

# ANÁLISE DE SISTEMAS DE POSICIONAMENTO E ALOCAÇÃO DE ELEMENTOS VIRTUAIS EM SISTEMAS DE REALIDADE AUMENTADA

Rodrigo Reis Monasterios Morales <sup>1</sup>; Diego Hernandez Arjoni <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluno de Iniciação Científica do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT);

<sup>2</sup> Professor do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

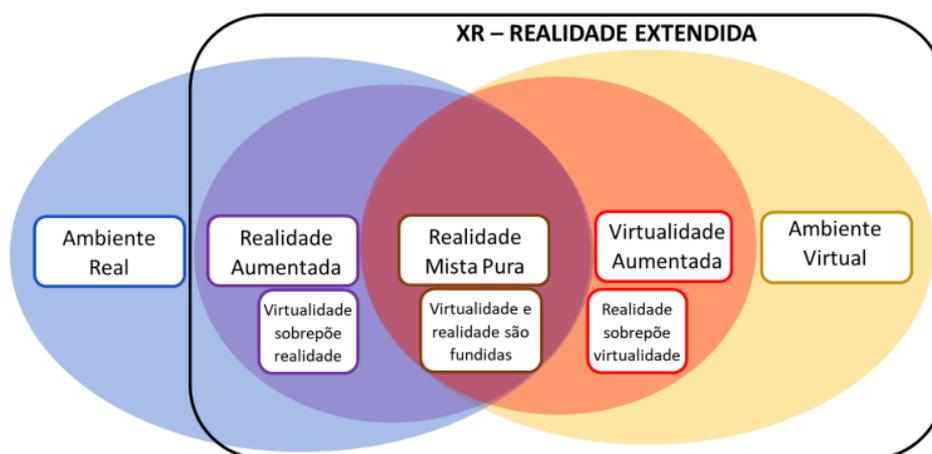
**Resumo.** *Este trabalho propõe a investigação de possibilidades de posicionamento de elementos virtuais em ambientes reais através de técnicas de realidade aumentada (RA), com foco em aplicações na Indústria 4.0. Foram exploradas três técnicas de posicionamento virtual – Object Manipulation, Image Target e Spatial Anchor – para integrar elementos virtuais ao ambiente físico de maneira precisa e interativa. Os resultados obtidos apontam que as técnicas estudadas, em diferentes gradações e contextos de uso, são capazes de cumprir o objetivo de posicionamento. A pesquisa mostra o potencial do uso de RA para aprimoramento de sistemas industriais, evidenciando que, embora seja possível melhorar a precisão e explorar outras abordagens, as técnicas analisadas representam soluções viáveis para a integração de objetos virtuais em cenários físicos.*

## Introdução

O avanço tecnológico tem impulsionado uma transformação profunda em diversas áreas, sendo que tecnologias como a realidade virtual (RV) e a realidade aumentada (RA) emergem como protagonistas dessa revolução.

Ainda que correlacionadas, as tecnologias de Realidade Aumentada e Realidade Virtual possuem diferenças significativas tanto em relação às aplicações possíveis quanto às metodologias de disponibilização de informações, sendo parte de um espectro que considera a progressão de um mundo inteiramente real até um mundo inteiramente virtual, como mostra a Figura 1 (FLAVIÁN, IBÁÑEZ-SÁNCHEZ e ORÚS, 2019).

Figura 1 - Espectro de Virtualizações



Fonte: (FLAVIÁN, IBÁÑEZ-SÁNCHEZ e ORÚS, 2019)

A realidade virtual é capaz de criar ambientes digitais imersivos que oferecem experiências de alta interatividade. Utilizando uma combinação de componentes de hardware, como displays montados na cabeça (*head-mounted displays*) e sensores de movimento, com técnicas avançadas de software, como gráficos 3D e processamento de áudio, a RV permite que os usuários interajam plenamente com ambientes simulados. Esses elementos trabalham em conjunto para aumentar o

envolvimento e a sensação de presença do usuário, indo além da simples visualização de uma tela e transportando-o para um mundo completamente virtual (LAI, 2023).

Por outro lado, a realidade aumentada (RA) é uma tecnologia que sobrepõe informações sensoriais geradas por computador, como gráficos e sons, ao ambiente real. Isso permite que objetos virtuais coexistam e interajam em tempo real com elementos do mundo físico, complementando o ambiente com dados digitais e aprimorando a experiência do usuário (MUJUMDAR, 2022).

