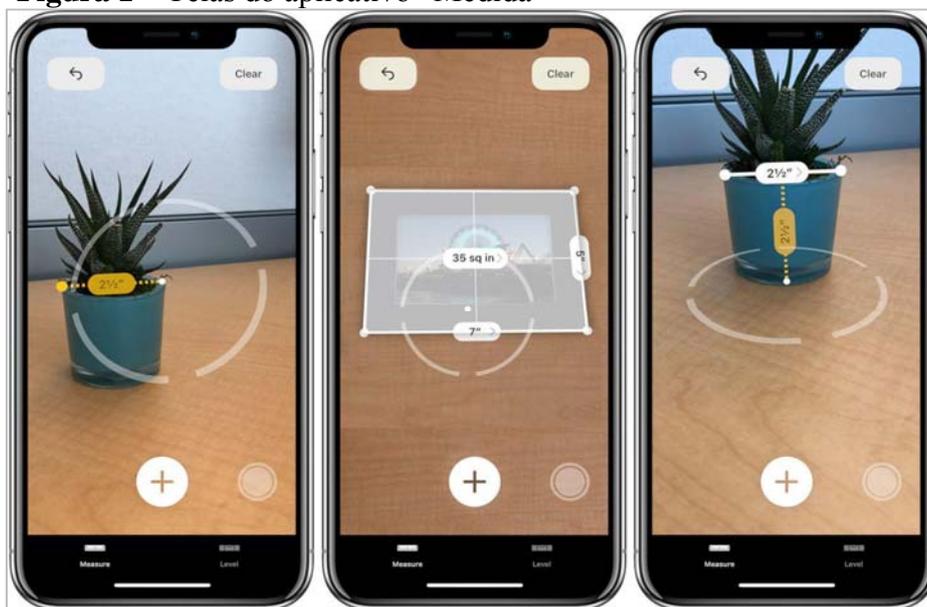
Além disso, a RA também pode ser utilizada em outras áreas como na educação, onde é aplicada para criar ambientes virtuais que permitem aos alunos explorar conceitos de forma mais interativa e imersiva. Isso pode aumentar a motivação dos alunos e melhorar a compreensão de conceitos complexos (KLOPFER et al., 2009).

Já na publicidade, a RA é utilizada para criar campanhas interativas e engajadoras. De acordo com Pucihar e Coulton (2015), a RA pode ser utilizada para criar anúncios em revistas, ou outdoors, que permitem que os usuários interajam com a mensagem publicitária em um ambiente real. Por exemplo, a marca de cerveja Beck's lançou uma campanha em que os consumidores podiam escanear um rótulo com seus *smartphones* e ver uma animação em 3D. Assim como a campanha publicitária da Coca-Cola, que utilizou a RA para permitir que os compradores interagissem com personagens virtuais em tempo real.

Na arquitetura e na construção, a RA é utilizada para permitir que os arquitetos e engenheiros possam visualizar projetos em 3D em um ambiente real. Através disso, torna-se capaz criar modelos virtuais de edifícios e estruturas em um ambiente real e permitir que os profissionais possam visualizar o projeto em diferentes ângulos e perspectivas (SÁNCHEZ; LAVALLE; OLIVARES, 2013). Inclui-se também os designers de interiores com o aplicativo “*IKEA Place*”, que permite aos usuários visualizarem como os móveis ficarão em sua casa antes de comprá-los.

Há também o aplicativo “*Medida*”, exemplo de aplicativo utilizado no ramo arquitetônico, mas disponível somente para sistemas IOS, que conta com a RA para fazer a medição de superfícies e objetos. Nele, basta selecionar a área na qual irá ser feito o cálculo. Pode-se utilizá-lo para objetos dos mais diversos tamanhos, conforme é exemplificado pela Figura 1 (GOGONI, 2019).

**Figura 1** – Telas do aplicativo “*Medida*”



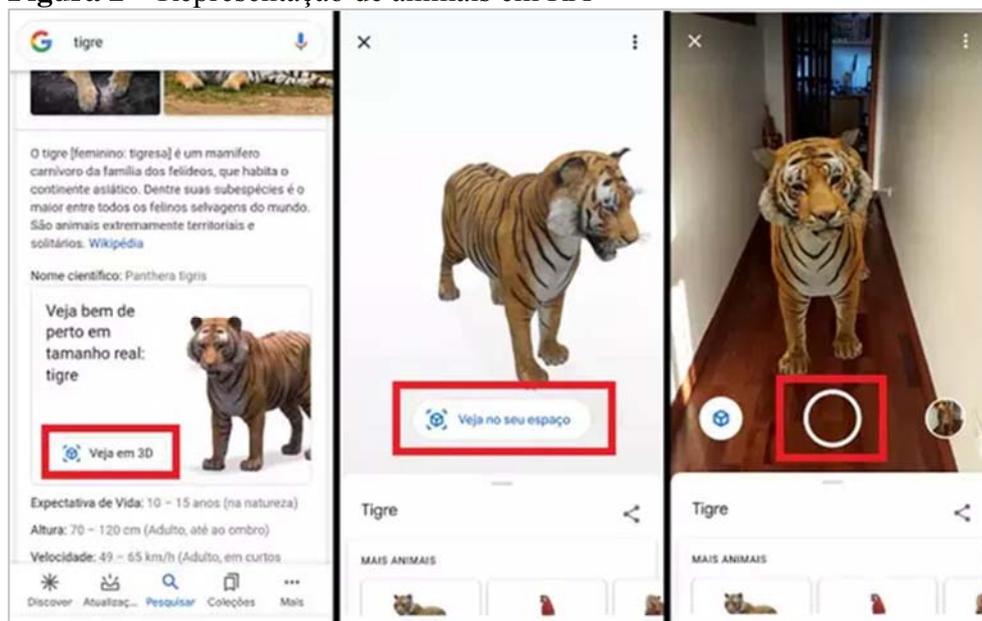
Fonte: GOGONI, 2019.

Uma das empresas que comanda o ramo da RA é o “*Google*”, que possui uma infinidade de ferramentas inovadoras, dentre elas o próprio sistema de busca. Então, ao pesquisar por palavras-chaves que se referem a animais, locais etc., é possível visualizá-los em tamanho real através da opção “*Ver em 3D*”, que utiliza a RA para projetar pelo celular o animal no ambiente (Figura 2), sua implementação ocorreu em 2019 para IOS e Android. Desenvolvido pela mesma empresa, também contamos com o “*Google Maps*”, que traz um sistema de RA para visualizarmos e “*caminharmos*” entre as ruas, pontos turísticos, monumentos e muitos outros lugares, através da aplicação (COSTA, 2020).

Inclusive, uma área também muito promissora é a do entretenimento, onde jogos e aplicativos a usam para criar experiências de imersão e interação. Um caso de sucesso é o jogo “*Pokémon Go*”, conforme é exemplificado pela Figura 3, que utiliza a RA para permitir que os jogadores capturem personagens virtuais no mundo real. O aplicativo citado, após seis anos do seu lançamento, ainda conta com milhares de jogadores espalhados pelo mundo e constantes atualizações. Além da RA, há um sistema de geolocalização que mapeia sua cidade e espalha nela pokémons, ginásios e pontos de parada para resgate de itens, isso tudo na intenção de fazer com que os jogadores andem em busca de novos personagens e mantenham o interesse em continuar jogando (AGRELA, 2016).

No entanto, a RA ainda é uma tecnologia em desenvolvimento e que apresenta desafios. Billingham e Kato (2002) apontam que um dos principais obstáculos é a criação de uma interface natural e intuitiva para interação do usuário com os elementos virtuais. Além disso, a RA também enfrenta dificuldades em relação ao processamento de grandes quantidades de dados em tempo real e à necessidade de dispositivos específicos para visualização dos elementos virtuais.

**Figura 2** – Representação de animais em RA



Fonte: COSTA, 2020.

**Figura 3** – Demonstração do aplicativo “Pokémon GO”



Fonte: POKÉMON GO LIVE, 2016.

