DOI: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Estratégias de otimização no desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada

Optimization strategies in the development of augmented reality applications

Jonas Lima Cavalcante
Mestrando em Computação
Universidade Federal do Ceará
(UFC)
Campus Quixadá
jonasliimac@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-5572-2180

Rubens Fernandes Nunes
Doutor em Ciência da Computação
Universidade Federal do Ceará
(UFC)
Campus Quixadá
rubensfn@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-7115-8206

RESUMO

Tem-se, como objetivo, por meio deste trabalho, abordar as limitações identificadas nos trabalhos relacionados, propondo soluções para superá-las. Como abordagens estratégicas para este estudo, técnicas de otimização são apresentadas, como a Redução de polígonos, Occlusion culling, o Rastreamento baseado em textura e a Renderização assíncrona. No trabalho, busca-se melhorar a eficácia das soluções propostas e facilitar sua implementação por futuros desenvolvedores. Com isso, espera-se que as limitações identificadas nos trabalhos relacionados sejam superadas e que as técnicas mencionadas sejam mais acessíveis e aplicáveis na prática.

Palavras-chave

Otimização; estratégias; realidade aumentada.

ABSTRACT

The aim of this document is to address the limitations identified in related work and propose solutions to overcome them. Optimization techniques such as polygon reduction, occlusion elimination, texture-based tracking and asynchronous rendering are presented as strategic approaches for this study. The aim is to improve the effectiveness of the proposed solutions and make it easier for future programmers to implement them. With this, it is hoped that the limitations identified in the related work will be overcome and that the techniques mentioned will be more accessible and applicable in practice.

Keywords

Optimization; strategies; augmented reality.

1. INTRODUÇÃO

A crescente evolução tecnológica traz consigo o surgimento de aplicações móveis inovadoras, tais como a realidade aumentada (RA), que se destaca como uma tecnologia promissora [Bolan et al. 2023], sobre o qual são adicionadas informações geradas por meio de um computador.

Segundo [Omaia and Machado 2020], a integração de tecnologias de RA tem sido impulsionada por ferramentas de modelagem, bibliotecas e *frameworks*, em conjunto com a plataforma *Unity*, responsável pelo desenvolvimento de jogos e simulações 2D e 3D. Ela desempenha um papel fundamental, ao oferecer um ambiente para a criação de experiências de RA, possibilitando a integração de elementos virtuais ao cenário real [Assunção 2021].

De acordo com [Wu et al. 2020], as aplicações de RA oferecem experiências imersivas, que podem expandir as capacidades e experiências de seus usuários, trazendo dados digitais diretamente para o mundo físico, onde e quando são mais necessários.

Em geral, [Barbosa et al. 2020] entende que o uso da RA tem surgido para o desenvolvimento de diversas áreas. Contudo, [Ferreira 2022] aponta para a complexidade das renderizações gráficas, o rastreamento preciso de objetos e a integração de dados em tempo real, que são desafios que a plataforma pode apresentar.

Diante dessa problemática, abordagens estratégicas voltadas para a otimizar o desempenho de aplicações de RA têm surgido. Assim, tem-se como objetivos, por meio deste trabalho, (1) identificar, nos trabalhos relacionados, suas principais limitações; e, em seguida, (2) propor estratégias para solucionar tais problemas, ao investigar, na literatura, técnicas que auxiliem no desenvolvimento de aplicações de RA.

Portanto, a motivação por traz deste estudo, consiste em contribuir para o desenvolvimento de aplicativos de RA mais acessíveis e eficientes, que envolvam a identificação de estratégias eficazes para minimizar o consumo de recursos, sem comprometer a qualidade de experiência do usuário.