Com o avanço das tecnologias móveis, smartphones, processadores rápidos e dispositivos inteligentes, a RA se consolidou como uma tecnologia de ponta, não apenas em áreas como medicina e entretenimento, mas também no ambiente industrial (RELJIĆ, MILENKOVIĆ, *et al.*, 2021). Por meio de dispositivos como smartphones, tablets ou óculos específicos, a RA permite que objetos virtuais sejam exibidos sobre o ambiente físico, criando uma interação entre o digital e o real.

Estudos recentes destacam cinco áreas principais de aplicação da RA no contexto industrial: colaboração entre humanos e robôs, manutenção e reparo, treinamento, inspeção de produtos e monitoramento de instalações (DE PACE, MANURI e SANNA, 2018). Nessas áreas, a RA proporciona interfaces eficientes para interagir com robôs, aumenta a produtividade em tarefas de manutenção e montagem, aprimora habilidades em treinamentos, facilita a detecção de discrepâncias na inspeção de produtos e permite o monitoramento intuitivo de instalações, destacando quaisquer desvios ou erros de forma clara e simplificada.

A integração de RV e RA à Indústria 4.0 pode não apenas aumentar a eficiência produtiva e a segurança no ambiente de trabalho, mas também contribuir para a criação de fábricas mais conectadas e inteligentes. Essas tecnologias melhoram processos de montagem, controle de qualidade e suporte à manutenção, facilitando instruções em tempo real, reduzindo o tempo de treinamento e possibilitando assistência remota. Como resultado, elas levam a um aumento na eficiência e uma redução dos custos operacionais, permitindo que as empresas inovem na maneira como projetam, monitoram e executam suas operações (BHATTACHARYA, 2022).

Aplicações industriais podem ser direcionadas ao uso da Realidade Aumentada para estudo de células incompletas, que podem ocorrer de forma dinâmica ou estática, como em plantas de manufatura em desenvolvimento ou manutenção. Nessas situações, o uso de técnicas como Object Manipulation, Image Target e Spatial Anchor possibilita análises precisas e dinâmicas da posição ou comportamento de elementos virtuais em relação ao ambiente real. Cada uma dessas técnicas apresenta características específicas que influenciam seu desempenho em diferentes cenários de aplicação.

Estudos como Krichenbauer, Yamamoto *et al.* (2018) apontam que métodos mais diretos, como a interação com elementos virtuais através de gestos e manipulação, se provaram efetivos em sistemas de realidade aumentada em comparação com sistemas em realidade virtual. Trabalhos como Paj, Yap e Singh (2014) já exploram este método para ajuste fino de sistemas industriais, permitindo que elementos virtuais possam ser movidos, escalados e rotacionados pelo usuário para melhor adequação do ambiente. Este tipo de técnica é ainda analisada e utilizada para o posicionamento fino de uma máscara de oclusão de um cockpit virtual de uma aeronave em simulador de voo no trabalho de Arjoni e Rehder (2023);

Ong, Ywe *et al.* (2019), com o objetivo de criar um sistema de programação de robôs industriais baseado em realidade aumentada, utilizam, entre outras técnicas, uma metodologia de posicionamento dos elementos virtuais baseada em marcadores pictográficos como uma forma de referenciar o mundo físico. Esta técnica já é estudada desde antes do lançamento dos óculos de RA atuais (GARRIDO-JURADO, MUÑOZ-SALINAS, *et al.*, 2014), é utilizada de forma mais sistemática através de bibliotecas especializadas que diminuem o tempo de desenvolvimento, como o SDK Vuforia, que monta todo o ambiente necessário para a análise de marcadores baseados em imagem, sendo aplicados tanto em sistemas de RA oculares quanto em smartphones, tablets ou computadores em geral. O estudo de Gonzáles-Herbón, *et al.* (2024) por exemplo, se vale deste artifício para implementar um sistema de *virtual twin* industrial através do uso de RA.