## 2.3 UTILIZAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NO ÂMBITO EDUCACIONAL

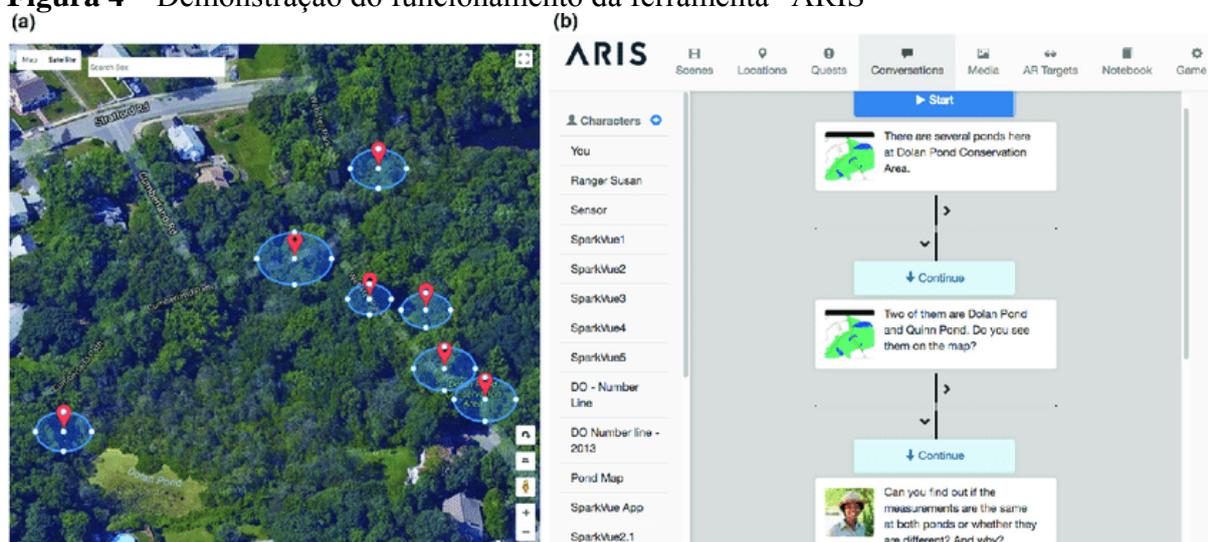
A utilização de aplicativos de RA mostrou-se uma alternativa promissora no ensino superior ao proporcionar uma experiência de aprendizado mais interativa e envolvente para os alunos. Diversos estudos são realizados para explorar seu potencial no ensino superior, tendo resultados positivos. Por exemplo, em disciplinas científicas, os alunos podem explorar

moléculas tridimensionais em tempo real, manipulando-as e examinando sua estrutura de maneira mais detalhada. Para Johnson e Levine (2018), a RA pode ajudar os alunos a entenderem melhor conceitos científicos, em especial quando a visualização é essencial para a aprendizagem.

De acordo com Azuma (2013), a RA pode ser utilizada para complementar a aprendizagem tradicional e permitir que os alunos visualizem conceitos abstratos em um contexto mais concreto e palpável.

Com isso, existem diversos âmbitos na educação que a RA pode ser adotada, como, por exemplo, o projeto “ARIS” (*Augmented Reality and Interactive Storytelling*), exemplificado na Figura 4, que permite ao estudante experiências de aprendizagem baseadas em histórias interativas, por meio de uma interface colaborativa. Nesse ambiente o usuário pode explorar os diversos lugares da imagem, conforme é exibido pela Figura 4 (a), ao mesmo tempo que demonstra as informações, por meio textual, sobre o local referenciado, exibido na Figura 4 (b).

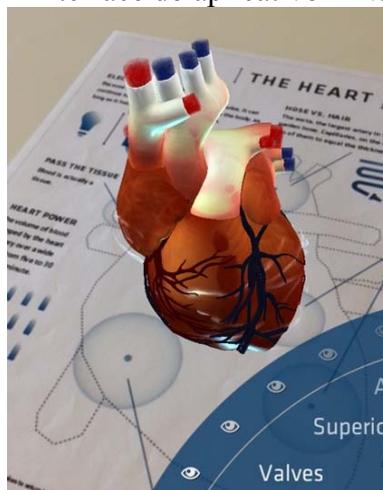
**Figura 4** – Demonstração do funcionamento da ferramenta “ARIS”



Fonte: KAMARAINEN et al., 2018.

Dentre os diversos aplicativos utilizados no ensino, destaca-se “Anatomy 4D”. Esse aplicativo usa a RA para possibilitar aos estudantes a exploração de partes do corpo humano, conforme é visto na Figura 5 com a ilustração do coração.

**Figura 5** – Interface do aplicativo “Anatomy 4D”



Fonte: APPADVICE, 2012.

Já para o ensino de geografia, Billingham e Kato (2002) criaram um sistema de autoria exclusiva em que os alunos foram capazes de explorar diferentes regiões geográficas em um ambiente virtual, o qual era projetado em cima de um mapa físico no mundo real. Isso permitiu que os alunos aprendessem de forma mais participativa e satisfatória do que apenas por meio de livros didáticos.

Em um segundo estudo, foi desenvolvido um aplicativo de RA para auxiliar os alunos na compreensão de conceitos matemáticos. Os resultados indicaram que os alunos que usufruíram do aplicativo tiveram um melhor desempenho em um teste de matemática do que os que não o utilizaram. Além disso, os alunos relataram que o aplicativo os ajudou a compreender melhor os conceitos abstratos e aumentou a motivação para aprender (KAFAI; CHING, 2016).

Ainda, outro trabalho interessante foi realizado por Wu e Wu (2017), que desenvolveram um aplicativo de RA para ensinar anatomia. Os resultados mostraram que os alunos que usaram o aplicativo tiveram uma compreensão mais profunda dos conceitos de anatomia e uma melhor capacidade de aplicá-los em situações práticas.

Também se observou a utilização de jogos educacionais baseados em RA. Por exemplo, em um estudo realizado por Huang, Liang e Su (2016), foi desenvolvido um jogo de RA para ensinar biologia celular. Os resultados indicaram que os alunos que jogaram o jogo tiveram um melhor desempenho em um teste de biologia celular e uma maior motivação para aprender.

Além disso, a RA tem sido aproveitada como uma ferramenta para o ensino de línguas estrangeiras, oferecendo aos alunos a oportunidade de praticar suas habilidades de forma mais envolvente e contextualizada. Por meio de aplicativos de RA, os estudantes podem interagir com personagens virtuais em situações reais de comunicação e, com isso, melhorar sua pronúncia, compreensão oral e capacidade de diálogo. Nisso, de acordo com uma pesquisa realizada por Chen et al. (2017), a RA mostrou-se eficaz na melhoria do desempenho dos alunos em habilidades linguísticas, com destaque na pronúncia e na comunicação oral.

Inclusive, outros artigos indicam que a RA pode ser uma ferramenta útil para a promoção da aprendizagem colaborativa. Segundo Cao et al. (2020), a RA pode ser usada para simular situações do mundo real em que os alunos precisam colaborar para resolverem problemas. Os autores realizaram um estudo com alunos de engenharia e verificaram que a utilização da RA resultou em uma maior interação entre os alunos e em uma melhoria na resolução dos problemas propostos.

Além dessas aplicações específicas, a RA tem o potencial de enriquecer o ensino superior de várias maneiras. Ela pode fornecer acesso às informações contextuais em tempo real, como dados demográficos ou informações históricas sobre um local específico durante uma aula de campo. Também pode ser usada para simular ambientes profissionais e permitir que os alunos pratiquem habilidades e tomem decisões em cenários realistas, antes de entrarem no mercado de trabalho. Esses benefícios da RA no ensino superior foram discutidos por Klopfer, Squire e Jenkins (2008), que afirmaram que a RA pode promover o pensamento crítico, a resolução de problemas e a colaboração entre os alunos.