Ademais, o restante deste trabalho está estruturado da seguinte forma: na Seção 2, são explorados conceitos fundamentais da RA e a plataforma Unity. A Seção 3 oferece uma revisão de pesquisas e projetos anteriores para fornecer contexto ao presente trabalho. A Seção 4 concentra-se nas abordagens estratégias de otimização, detalhando métodos específicos para aprimorar o desempenho de aplicações de RA. Em seguida, na Seção 5, a solução proposta, para cada limitação identificada nos trabalhos relacionados, é apresentada. Ao fim, na Seção 6, são apresentadas conclusões e reflexões finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta Seção, são abordados conceitos fundamentais relacionados à RA, explorando suas definições, componentes essenciais e a integração ao ambiente real. A plataforma *Unity*, ferramentas e *frameworks* são apresentados, bem como o processo de desenvolvimento de aplicações móveis.

2.1. Descrição e surgimento da realidade aumentada

A RA é uma tecnologia que combina o mundo real com elementos virtuais, proporcionando uma experiência imersiva e interativa, que surgiu na década de 1990, ganhando popularidade com o avanço dos dispositivos móveis e a disponibilidade de aplicativos e plataformas para sua utilização [da Silva 2019].

Para [Neinas 2020], a diferença da realidade virtual, que transporta o usuário para o ambiente virtual, a RA mantém o usuário no seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, por meio de algum dispositivo tecnológico. Assim, a interação do usuário com os elementos virtuais ocorre de maneira natural e intuitiva, sem necessidade de adaptação ou treinamento.

[Azuma 1997] definiu RA como um sistema que apresenta três características: combina o real com o virtual; é interativa em tempo real; e ajusta os objetos virtuais no ambiente 3D.

De outra maneira, a RA pode ser definida como o enriquecimento do mundo real com informações virtuais, em tempo real e devidamente posicionadas no espaço 3D, percebidas através de dispositivos tecnológicos [Kirner and Kirner 2011].

Segundo [LOPES et al. 2019] a RA pode ser aplicada em diversos lugares, como na indústria, no entretenimento, na medicina, no turismo, na arquitetura e na educação, e seu uso, aponta [Chatzopoulos et al. 2017], contribui, conforme **Tabela 2**, nas seguintes áreas:

Tabela 2: Contribuições da RA.

Área	Aplicação	Contribuições
Turismo	Fornecimento de informações sobre pontos turísticos.	Guia de viagem interativo. Experiências imersivas para os turistas.
Educação	Criação de experiências de aprendizado envolventes e interativas.	Exploração de conceitos e ideias de maneiras inovadoras.
Manufatura	Fornecimento de informações em tempo real sobre processos de produção.	Tomada de decisões mais informadas e eficazes por parte dos trabalhadores.
Assistência Médica	Fornecimento de informações sobre pacientes e procedimentos médicos.	Tomada de decisões mais informadas e precisas por parte dos médicos.
Jogos	Criação de experiências de jogo imersivas e interativas.	Interação dos jogadores com personagens e objetos virtuais no ambiente real.

Com isso, [Trindade 2018] aponta para sua principal finalidade, que consiste em enriquecer a percepção do usuário, adicionando informações virtuais ao ambiente real. Isso pode ser feito por meio de dispositivos como *smartphones*, *tablets*, óculos especiais, entre outros. O mesmo autor ainda menciona o seu potencial, que é melhorar a compreensão de conceitos abstratos, facilitar a visualização de objetos em 3D e proporcionar experiências mais envolventes e interativas.

2.2. A Unity, Ferramentas e Bibliotecas

Conforme mencionado por [Passos et al. 2009], a *Unity* possui uma interface de simples configuração. Também chamada de *game engine* ou motor de jogo, é conhecida por ser uma plataforma poderosa de desenvolvimento de jogos e aplicações 2D e 3D [Pereira 2017]. Para estender suas funcionalidades e facilitar o desenvolvimento de aplicações de RA, destacam-se as principais ferramentas e bibliotecas utilizadas **(Figura 1)**:

Figura 1: Ferramentas de desenvolvimento de RA.