Técnicas de Ancoramento Espacial de objetos virtuais são apresentadas também como uma solução poderosa para integrar objetos digitais ao mundo físico e já bem estruturadas e descritas por

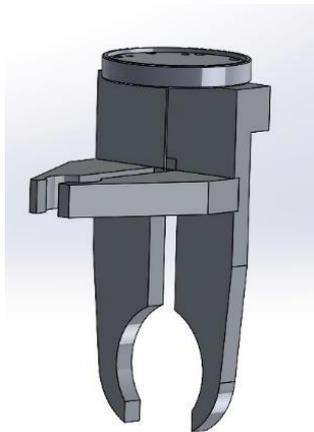
Ong e Siddaraju (2021). O estudo detalha as etapas necessárias para iniciar e encerrar sessões, bem como criar, carregar e baixar âncoras espaciais em dispositivos como o HoloLens 2. Os autores ressaltam que essa tecnologia fornece funcionalidades essenciais para o gerenciamento de âncoras e sessões, ampliando as possibilidades de experiências imersivas em aplicações variadas e demonstrando sua eficácia em dispositivos de realidade mista.

Desta forma, o presente estudo explorará as técnicas mencionadas acima – Object Manipulation, Image Target e Spatial Anchor – avaliando seu desempenho em diferentes critérios, como precisão, interação com o ambiente e recomendação de uso. A análise foi realizada visando avaliar a adequação de cada técnica para diferentes tipos de objetos e contextos de aplicação.

Como estudo de caso, este trabalho deverá utilizar uma garra virtual (Figura 2a) em um robô real (Figura 2b) e analisar a interação estática e dinâmica de forma subjetiva.

Figura 2 - Sistemas Virtual e Real a serem integrados

a) - Modelo 3D da garra virtual



b) - Robô real utilizado para o estudo



Fonte: Autoria Própria

## Material e Métodos

Nesta seção serão abordados os equipamentos e sistemas necessários para efetuar o estudo de técnicas de posicionamento RA, bem como os procedimentos e implementações destas técnicas.

### Ambiente de Desenvolvimento

Antes de iniciar o estudo das técnicas de posicionamento virtual para controlar uma garra robótica virtual em um robô real é necessário destacar o hardware a ser utilizado e preparar o ambiente de desenvolvimento. Sistemas de realidade virtual podem ser desenvolvidos para diversos tipos de equipamentos, que vão desde smartphones a óculos de Realidade Aumentada. Visto que o ambiente de estudo engloba um sistema industrial, onde a consciência situacional do operador deve ser elevada, bem como deve existir liberdade de manuseio de ferramentas e outros dispositivos, opta-se pelo uso de um sistema ocular, evitando a necessidade de utilizar as mãos para segurar um dispositivo, assim. Dentre as opções de mercado, destacam-se os óculos HoloLens 2 da Microsoft (Figura 3), um dos dispositivos mais avançados e abertos a desenvolvedores atualmente, projetado para criar experiências imersivas que combinam o ambiente físico com elementos digitais.

Figura 3 - HoloLens 2



Fonte: Autoria Própria

Uma das formas mais versáteis de desenvolvimento de sistemas em RA para HoloLens se apoia no uso do motor gráfico Unity, normalmente utilizado para desenvolvimento de games, podendo ser extrapolado para a criação de ambientes baseados em RA e RV.

Para a aplicação do Unity com o HoloLens 2 é necessária a instalação do Mixed Reality Toolkit, um conjunto de ferramentas desenvolvido pela própria Microsoft e que proporciona diversos recursos para o desenvolvimento de uma aplicação de realidade aumentada (MICROSOFT DEVELOPER, 2022), (MICROSOFT, 2024).

A Tabela 1 mostra a configuração utilizada (*Build Settings*) para ajustar o sistema Unity ao HoloLens 2.

Tabela 1 - Build Settings ambiente Unity

<b>Configuração</b>	<b>Opção Selecionada</b>
Architecture	ARM 64-bit
Build-type	D3D Project
Target SDK Version	Latest installed
Minimum Platform Version	10.0.10240.0
Visual Studio Version	Visual Studio 2019
Build and Run on	Local Machine
Build Configuration	Debug

Fonte: Autoria Própria

### Técnicas de Posicionamento

Para o estudo atual, como citado anteriormente, foram estabelecidas três técnicas principais de posicionamento virtual para o controle da garra robótica virtual sobre o robô real. Object Manipulation, Image Target e Spatial Anchor. Cada uma dessas abordagens foi desenvolvida, aplicada e analisada individualmente ao longo do projeto com base no contexto do estudo.