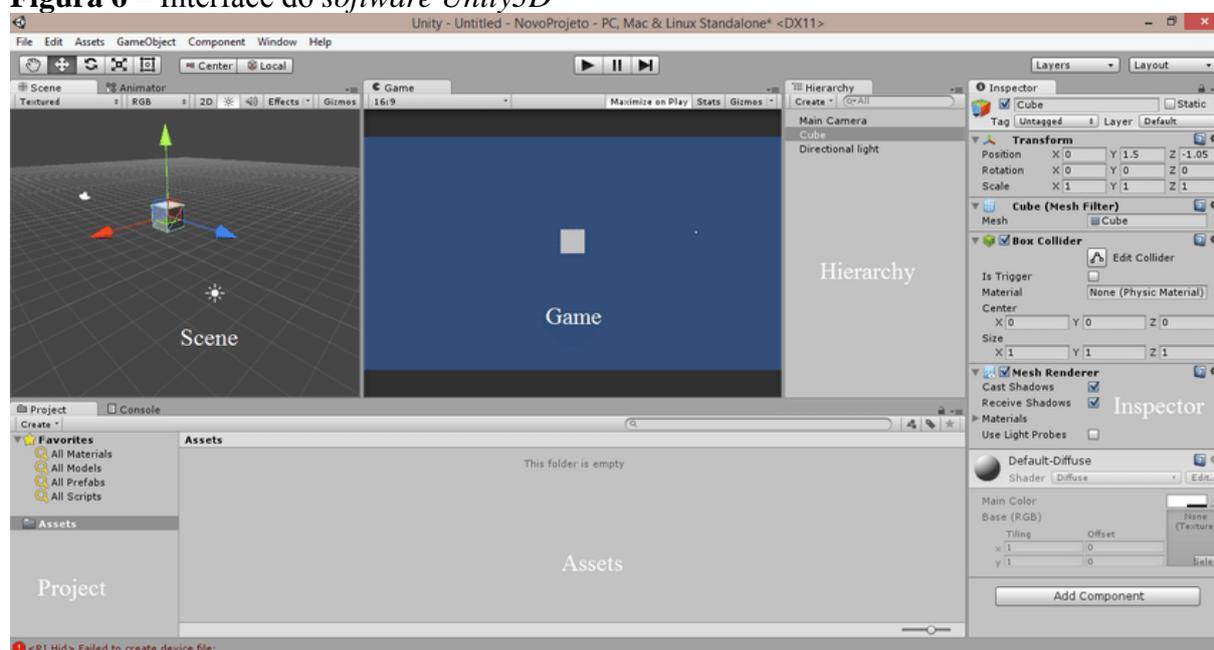
#### 2.4 *SOFTWARES* PARA O DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA

Os aplicativos de Realidade Aumentada representam uma abordagem promissora para o ensino de programação nas escolas e, principalmente, em universidades. Desse modo, proporcionam uma experiência capaz de facilitar a compreensão de conceitos abstratos e aumentar o engajamento dos alunos (CHEN; TSAI, 2012). Esta seção aborda os *softwares* utilizados para o desenvolvimento de aplicativos de Realidade Aumentada para o ensino de programação.

Segundo Chen e Tsai (2012), a escolha da plataforma de desenvolvimento, a definição dos objetivos de aprendizagem, a implementação de funcionalidades, o design de interfaces e as interações podem trazer ao aluno uma experiência imersiva e interativa, junto a uma aprendizagem colaborativa. Chen e Tsai (2012) destacam, ainda, que a RA pode proporcionar uma experiência de aprendizagem mais imersiva, recíproca e colaborativa para os estudantes de programação. Além disso, ressaltam que o uso da RA pode melhorar a motivação dos alunos e promover um engajamento mais significativo no processo de aprendizagem.

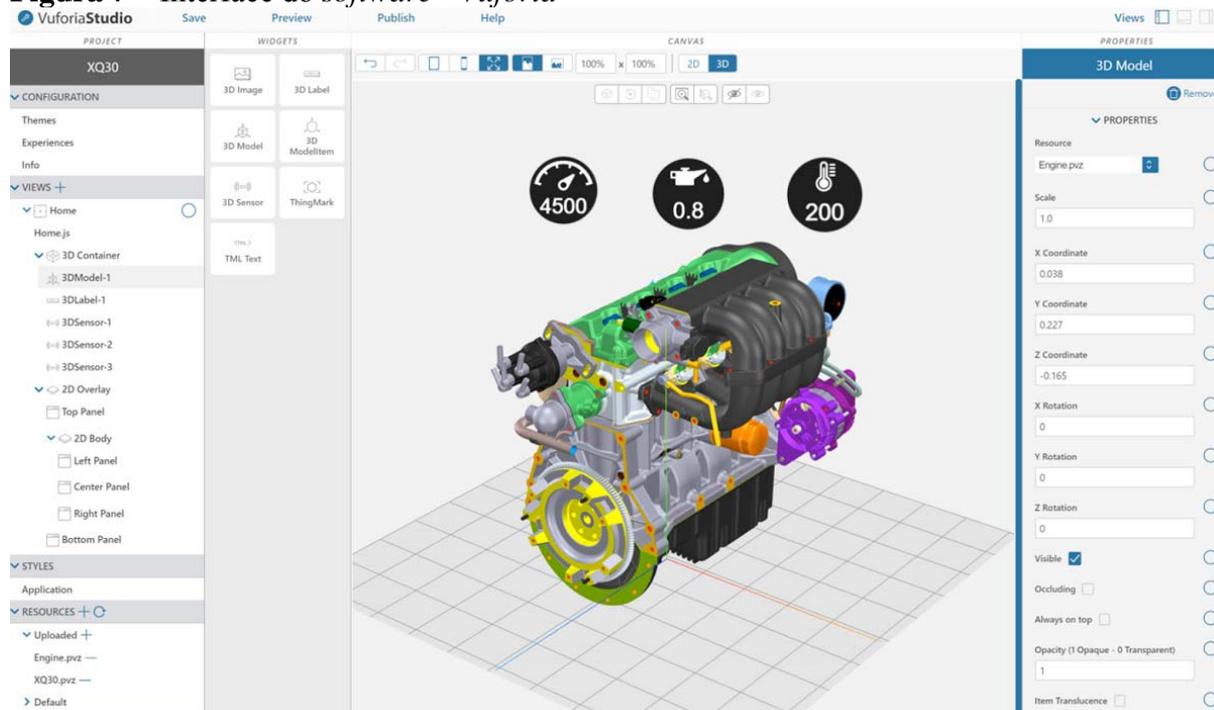
Dessa maneira, um software amplamente utilizado no desenvolvimento de aplicativos de RA é o “Unity3D” (Figura 6). Essa ferramenta é um ambiente para desenvolvimento multiplataforma de jogos, a qual permite tanto criar objetos e cenários em 3D e renderizar os projetos em tempo real, como também possui suporte à física simulada e dispositivos móveis. O ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) permite criar aplicativos de RA interativos, sendo muito popular entre os desenvolvedores de jogos que possuem RA. “Unity 3D” possui recursos às linguagens de programação C# e JavaScript, além de ferramentas de RA integradas. (GARCÍA-VIGUERA; ORTIZ-LÓPEZ; MOLINA-CARMONA, 2019).

**Figura 6** – Interface do software Unity3D



Fonte: TEOTÔNIO; ARAÚJO, 2017.

Já a plataforma “Vuforia” (Figura 7), é um dos softwares de desenvolvimento de RA mais conhecido e manuseado pelos desenvolvedores, podendo ser integrada com o Unity. Nessa plataforma estão disponíveis alguns recursos, destacando-se o rastreamento de imagem e a detecção de marcadores. Segundo Kašćak (2019), a integração do “Vuforia” com ambientes de desenvolvimento, como Unity e Eclipse, permite aos estudantes construir aplicativos de RA de forma intuitiva e facilita a aprendizagem da programação.

**Figura 7** – Interface do *software “Vuforia”*

Fonte: TAKAHASHI, 2016.

Além do “Unity3D” e “Vuforia”, existem outros *softwares* de desenvolvimento de aplicativos de Realidade Aumentada que podem ser utilizados para o ensino de programação, como, por exemplo, o “ARKit” (para dispositivos iOS) e o “ARCore” (para dispositivos Android).