- *Blender*: Ferramenta de modelagem e animação 3D de código aberto. Versátil na criação de modelos 3D para todos os estilos. Ótimo para animação e modelagem estáticas.

- *Vuforia*: Plataforma de desenvolvimento de RA. Oferece recursos robustos para rastreamento de objetos, detecção de plano e criação de experiências de RA interativas.
- *ARCore*: Plataforma de RA da *Google* para dispositivos *Android*. Permite criar experiências de RA com rastreamento de movimento, detecção de planos e interações com o ambiente.
- *ARKit*: Plataforma de realidade aumentada da *Apple* para dispositivos *iOS*. Oferece recursos avançados de rastreamento de posição, detecção de superfície e reconhecimento de objetos.
- *Unity AR Foundation: Framework* que unifica o desenvolvimento de experiências de realidade aumentada em diferentes plataformas, como *ARKit* para *iOS* e *ARCore* para *Android*.

Para [Kakitani and Katahira 2023], a integração entre as ferramentas e bibliotecas mencionadas com a *Unity* apresentam um impacto positivo no desenvolvimento de aplicações de RA, e que permitem a criação de experiências imersivas e interativas em uma variedade de dispositivos e plataformas.

3. TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta Seção, busca-se apresentar estudos relacionados ao desenvolvimento de aplicações de RA, nos mais variados setores. Em cada um, são mencionadas as contribuições da RA, além de serem destacadas as principais limitações de cada trabalho, conforme **Tabela 1**.

Tabela 1: Identificação dos trabalhos relacionados.

Autor(es)	Contribuições	Limitações
Ferreira (2022)	Nesse trabalho, foi desenvolvido um jogo para simular um carro de controle remoto. Assim, os envolvidos no projeto puderam experimentar uma nova forma de interação e entretenimento.	O autor destaca que a aplicação demanda bastante do hardware, sendo comum gastar muita energia, drenando a bateria do celular rapidamente, além de esquentar o dispositivo.
Rezende et al. (2020)	Contribui para o problema de dependência de imagens médicas em telas 2D, permitindo que os profissionais visualizem modelos 3D de anatomia sobrepostos ao paciente, com informações de planejamento e outros dados relevantes no campo de visão do médico.	A renderização volumétrica apresentou baixo desempenho e restrições ao tamanho do volume visualizado, além de ter apresentado atraso na renderização. Além disso, é mencionado que a aplicação desenvolvida ainda está limitada pelo hardware utilizado, principalmente pelo espaço disponível em sua memória.
Iqbal et al. (2020)	O uso da RA nesse trabalhou contribuiu para a detecção, classificação e visualização das doenças de pele, proporcionando uma abordagem inovadora e interativa para a introdução dessas condições médicas.	As limitações encontram-se nas câmeras de baixa qualidade dificultando a leitura precisa dos marcadores de RA. Embora o aplicativo tenha o recurso de foco automático, se o smartphone estiver ligeiramente instável, o foco ficará um pouco desfocado, de modo que o processo de detecção obtém resultados abaixo do ideal.

Com a identificação dos problemas enfrentados em cada um dos três trabalhos relacionados, o presente estudo, nas Seções seguintes, apresenta possíveis soluções de melhoria, a fim de alcançar os objetivos introdutórios.

4. ABORDAGENS ESTRATÉGICAS

Para alcançar os objetivos inicialmente estabelecidos, com a utilização de estratégias voltadas para otimização de aplicações de RA, são apresentadas, nesta Seção, técnicas que auxiliem durante esse processo. Esperando-se, assim, garantir uma experiência mais fluida e eficiente para todos os usuários.

4.1. Redução de polígonos

A redução de polígonos é um processo importante para otimizar o desempenho do visualizador de simulações computacionais. No trabalho de [de Medeiros 2010], é mencionado o uso do *Decimation Master*, um plugin para o software *ZBrush*, que demonstrou excelente capacidade técnica ao reduzir até 99% do número de polígonos de um objeto, mantendo sua aparência original.