### **Object Manipulation**

A técnica Object Manipulation adiciona funcionalidades aos objetos virtuais para que se comportem como objetos físicos reais. Dentre essas funcionalidades a serem adicionadas, estão inclusas a interação com o ambiente, a possibilidade de manipulação do objeto virtual e a sujeição a sistemas físicos naturais como a gravidade.

Durante o desenvolvimento desta aplicação foi mapeado um erro na funcionalidade de oclusão do objeto virtual pelo mundo real, ou seja, em sistemas de realidade aumentada: o sensoriamento do equipamento deve ser capaz de identificar o ambiente de trabalho, bem como os bloqueios existentes, e assim interagir o que existir de forma virtual com o mundo à volta. Por exemplo, ao identificar uma parede ou coluna, o sistema deve ocultar parte ou todo o sistema virtual que se posicionar atrás deste

obstáculo. Este erro foi corrigido para esta e as seguintes técnicas, através da leitura de um artigo (VAN SCHAİK, 2023).

Nesta aplicação, foram utilizados o Unity na versão 2021.3.40f1, o MRTK versão 3 e o Visual Studio 2019 para a implantação no HoloLens 2. A Figura 4 mostra o ambiente de desenvolvimento Unity configurado para a primeira técnica.

Figura 4 - Aplicação da técnica Object Manipulation



Fonte: Autoria Própria

### Image Target

A segunda técnica abordada foi a Image Target, recurso provido pelo SDK Vuforia Engine, que oferece o rastreamento de uma variedade de objetos que podem ser identificados através de câmeras tanto em sistemas mais simples como smartphones quanto em óculos mais avançados como o HoloLens 2. Os “*targets*” podem ser categorizados como imagens, objetos e ambientes (VUFORIA, 2024).

Nesta aplicação foi escolhido o uso de Image Targets em detrimento de outras possibilidades do Vuforia Engine devido à sua simplicidade e eficácia.

Figura 5 - Image Target em uso através de um Tablet



Fonte: (VUFORIA, 2024)

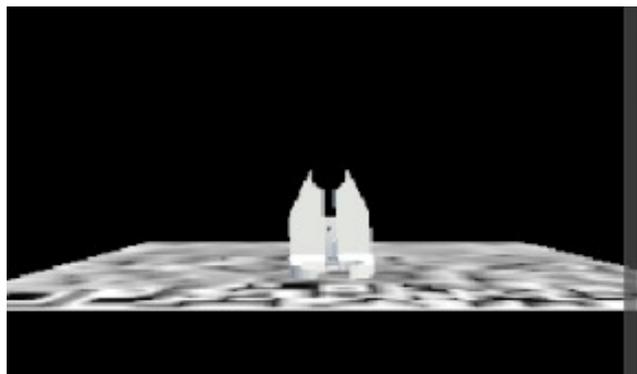
Os Image Targets representam imagens que o kit de desenvolvimento pode detectar e rastrear, comparando os recursos naturais extraídos da imagem da câmera com um banco de dados de recursos de destino conhecido, assim que a imagem-alvo escolhida (Figura 6) é detectada, ela é rastreada e o conteúdo virtual (Figura 7) aparece referenciado de acordo com o posicionamento gerado no Unity em relação à imagem escolhida (VUFORIA, 2024).

Figura 6 - Imagem alvo para uso com Vuforia Engine



Fonte: Autoria Própria

Figura 7 - Visualização do objeto virtual com base no reconhecimento da imagem alvo



Fonte: Autoria Própria

Além do MRTK, foi necessária, para esta aplicação, a instalação do Vuforia Engine, especialmente para a implementação da técnica de Image Target. Como mencionado anteriormente, essa técnica requer que o sistema identifique uma imagem-alvo, permitindo a visualização de objetos virtuais sobre ela. A integração do Vuforia com o Unity facilita o desenvolvimento dessas aplicações, tornando-o uma opção para projetos que desejam utilizar tal técnica e estudar seu desempenho (RENDER ISLAND, 2023).

Nesta implementação, foram utilizadas as seguintes versões: Unity 2022.3.41f1, MRTK 3, Vuforia Engine 10.25, além do Visual Studio 2019 para a implantação no HoloLens 2.