O “ARKit” é um *framework* de desenvolvimento de Realidade Aumentada criado pela empresa Apple para a plataforma iOS. Esse *framework* oferece uma variedade de recursos e de bibliotecas. De acordo com Gupta e Rohil (2017), “ARKit” está sendo manuseado para ensinar programação de forma prática e incentivar a resolução de problemas complexos por meio da criação de aplicativos de RA. Isso ajuda os estudantes a desenvolverem habilidades de programação enquanto exploram conceitos de RA.

Outro *framework* utilizado é “ARCore”, desenvolvido pela empresa Google para criação de aplicativos de RA, disponível em dispositivos Android. Assim como o anterior, “ARCore” possui recursos avançados, incluindo rastreamento de movimento e detecção de planos. Segundo Lanham (2018), esse *framework* é usado no ensino de programação como uma ferramenta prática para aprimorar a compreensão de conceitos algoritmos e a lógica de programação, proporcionando aos estudantes uma experiência completa de aprendizagem.

Por último, a biblioteca de código aberto, “ARToolKit”, é uma das mais operadas para o desenvolvimento de aplicativos de RA. Essa biblioteca tem suporte para várias plataformas, como Android e iOS, e oferece recursos avançados, como rastreamento de marcadores e interação com objetos virtuais. Ainda é compatível com várias linguagens de programação e plataformas, tornando-se uma opção versátil para educadores e desenvolvedores (WAGNER; SCHMALSTIEG; ARTH, 2020).

Segundo Dass et al. (2018), no ensino de programação, a utilização desses *softwares* de desenvolvimento de aplicativos de RA proporciona aos estudantes oportunidades de desenvolverem habilidades de programação e pensamento computacional. Além disso, auxiliam o professor a promover um ensino mais atrativo e com experiências práticas diversificadas no ensino da computação.

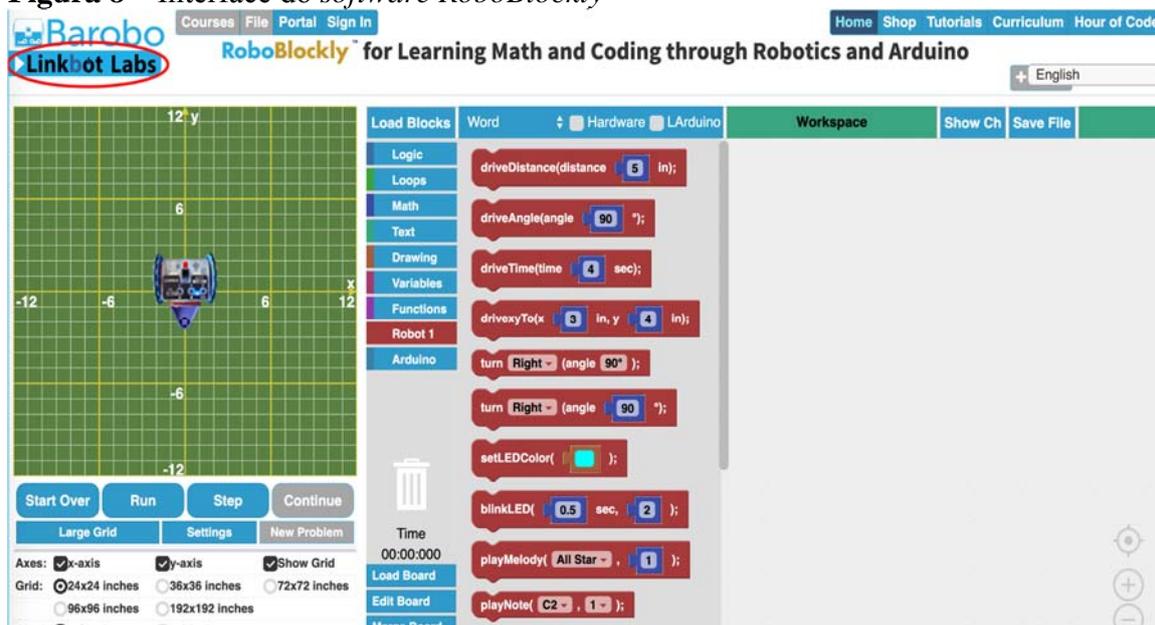
## 2.5 APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA UTILIZADOS NO ENSINO DA COMPUTAÇÃO

Com a pesquisa bibliográfica apresentada na seção 2.2, é notável que a RA pode ser uma ferramenta útil para melhorar a experiência de aprendizagem dos alunos e aumentar a motivação. Neste contexto, este trabalho procurou investigar *softwares* específicos para o ensino na área da computação. Dentre as diversas bibliografias, destacam-se os aplicativos desenvolvidos por Qiao et al. (2020); Martinez-Maldonado et al. (2019); a biblioteca utilizada por Khamis et al. (2020); Begum e Anusha (2023); Ternier et al (2012); Yuen, Yaoyuneyong e Johnson (2011); Patel (2017); Klopfer, Osterweil e Salen (2009) e Anwar et al. (2020).

Começando pelo aplicativo "VWorld", desenvolvido por Qiao et al. (2020), que permite aos alunos programarem em um ambiente virtual imersivo, visualizando e interagindo com os elementos de programação em 3D. Essa abordagem oferece aos estudantes a oportunidade de experimentar e depurar o código em um ambiente controlado, antes de aplicá-lo em projetos reais (QIAO et al., 2020).

Em seguida, identificou-se o *software* "RoboBlockly" (Figura 8), de Martinez-Maldonado et al. (2019); que é baseado em blocos que usam a Realidade Aumentada para ensinar conceitos de programação e robótica. Ele permite que os acadêmicos criem programas ao arrastar e encaixar blocos virtuais que podem ser visualizados no mundo real por meio de um dispositivo móvel ou óculos de Realidade Aumentada (MARTINEZ-MALDONADO et al., 2019).

**Figura 8** – Interface do *software* RoboBlockly



Fonte: ROBOLBLOCKLY, 2023.

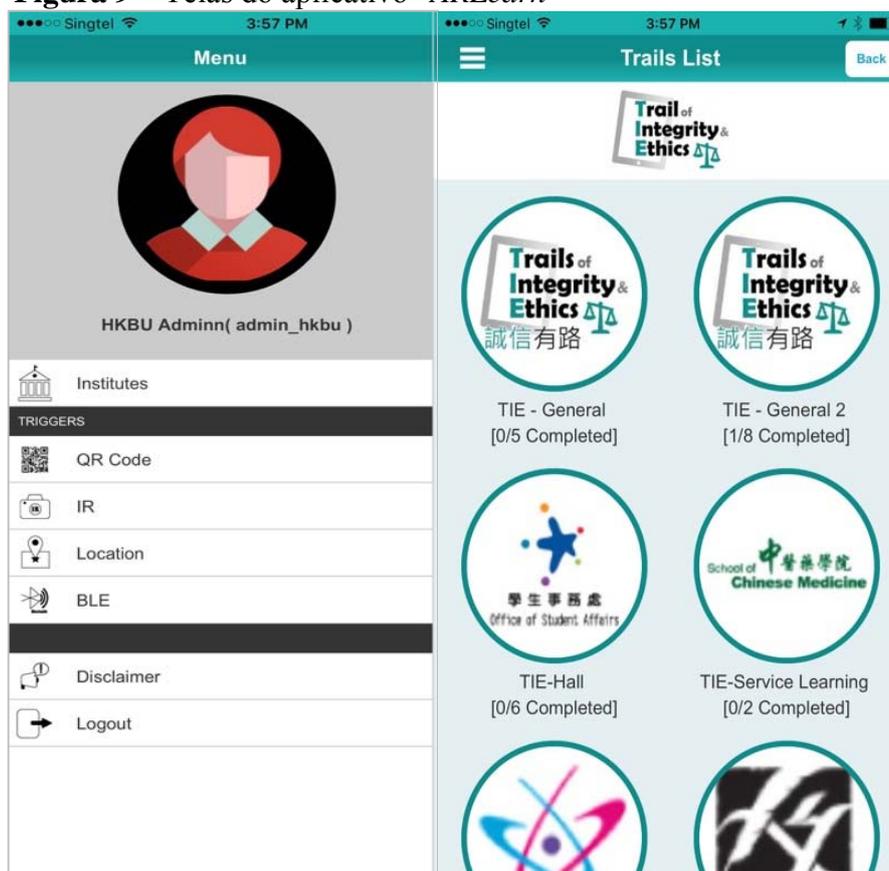
Além dos já citados, Khamis et al. (2020) utilizaram a biblioteca de código aberto denominada "AR.js", que permite a criação de experiências de Realidade Aumentada diretamente em navegadores web, sem a necessidade de instalar aplicativos adicionais. Essa biblioteca oferece recursos avançados para a construção de ambientes virtuais interativos, nos quais os estudantes podem programar objetos virtuais e interagir com eles por meio de código JavaScript.