### **Spatial Anchor**

A última técnica explorada foi a *Spatial Anchor*, que consiste em fixar o objeto virtual em uma posição específica no espaço físico real por meio de uma âncora espacial. Uma âncora espacial representa um ponto fixo que o sistema rastreia ao longo do tempo, oferecendo uma coordenada ajustável que mantém o holograma precisamente no lugar (MICROSOFT, 2023). Essa técnica assegura que o objeto virtual permaneça em uma posição constante, criando uma experiência mais realista e integrada entre o mundo digital e o físico. Pequenos ajustes são realizados continuamente para garantir que o holograma permaneça alinhado com o ambiente real (MICROSOFT, 2023).

Nesta aplicação, foram utilizadas as versões Unity 2021.3.40f1, MRTK 3 e Visual Studio 2019 para gerar e implantar a build no HoloLens 2.

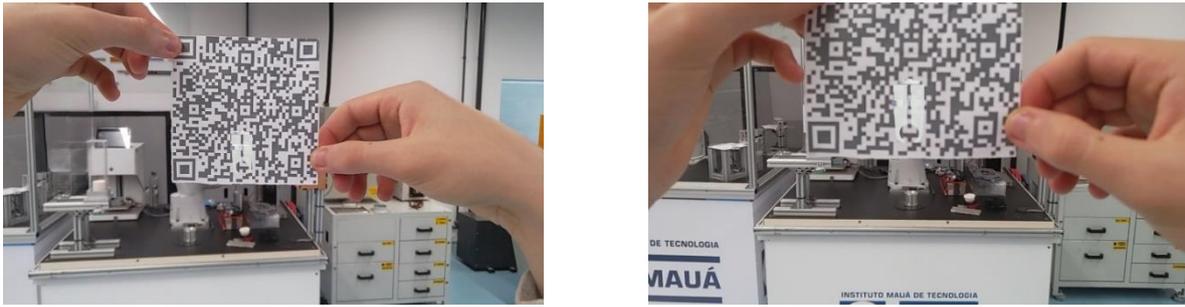
### **Resultados e Discussão**

A partir da implementação das técnicas no HoloLens 2 por meio do Visual Studio, foi possível analisar os resultados obtidos em comparação com as expectativas teóricas.

O primeiro estudo realizado foi a implementação da técnica Object Manipulation. Na Figura 4, mostrada anteriormente, observa-se o comportamento da garra virtual ao lado do robô real utilizado no experimento. Como previsto, foi possível manipular o objeto virtual com a mão, movendo-o pelo espaço real e analisando sua interação com o ambiente. É importante notar que essa técnica pode ser aplicada para posicionamento inicial de objetos móveis em relação ao ambiente, contudo não possui suporte para movimentações não manuais, podendo ser uma alternativa para posicionamento de células e robôs que terão seu posicionamento relativo estático durante a aplicação. Esta técnica ainda permite ajuste fino e manual de posições, adequando-se a imperfeições de plantas físicas.

Em seguida, foram avaliados os resultados da implementação da técnica Image Target. A Figura 8 ilustra o comportamento da garra virtual com base no reconhecimento da imagem-alvo previamente configurada no Unity. Embora a imagem tenha sido reconhecida, constatou-se que o posicionamento da garra virtual foi prejudicado em relação ao esperado, devido a um deslocamento significativo causado pelo próprio sistema de câmeras do HoloLens 2.

Figura 8 - Aplicação da técnica Image Target



Fonte: Autoria Própria

Para efeitos de comparação, foi realizada uma implementação adicional da técnica Image Target em um hardware diferente, um smartphone Samsung S22+, utilizando o ambiente Unity e o SDK Vuforia Engine. A Figura 9 mostra que, nesta aplicação, o reconhecimento da imagem-alvo foi perfeito, e o posicionamento da garra virtual em relação ao robô real ocorreu sem qualquer deslocamento, diferentemente do resultado observado no HoloLens 2. Após essa comparação, percebeu-se que essa técnica apresenta uma melhor precisão em dispositivos móveis, o que torna sua aplicação mais adequada em hardwares mobile. Contudo, melhorias e adequações no sistema HoloLens 2 podem permitir um uso extensivo da técnica.

Figura 9 - Imagem da segunda aplicação da técnica Image Target



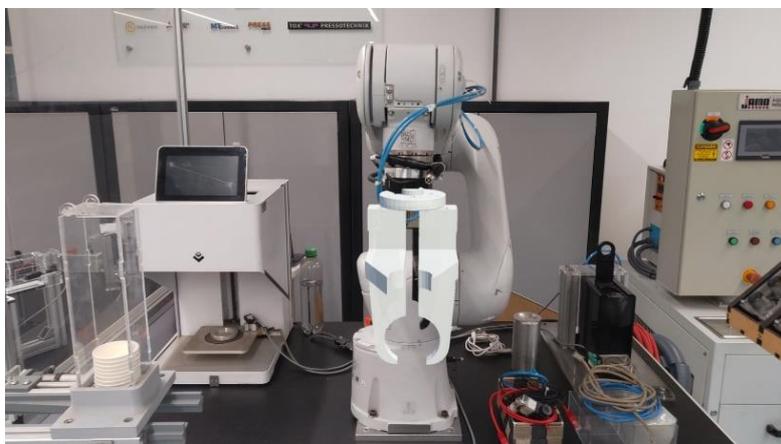
Fonte: Autoria Própria

O uso de Image Targets proporciona o rastreamento dos targets permitindo que elementos virtuais sejam posicionados em sistemas reais estáticos ou em movimento, e que a garra virtual siga o end-effector do robô (componente final do braço robótico responsável por interagir com o ambiente, como uma garra ou ferramenta especializada), sendo importante salientar que a latência da técnica é elevada e existe grande ocorrência de perdas de visualização do target por incongruência da câmera ou por má captação da imagem.

Por fim, foi analisada a implementação da técnica Spatial Anchor. Conforme ilustrado na Figura 10, o comportamento do objeto virtual em relação ao espaço real foi consistente e preciso. A técnica de Spatial Anchor demonstrou satisfatório desempenho no posicionamento da garra virtual no robô real estático, correspondendo exatamente ao esperado teoricamente.

Contudo as âncoras espaciais não foram capazes de rastrear a movimentação dos objetos, sendo recomendadas para o posicionamento de elementos que permanecerão estáticos em relação a ambiente.

Figura 10 - Imagem da aplicação da técnica Spatial Anchor



Fonte: Autoria Própria

Para consolidar os resultados obtidos e comparar as principais características de cada técnica, foi elaborada uma tabela com pontos de análise de desempenho para cada uma delas. Conforme discutido ao longo do trabalho, os critérios avaliados incluem precisão, interação com o ambiente e recomendação de uso, considerando as especificidades de objetos estáticos e dinâmicos. A Tabela 2 resume essas avaliações, oferecendo uma visão comparativa das aplicações das técnicas Object Manipulation, Image Target e Spatial Anchor.

Tabela 2 - Análise das competências das técnicas de posicionamento virtual

	<b>Object Manipulation</b>	<b>Image Target</b>	<b>Spatial Anchor</b>
<b>Precisão</b>	Posicionamento manual adequado para objetos estáticos	Posicionamento automático adequado para objetos dinâmicos	Posicionamento manual de alta precisão para objetos estáticos
<b>Interação com ambiente</b>	Interação por manipulação manual	Interação por detecção de alvos	Interação por detecção ambiental
<b>Recomendação de uso</b>	Objetos estacionários para ajuste fino	Objetos estáticos ou dinâmicos	Objetos estacionários para localização inicial automática

Fonte: Autoria Própria

## Conclusões

Com base nos resultados obtidos nas análises das implementações de cada técnica, conclui-se que as três técnicas estudadas – Object Manipulation, Image Target e Spatial Anchor – são capazes de posicionar objetos virtuais sobre objetos físicos reais, cada uma com características específicas que influenciam seu desempenho. No contexto deste estudo, a técnica Image Target se destacou por oferecer rastreamento automático, adequado para o posicionamento da garra virtual sobre um robô em movimento. No entanto, melhorias são necessárias para aperfeiçoar o sistema, especialmente no que diz respeito à precisão e à latência.

A análise comparativa na Tabela 2 mostra que cada técnica apresenta diferentes níveis de desempenho em relação a critérios como precisão, interação com o ambiente e recomendação de uso para objetos estacionários ou móveis. Dessa forma, cabe ao usuário avaliar o contexto específico de sua aplicação e selecionar a técnica que melhor atenda às suas necessidades.

Para futuros desenvolvimentos, recomenda-se explorar melhorias no sistema, como a correção de erros de posicionamento da garra em relação ao end-effector por meio de *Image Targets*, fusão de técnicas para ajuste inicial de posição e redução da latência. Além disso, sugere-se o uso de sensores externos para corrigir problemas de falta de captação de imagem pelas câmeras.