Há também o aplicativo "AR-Code", outro exemplo de como a Realidade Aumentada pode ser usada para ensinar programação. Esse permite que os aprendizes interajam com

elementos virtuais através de programação em um ambiente físico. O estudo realizado por Begum e Anusha (2023) demonstrou que o uso do “AR-Code” pode melhorar a motivação dos alunos e promover um melhor entendimento dos conceitos ensinados.

Já Ternier et al. (2012), com apoio da Realidade Aumentada, desenvolveram um aplicativo de suporte à aprendizagem denominado “ARLearn”. Esse aplicativo utiliza a Realidade Aumentada para a criação de atividades educacionais imersivas baseadas em RA, incluindo tarefas de programação. Em seu trabalho “ARLearn: An Authoring Tool for Augmented Reality Supported Learning”, os autores destacam que a Realidade Aumentada pode motivar os estudantes a se envolverem com o aprendizado da programação ao oferecerem uma experiência prática e visual. Na Figura 9 é apresentada a interface de duas telas do aplicativo “ARLearn” (TERNIER et al., 2012).

**Figura 9** – Telas do aplicativo “ARLearn”



Fonte: APPADVICE, 2016.

Enquanto isso, o “AR-Scratch” é uma extensão do Scratch, uma linguagem de programação visual amplamente utilizada para ensinar programação a estudantes mais jovens. Esse aplicativo de Realidade Aumentada permite que os alunos criem projetos interativos combinando elementos do mundo real e virtual. O estudo conduzido por Yuen, Yaoyuneyong e Johnson (2011) destacou que o “AR-Scratch” facilita a compreensão dos conceitos de programação e incentiva a criatividade dos alunos

De modo similar, em “Teaching Object-Oriented Programming Using Augmented Reality” os pesquisadores exploram a utilização da Realidade Aumentada no ensino de programação orientada a objetos. Eles desenvolveram um aplicativo de RA que permite aos alunos interagirem com objetos virtuais enquanto aprendem conceitos de programação. Os resultados mostraram que a RA pode auxiliar na compreensão dos conceitos abstratos da

programação orientada a objetos, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais tangível e visual (PATEL, 2017).

Por fim, o aplicativo “*Playground AR: Physics Sandbox*”, disponível para dispositivos IOS, combina elementos de Realidade Aumentada com simulações físicas interativas. Ele permite que os estudantes criem cenários virtuais nos quais podem programar objetos e observarem como as leis da física se aplicam a eles. Essa abordagem lúdica, e visualmente estimulante, pode auxiliar os estudantes a compreenderem conceitos complexos de programação e física (KLOPFER; OSTERWEIL; SALEN, 2009). Na Figura 10 é apresentada a interface do aplicativo “*Playground AR*”.

**Figura 10** – Interface do aplicativo “*Playground AR*”



Fonte: CHRISTOFFEL, 2017.

Com isso, a Realidade Aumentada pode ser combinada com técnicas de gamificação para tornar o processo de aprendizagem mais envolvente e motivador. Um estudo realizado por Anwar et al. (2020) investigou o uso de um aplicativo de Realidade Aumentada e de gamificação no ensino de programação para estudantes de ciência da computação. Os resultados mostraram que a combinação dessas abordagens promoveu uma maior motivação dos estudantes e um melhor desempenho na aprendizagem dos conceitos de programação.

Em síntese, exemplos como os citados nesta seção demonstram o potencial desses aplicativos no contexto educacional. Nesse sentido, incentivar novas pesquisas práticas e aprimorar, de forma contínua, essa tecnologia pode contribuir significativamente para o desenvolvimento das ferramentas de Realidade Aumentada (RA) e sua aplicação mais efetiva na área da educação.

### 3 METODOLOGIA

A partir de um levantamento bibliográfico por meio de artigos acadêmicos sobre os conceitos de RA, sua utilização e sistemas desenvolvidos para fins educacionais, refinando a pesquisa para aplicativos ministrados no ensino da computação, deu-se início ao

desenvolvimento do atual trabalho. Através disso, esta pesquisa foi realizada em bases científicas, como: *IEEE Xplore Digital Library*, *ACM Digital Library* e *Google Scholar*, aplicando termos como: Realidade Aumentada, princípios da Realidade Aumentada, Realidade Aumentada na educação e no ensino da computação.

Além dos artigos selecionados e da revisão bibliográfica, foi aplicada uma pesquisa de campo em maio de 2023 com estudantes de várias faculdades da região de Jales, inclusive alunos da Fatec Jales, por meio de um formulário elaborado na plataforma *Google Forms*. Contempla-se uma série de oito perguntas, com o objetivo de levantar dados capazes de designar uma análise comparativa entre as respostas obtidas e os estudos explorados.

Logo em seguida, deu-se prosseguimento à última etapa do trabalho: a realização de uma análise dos aplicativos que utilizam a Realidade Aumentada no ensino da computação. Houve pauta na pesquisa de campo, nas pesquisas bibliográficas e em *softwares* desenvolvidos para esse fim.

## **4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Após as pesquisas desempenhadas na seção 2 sobre os conceitos gerais sobre Realidade Aumentada, mista e virtual, suas aplicações e ferramentas utilizadas no ensino da computação, a seção 4.1 apresenta a pesquisa de campo sobre o conhecimento dos estudantes acerca da RA e possíveis utilizações de aplicativos no ensino. Enquanto a análise de aplicativos empregados no ensino da computação é apresentada na seção 4.2.

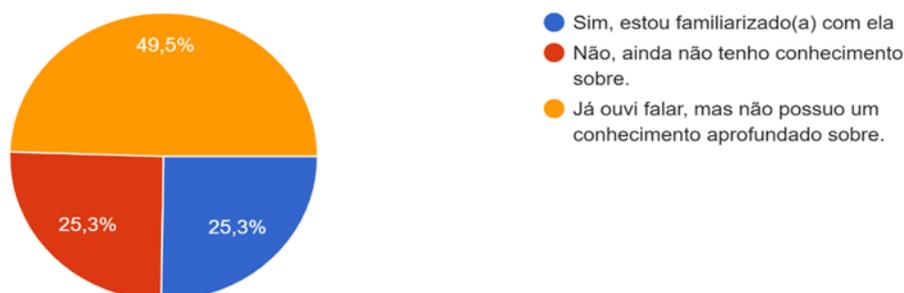
### **4.1 PESQUISA DE CAMPO SOBRE REALIDADE AUMENTADA**

A pesquisa de campo foi realizada por meio de um formulário com oito questões que contêm respostas de múltipla escolha e uma questão com resposta aberta sobre a temática que se refere este trabalho. Obteve-se 99 respostas acerca do conhecimento sobre RA e sua usabilidade no âmbito educacional.

Com o intuito de saber o gênero dos participantes, a fim de conhecer o público para quem a pesquisa se destinou, a primeira pergunta revelou que 59,6% dos participantes são do gênero masculino, logo 40,4% são do feminino. Não houve nenhum participante que preferiu não responder. Enquanto o campo faixa etária mostrou que 40,4% das respostas foram de pessoas com idades entre 21 e 30 anos, em seguida 21,2% das respostas vieram daqueles com idade entre 10 a 20 anos, seguidos por pessoas de 41 a 50 anos (17,2%), de 31 a 40 anos (15,2%), de 51 a 60 anos (5,1%) e com mais de 60 anos (1%).