## Referências Bibliográficas

ARJONI, Diego H. et al. Augmented reality for training formation flights: An analysis of human factors. **Heliyon**, v. 9, p. 1 - 18, Março 2023.

BHATTACHARYA, Biswajit. Impact of AR and VR in Industrial Revolution. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology**, 1 Novembro 2022. 732 - 736.

DE PACE, Francesco; MANURI, Federico; SANNA, Andrea. Augmented Reality in Industry 4.0. **American Journal of Computer Science and Information Technology**, 17 Fevereiro 2018. 1 - 7.

FLAVIÁN, Carlos; IBÁÑEZ-SÁNCHEZ, Sergio ; ORÚS, Carlos. The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer experience. **Journal of Business Research**, 100, 1 Julho 2019. 547 - 560.

GARRIDO-JURADO, S. et al. Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion. **Pattern Recognition**, v. 47, p. 2280 - 2292, Janeiro 2014.

GONZÁLEZ-HERBÓN, Raúl et al. An Approach to Develop Digital Twins in Industry. **Sensors**, v. 24, p. 1 - 15, Fevereiro 2024.

KRICHENBAUER, Max et al. Augmented Reality versus Virtual Reality for 3D Object Manipulation. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics** , v. 24, p. 1038 - 1048, Fevereiro 2018.

LAI, Zeyu. **Diving into the virtual realm: Exploring the mechanics of virtual reality**. Proceedings of the 2023 International Conference on Machine Learning and Automation. Adana, Turquia: Institute of Physics Publishing (IOP). 2023. p. 268 - 273.

MICROSOFT. Spatial anchors, 2023. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/design/spatial-anchors>>. Acesso em: 1 Junho 2024.

MICROSOFT. Kit de ferramentas de realidade misturada 3. **Microsoft Learn**, 2024. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/windows/mixed-reality/mrtk-unity/mrtk3-overview/>>.

MICROSOFT DEVELOPER. Getting started with your first MRTK3 project, 2022. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=aVnwIq4VUcY&list=PLCEXpJ0R6DbZPk8OyJirVrNOoJSCBMFcB&index=5&ab\\_channel=MicrosoftDeveloper](https://www.youtube.com/watch?v=aVnwIq4VUcY&list=PLCEXpJ0R6DbZPk8OyJirVrNOoJSCBMFcB&index=5&ab_channel=MicrosoftDeveloper)>. Acesso em: 1 Julho 2024.

MUJUMDAR, Omkar. Augmented Reality. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology**, Sonipat, 1 Dezembro 2022. 487 - 495.

ONG, S. K. et al. Augmented reality-assisted robot programming system for industrial applications. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, v. 61, p. 1 - 7, Junho 2019.

ONG, Sean; SIDDARAJU, Varun K. Azure Spatial Anchors. In: ONG, Sean; SIDDARAJU, Varun K. **Beginning Windows Mixed Reality Programming**. Berkeley, CA: Apress, 2021. p. 175-188.

PAJ, Yun S.; YAP, Hwa J.; SINGH, Ramesh. Augmented reality-based programming, planning and simulation of a robotic work cell. **Journal of Engineering Manufacture**, v. 229, Julho 2014.

RELJIĆ, Vule et al. Augmented Reality Applications in Industry 4.0 Environment. **Applied Sciences**, 17 Junho 2021. 1 - 17.

RENDER ISLAND. Vuforia Unity Tutorial - Image Targets #2, 2023. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=-bF0oxggt6A&ab\\_channel=RenderIsland](https://www.youtube.com/watch?v=-bF0oxggt6A&ab_channel=RenderIsland)>. Acesso em: 1 Julho 2024.

VAN SCHAİK, Joost. Using ARMeshManager for Spatial Awareness with MRTK3 on HoloLens 2. **DotNetByExample - The Next Generation**, 2023. Disponível em: <<https://localjoost.github.io/Using-ARMeshManager-for-Spatial-Awareness-with-MRTK3-on-HoloLens-2/>>. Acesso em: 1 Junho 2024.

VUFORIA. Image Targets, 2024. Disponível em: <<https://developer.vuforia.com/library/objects/image-targets>>. Acesso em: 15 julho 2024.

VUFORIA. Vuforia Engine Overview. **Vuforia**, 2024. Disponível em: <<https://developer.vuforia.com/library/getting-started/vuforia-features>>. Acesso em: 2024 Julho 1.