Após isso, quando questionados sobre o conhecimento da RA (Gráfico 1), a maior porcentagem dos participantes (49,54%) mostrou já ter ouvido sobre a referida tecnologia, mas não possuem um conhecimento profundo. No entanto, 25,3 % dos entrevistados informaram que não possuem conhecimento suficiente sobre RA, enquanto, igualmente, outros 25,3% informaram que estão familiarizados.

**Gráfico 1 – Conhecimento sobre a tecnologia da RA**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao abordar sobre a utilização da RA no contexto do ensino-aprendizagem, os resultados revelaram que apenas 4% dos participantes já utilizaram a tecnologia com essa finalidade, enquanto a maioria expressiva, correspondente a 77,8%, nunca usou qualquer aplicativo de RA. Adicionalmente, 18,2% afirmaram ter consumido a tecnologia, porém sem objetivos educacionais.

Depois, a maioria dos entrevistados (88,9%) respondeu que a RA pode ser uma solução para a falta de recursos didáticos em algumas disciplinas, mas o restante (11,1%) não acredita nessa possibilidade. Complementarmente, questionou-se aos entrevistados se a RA é um ambiente capaz de promover uma experiência mais atrativa ao aluno na hora de estudar, sendo que 67,7% das pessoas afirmaram positivamente, 30,3% não tem certeza ao responder e somente 2% discordam.

Acrescentando-se às informações contidas no Gráfico 2, cinco participantes relataram ter utilizado alguns aplicativos de RA, sendo eles: Pokémon Go, Google (dos animais); aplicativos com projeções explicativas; visualizadores de ambientes (arquitetura); aplicativo da Coca-Cola e aplicativos para vendas de veículos.

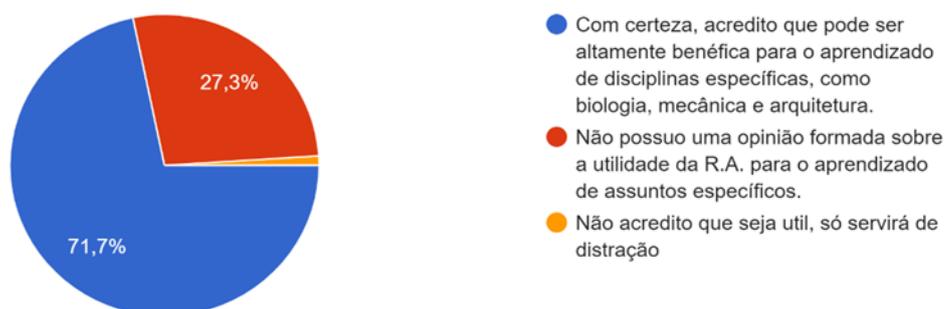
**Gráfico 2 -Utilização de aplicativo de RA para fins educacionais**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Já no Gráfico 3 é apresentado sobre a utilidade de incluir a RA na aprendizagem de assuntos específicos da educação. A maioria dos entrevistados (71,7%) acredita que a RA possa ser uma ferramenta que beneficie os alunos e os professores durante os estudos. Entretanto, 27,3% não possuem uma opinião formada sobre o assunto e uma pequena parcela de 1% acredita que não há benefícios em implantar a RA no meio educacional.

**Gráfico 3** - Utilidade da RA para a aprendizagem de assuntos específicos



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quando os entrevistados foram questionados sobre a possibilidade da tecnologia de RA ser utilizada no ensino para ajudar na motivação e proporcionar um maior interesse dos alunos (Gráfico 4), 69,7% das pessoas afirmaram acreditar que aplicativos de RA são capazes de estimular o interesse dos alunos pelos estudos. Já 28,3% ainda expressam dúvidas e 2% não acreditam nessa possibilidade.

**Gráfico 4** - Utilização de RA no ensino como motivação e interesse nas disciplinas



Fonte: Elaborada pelos autores.

#### 4.2 ANÁLISE DOS APLICATIVOS QUE UTILIZAM A REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DA COMPUTAÇÃO

Além da pesquisa de campo, realizou-se uma análise comparativa entre diversos trabalhos sobre sistemas que usam a RA para o ensino da computação no âmbito educacional. Isso evidenciou que através do processo ensino-aprendizagem, de maneira prática e imersiva, é possível incluir aplicativos com RA no ensino da programação. Ambientes virtuais, nos quais os estudantes possam experimentar e manipular códigos em um contexto mais próximo do mundo real, facilitam a compreensão dos conceitos. Pode-se exemplificar através da meta-análise realizada por Jang et al. (2019), que examinou diversos estudos sobre o uso de RA na educação e no ensino de programação. Os resultados indicaram que a RA foi efetiva na melhoria do desempenho dos alunos, no aumento da motivação e no desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas.

Outro ponto de destaque foi a motivação e engajamento do aluno frente a um ensino moderno e mais atraente. Santos (2019) realizou uma pesquisa que investigou o impacto do uso de aplicativos de Realidade Aumentada no processo de aprendizagem de programação em uma turma de graduação em Ciência da Computação. Os resultados demonstraram que os estudantes tiveram um aumento na retenção de conhecimento, desenvolvimento de habilidades práticas e resolução de problemas, além de um maior interesse pela disciplina. Ao passo que um estudo

de Serrano-Laguna et al. (2019) revelou que os alunos envolvidos na atividade proposta tiveram um melhor desempenho na compreensão de conceitos complexos de programação, em comparação com aqueles que utilizaram métodos tradicionais de ensino. Também relataram um aumento significativo no engajamento e na motivação durante as aulas.

Com isso, é possível observar por meio dos resultados obtidos que, ainda que esteja presente de diversas maneiras no dia a dia, a RA não é uma realidade para a maioria dos usuários. A falta de conhecimento e de divulgação podem ser alguns dos fatores que a tornam pouco explorada, mesmo para o público jovem e atual. Mas embora a RA ainda possa ser pouco conhecida atualmente, a pesquisa também denota que os respondentes veem benefícios promissores em empregá-la ao ensino nas universidades.

Nisso, é evidente que os aplicativos de Realidade Aumentada têm o potencial de transformar o ensino nas universidades e proporcionar uma abordagem inovadora e cativante. As vantagens dessa tecnologia incluem o aumento do engajamento e da motivação dos alunos, o aprendizado prático e imersivo, bem como colaboração e interação social.

Dessa forma, as ferramentas de Realidade Aumentada utilizadas no ensino da computação, mencionadas na seção 2.5, são exemplos de como podem ser exploradas no contexto educacional. Os estudos citados evidenciam os benefícios desses aplicativos e destacam a importância da Realidade Aumentada como um recurso promissor para aprimorar a educação em programação, assim como também em outras áreas citadas anteriormente.

Consequentemente, as evidências bibliográficas são capazes de afirmar que os aplicativos de RA têm demonstrado eficácia no aprimoramento do desempenho dos alunos e no desenvolvimento de habilidades necessárias para sua inserção no mercado de trabalho. Portanto, seu uso no ensino das universidades é altamente recomendado, pois oferece um caminho promissor para aprimorar a educação em ciência da computação.

Logo, os benefícios de sua utilização de maneira geral levantam algumas questões interessantes em sua aplicabilidade. A imersão, a interatividade e a aprendizagem ativa, proporcionadas por essa tecnologia, têm o potencial de melhorar a compreensão, o engajamento e o desempenho dos estudantes. À medida que a conscientização sobre a RA cresce e as barreiras são superadas, é provável que seu uso se expanda e se torne mais comum no contexto educacional.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir dos artigos analisados neste trabalho, observa-se que a RA é uma tecnologia promissora, com muitas possibilidades a serem exploradas e com muitas aplicações em diversas áreas. Entretanto, a pesquisa de campo mostrou que a RA, apesar de muito presente em diversos aplicativos, ainda não é uma tecnologia tão notável, visto que a grande maioria dos respondentes disseram não conhecer ou nunca ter utilizado um aplicativo de RA, mesmo visto que o público que mais respondeu a pesquisa é o jovem-adulto. Portanto, é importante considerar alguns desafios associados ao uso da RA como ferramenta educacional no ensino superior.

Um dos principais desafios é a disponibilidade de tecnologia adequada. Embora os dispositivos móveis estejam cada vez mais acessíveis, nem todos os alunos possuem os recursos necessários para acessar a RA de forma eficaz, ou conhecimento necessário para estar por dentro das tecnologias, o que pode criar disparidades no acesso ao conteúdo e dificultar a implementação generalizada da tecnologia.

Sendo assim, é importante ressaltar que hoje há uma facilidade maior para ingressar numa universidade e para englobar pessoas de todas as idades que queiram estudar e buscar um futuro de qualificações. Por isso, as ferramentas educacionais precisam ser descomplicadas e acessíveis para que todos sejam beneficiados e possam utilizá-las.

Posto isso, a integração da Realidade Aumentada ao currículo educacional requer planejamento cuidadoso. Os educadores devem identificar objetivos específicos de aprendizagem, desenvolver conteúdos relevantes e garantir que a RA seja usada de forma significativa, não apenas como uma tendência passageira.

Desse modo, a Realidade Aumentada possui um grande potencial como ferramenta educacional, em especial no ensino da computação. Além de enriquecer a experiência de aprendizagem, permite a visualização de conceitos complexos, simulação de ambientes profissionais e aprimoramento das habilidades linguísticas. Assim, a RA estimula a colaboração entre os alunos e aumenta a motivação e o engajamento.

Logo, é de suma importância destacar que a utilização de aplicativos de RA no ensino superior ainda é uma área em desenvolvimento. Sendo assim necessário um maior investimento em pesquisa para aprimorar as tecnologias existentes e o desenvolvimento de novas ferramentas que possam contribuir para a melhoria da qualidade do ensino.

## REFERÊNCIAS

AGRELA, L. O que é realidade aumentada, chave do sucesso de Pokémon Go. **Exame**, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/o-que-e-realidade-aumentada-chave-do-sucesso-de-pokemon-go>. Acesso em: 3 maio 2022.

ANWAR, M. B. *et al.* Augmented reality and gamification: an innovative approach for programming learning. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, v. 15, n. 12, p. 25-42, 2020.

APPADVICE. **Creating a blended learning environment by combining mobile technology and Augmented Reality that motivates students to learn, engage, and share knowledge on academic integrity and ethics**. 2016. Disponível em: <https://appadvice.com/app/ar-learn-dgtrail/1148477023>. Acesso em: 26 jun. 2023.

APPADVICE. **Through this free app and a simple printed image, Anatomy 4D transports students, teachers, medical professionals, and anyone who wants to learn about the body into an interactive 4D experience of human anatomy**. 2012. Disponível em: <https://appadvice.com/app/anatomy-4d/555741707>. Acesso em: 11 abr. 2023.

AZUMA, R. Augmented reality: approaches, applications, and challenges. *In*: BARFIELD, W.; CAUDELL, T. (ed.). **Fundamentals of wearable computers and augmented reality**. New York: CRC, 2013.

AZUMA, R. *et al.* Recent advances in augmented reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34- 47, 2001.

AZUMA, R. T.; BISHOP, G. Improving static and dynamic registration in an optical see-through HMD. *In*: ANNUAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES – SIGGRAPH '94, 21st., 1994. New York. **Proceedings [...]**. New York, 1994. p. 197-204. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/192161.192199>. Acesso em: 3 maio 2022.

BEGUM, H. P.; ANUSHA, P. Augmented reality and ar code using ai technique. *In*: VERMA, M. R. *et al.* (ed.). **Advances in Science and Technology**. Maharashtra, India: Bhumi, 2023. v. 2, p. 14-22.

BILLINGHURST, M.; KATO, H. Collaborative augmented reality. **Communications of the ACM**, v. 45, n. 7, p. 64-70, 2002

BOWER, M. *et al.* Augmented reality in education: cases, places and potentials. **Educational Media International**, v. 51, n. 1, p. 1-15, 2014.

BURDEA, G.; COIFFET, P. **Virtual reality technology**. Nova Jersey, EUA: John Wiley & Sons, 1994.

CAO, M. *et al.* Accurate 3-D reconstruction under IoT environments and its applications to augmented reality. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 17, n. 3, p. 2090-2100, 2020.

CHEN, C. M.; TSAI, Y. N. Augmented reality for learning: a systematic review of educational research. **Educational Technology & Society**, v. 15, n. 4, p. 291-302, 2012.

CHEN, C. M.; WANG, C. H.; CHEN, S. Y. Learning in a virtual reality environment: the effects of interactivity and vividness on learners. **Educational Technology & Society**, v. 20, n. 3, p. 110-121, 2017.

CHEN, P. *et al.* A review of using augmented reality in education from 2011 to 2016. **Innovations in smart learning**, p. 13-18, 2017. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-2419-1\\_2#citeas](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-2419-1_2#citeas). Acesso em: 8 jun. 2023.

CHRISTOFFEL R. **Playground AR**: a physics sandbox for freeform play. 2017. Disponível em: <https://www.macstories.net/reviews/playground-ar-a-physics-sandbox-for-freeform-play>. Acesso em: 20 jun. 2023.

COSTA, M. B. **10 melhores apps de realidade aumentada para Android e iOS**. 2020. Disponível em: <https://canaltech.com.br/rv-ra/melhores-aplicativos-realidade-aumentada>. Acesso em: 3 maio 2022.

DASS, N. *et al.* Augmenting coding: augmented reality for learning programming. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF CHINESE CHI, 6<sup>th.</sup>, 2018. **Proceedings** [...]. ACM, 2018. p. 156-159. Disponível em: [https://reperio.usi.ch/permalink/41SLSP\\_USI/1durbv9/cdi\\_acm\\_primary\\_3202695](https://reperio.usi.ch/permalink/41SLSP_USI/1durbv9/cdi_acm_primary_3202695). Acesso em: 26 jun. 2023.

DEY, A. *et al.* A systematic review of 10 years of augmented reality usability studies: 2005 to 2014. **Frontiers in Robotics and AI**, v. 5, p. 37, 2018.

DUNLEAVY, M.; DEDE, C.; MITCHELL, R. Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. **J Sci Educ Technol.**, v. 18, p. 7-22, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>. Acesso em: 10 maio 2023.

GARCÍA-VIGUERA, J.; ORTIZ-LÓPEZ, M.; MOLINA-CARMONA, R. A systematic review of educational applications using augmented reality for students with autism spectrum disorder. **Sustainability**, v. 11, n. 21, 2019.

GOGONI, R. **Como usar o app Measure do iOS iPhone e do Google Android**. 2019. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/como-usar-o-aplicativo-measure/>. Acesso em: 3 maio 2022.

GUPTA, N.; ROHIL, M. K. Exploring possible applications of augmented reality in education. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SIGNAL PROCESSING AND INTEGRATED NETWORKS – SPIN*, 4<sup>th</sup>., 2017, Noida, India. **Proceedings** [...]. Noida, India: IEEE, 2017. p. 437-441.

HUANG, Y. M.; LIANG, T. H.; SU, Y. N. Enhancing the learning achievement and learning motivation of biology learning through the flipped classroom, mobile learning and augmented reality. **Journal of Educational Technology & Society**, v. 19, n. 3, p. 143-156, 2016.

INSLEY, S. **Obstacles to general purpose augmented reality**. Disponível em: <http://islab.oregonstate.edu/koc/ece399/f03/final/insley2.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2023.

JANG, S. *et al.* Effects of augmented reality on student achievement and self-efficacy in career and technical education: a meta-analysis. **British Journal of Educational Technology**, v. 50, n. 5, p. 2395-2411, 2019.

JOHNSON, L. *et al.* **NMC horizon report: 2016 higher education edition**. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2016. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/p/171478/>. Acesso em: 24 abr. 2023.

JOHNSON, L.; LEVINE, A. Immersive learning environments: using augmented reality in the classroom. **NMC horizon report**, p. 26-30, 2018.

KAFAI, Y. B.; CHING, C. C. Augmented learning through mobile technologies for math and science education. **Journal of Educational Technology Development and Exchange**, v. 9, n. 1, p. 1-14, 2016.

KAMARAINEN, A. *et al.* Using mobile location-based augmented reality to support outdoor learning in undergraduate ecology and environmental science courses. **The Bulletin of the Ecological Society of America**, v. 99, n. 2, p. 259-276, abr. 2018. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bes2.1396>. Acesso em: 24 abr. 2023.

KAŠČAK, J. *et al.* Implementation of augmented reality into the training and educational process in order to support spatial perception in technical documentation. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND APPLICATIONS – ICIEA*, 6<sup>th</sup>., 2019, Tokyo. **Proceedings** [...]. Tokyo: IEEE, 2019. p. 583-587.

KHAMIS, M. *et al.* Augmented reality to enhance computer programming learning. **Education and Information Technologies**, v. 25, n. 1, p. 321-346, 2020.

KIRNER, C. **Realidade virtual e aumentada**. 2011. Disponível em: <http://www.realidadevirtual.com.br/>. Acesso em: 11 abr. 2023.

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Evolução e tendências da realidade virtual e da realidade aumentada: aplicações e tendências. *In*: RIBEIRO, M. W. S.; ZORZAL, E. R. (org.). **Realidade virtual e aumentada: aplicações e tendências**. Uberlândia: SBC, 2011. v. 1. p. 10-25.

KIRNER, C.; TORI, R. Fundamentos de realidade aumentada. *In*: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (ed.). **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Belém: SBC, 2006. v. 1. p. 22-38.

KLOPFER, E. *et al.* **Using the technology of today, in the classroom today**: the instructional power of digital gaming and social networking and how teachers can leverage. Massachusetts: Creative Commons, 2009.

KLOPFER, E.; OSTERWEIL, S.; SALEN, K. **Moving learning games forward**: obstacles, opportunities, and openness. [S. l.]: The Education Arcade, 2009.

KLOPFER, E.; SQUIRE, K.; JENKINS, H. **Environmental detectives**: PDAs as a window into a virtual simulated world. 2008. Disponível em: [https://www.academia.edu/1317151/Environmental\\_Detectives\\_PDAs\\_As\\_a\\_Window\\_Into\\_a\\_Virtual\\_Simulated\\_World\\_A\\_Work\\_In\\_Progress\\_](https://www.academia.edu/1317151/Environmental_Detectives_PDAs_As_a_Window_Into_a_Virtual_Simulated_World_A_Work_In_Progress_). Acesso em: 11 abr. 2023.

KLOPFER, E.; SQUIRE, K.; JENKINS, H. Environmental detectives-the development of an augmented reality platform for environmental simulations. **Educational Technology Research and Development**, v. 57, n. 3, p. 299-317, 2009.

KOCKRO, R. A. *et al.* Augmented reality in neurosurgery: augmented reality capabilities, headset technology, and applications in neurosurgery. **Journal of neurosurgical sciences**, v. 57, n. 2, p. 109-116, 2013.

LANHAM, M. **Learn ARCore-Fundamentals of Google ARCore**: learn to build augmented reality apps for Android, Unity, and the web with Google ARCore 1.0. Birmingham, Reino Unido: Packt, 2018.

LOBO, V.; PATIL, N.; MURTHY, N. Augmented reality in medicine: a systematic review. **Journal of Medical Systems**, v. 43, n. 9, 2019.

MARTINEZ-MALDONADO, R. *et al.* Combining learning analytics and interactive visualizations to support self-regulated learning in online programming courses. **Journal of Learning Analytics**, v. 6, n. 2, p. 94-111, 2019.

MEDEIROS, M. A. **O que é realidade aumentada e como aplicá-la no seu e-commerce**. 2022. Disponível em: <https://ecommercenapratica.com/blog/o-que-e-realidade-aumentada/>. Acesso em: 1 maio 2022.

MILGRAM, P. *et al.* Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. **Telemanipulator and Telepresence Technologies**, v. 2351, p. 282-292, 1994.

MILGRAM, P.; KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. **IEICE Transactions on Information and Systems**, v. 77, n. 12, p. 1321-1329, 1994.

PATEL, T. **Learning object oriented programming using augmented reality**: a case study with elementary school students. Arizona: Arizona State University, 2017.

POKÉMON GO LIVE. 2022. Disponível em: [https://pokemongolive.com/pt\\_br/](https://pokemongolive.com/pt_br/). Acesso em: 4 maio 2022.

PUCIHAR, K. Č.; COULTON, P. Exploring the evolution of mobile augmented reality for future entertainment systems. **Computers in Entertainment (CIE)**, v. 11, n. 2, p. 1-16, 2015.

QIAO J. *et al.* VWorld: an immersive VR system for learning programming. *In*: INTERACTION DESIGN AND CHILDREN CONFERENCE: EXTENDED ABSTRACTS, 20th., 2020, New York. **Proceedings** [...]. New York, 2020. p. 235-240. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3397617.3397843>. Acesso em: 4 maio 2022.

RIVA, G. *et al.* The use of augmented reality in the treatment of pain in fibromyalgia patients: a preliminary study. **CyberPsychology & Behavior**, v. 7, n. 5, p. 485-488, 2004.

ROBOBLOCKLY. **SETUP to control linkbots using linkbot labs and roboblocky**. 2023. Disponível em: <https://roboblocky.com/setup/linkbot>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SÁNCHEZ, I. A.; LAVALLE, G. E.; OLIVARES, G. Augmented reality for architecture, engineering and construction industry. **Procedia Computer Science**, v. 25, p. 292-301, 2013.

SANTOS, H. F. **Abordagem utilizando realidades aumentada e virtual para suportar cursos baseados em metodologias ativas de aprendizagem aurav-scbmaa**. 2019. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

SERRANO-LAGUNA, A. *et al.* Augmented reality applications for teaching programming at university level. **Journal of Universal Computer Science**, v. 25, n. 2, p. 217-240, 2019.

SHORTIS, M. Calibration techniques for accurate measurements by underwater camera systems. **Sensors, Multidisciplinary Digital Publishing Institute**, v. 15, n. 12, p. 30810–30826, 2015.

TAKAHASHI, D. **Vuforia studio enterprise wants to make AR development open to anyone**. 2016. Disponível em: <https://venturebeat.com/business/vuforia-studio-enterprise-will-democratize-augmented-reality-development/>. Acesso em: 2 jun. 2023.

TEOTÔNIO, W.; ARAÚJO, A. **Desenvolvimento de jogos para dispositivos móveis utilizando o motor de jogo unity 3D**: um estudo de caso. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Software) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/320273327\\_Desenvolvimento\\_de\\_Jogos\\_para\\_Dispositivos\\_Moveis\\_utilizando\\_o\\_Motor\\_de\\_Jogo\\_Unity\\_3D\\_um\\_Estudo\\_de\\_Caso](https://www.researchgate.net/publication/320273327_Desenvolvimento_de_Jogos_para_Dispositivos_Moveis_utilizando_o_Motor_de_Jogo_Unity_3D_um_Estudo_de_Caso). Acesso em: 2 jun. 2023.

TERNIER, S. *et al.* AR Learn: augmented reality meets augmented virtuality. **Journal of Cheminformatics**, v. 18, 2012.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006.

VAVRA, P. *et al.* Recent development of augmented reality in surgery: a review. **J Healthc Eng**, p. 457-4172, 2017.

WAGNER, D.; SCHMALSTIEG, D.; ARTH, C. ARToolKit: a global tracking framework. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 40, n. 2, p. 34-42, 2020.

WANG, P. *et al.* A comprehensive survey of AR/MR-based co-design in manufacturing. **Engineering with Computers**, v. 36, n. 2, 2019.

WU, H. K.; WU, Y. C. A review of using augmented reality in education from 2011 to 2016. **Journal of Educational Technology & Society**, v. 20, n. 2, p. 133-149, 2017.

YILMAZ, R. M.; KUCUK, S.; GOKTAS, Y. Are augmented reality picture books magic or real for preschool children aged five to six? **British Journal of Educational Technology**, v. 48, n. 3, p. 824-841, 2017.

YUEN, S.; YAOYUNYONG, G.; JOHNSON, E. Augmented reality: an overview and five directions for AR in education. **Journal of Educational Technology Development and Exchange**, v. 4, n. 1, p. 119-140, 2011.