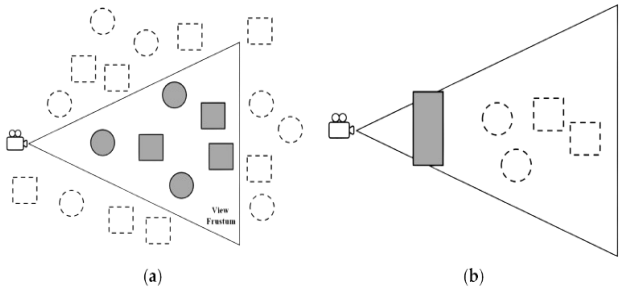
Figura 2: Redução de polígonos no Blender.

Com essa prática, o programa passa a ser executado mais rapidamente nas placas de vídeo mais comuns e de baixo desempenho. Contudo, o mesmo autor destaca ser fundamental encontrar um equilíbrio entre a quantidade de polígonos e a semelhança com o modelo original (**Figura 2**), para evitar perda de detalhes importantes.

4.2. *Occlusion culling*

No artigo de [Alves 2017], é mencionado a utilização de técnicas de culling, que renderiza apenas o que é visível para o jogador, eliminando aqueles que estão obstruídos por outros objetos ou fora do campo de visão da câmera (Figura 3), economizando poder de processamento.

Figura 3: Técnica de renderização *culling.*



Ainda em seu estudo, o autor fala sobre as ferramentas de *software* utilizadas, como *Simplygon* e *Umbra*, que ajudam na otimização dos objetos, reduzindo a carga computacional necessária para renderizá-los sem perda de qualidade. Isso ajuda a evitar o processamento desnecessário de objetos que não serão vistos pelo jogador, resultando em melhor desempenho e otimização do jogo.

4.3. Rastreamento baseado em textura

No trabalho de [Simões 2011] o rastreamento baseado em textura sem marcadores é uma técnica utilizada na RA, que utiliza informações da textura do objeto rastreado para posicionar objetos virtuais numa cena real de forma eficiente e robusta. Ela é capaz de reduzir problemas como drift, jitter, ocorrência de falhas e perda de precisão. A partir de informações da textura e filtro de partículas, é possível construir uma técnica de rastreamento baseada em pontos de interesse mais eficiente.

Ou seja, em vez de depender de marcadores visuais ou físicos para orientação, o rastreamento baseado em textura utiliza informações extraídas das características de textura dos objetos na cena. Isso significa que a superfície do objeto rastreado fornece pistas visuais para o sistema de RA, permitindo a sobreposição precisa de objetos virtuais nessa superfície.

4.4. Renderização assíncrona

No artigo desenvolvido por [Li et al. 2020], são apresentadas técnicas de otimização, como o mecanismo de carregamento assíncrono, que é utilizado para otimizar o método de carregamento dos dados do modelo. Isso ajuda a melhorar a eficiência e reduzir a latência na transmissão e renderização dos dados do modelo, além de melhorar a experiência de interação em cenários de realidade aumentada e virtual em dispositivos móveis baseados na web, reduzindo a latência e otimizando o carregamento e renderização dos modelos 3D.

5. SOLUÇÕES PROPOSTAS

A presente Seção surge como uma proposta de solução a cada limitação identificada nos trabalhos relacionados. Diante disso, ao contribuir com tais abordagens, futuros desenvolvedores terão mais facilidade em compreender e utilizar as técnicas mencionadas neste estudo.

No trabalho de Ferreira, a técnica de otimização mais apropriada para lidar com o problema de consumo excessivo de energia e aquecimento do dispositivo ao rodar o jogo de carro de controle remoto é Occlusion culling, que, ao implementar, o jogo será capaz de evitar a renderização desnecessária de objetos que não estão visíveis, reduzindo assim a carga no hardware e mitigando os problemas de consumo excessivo de energia e aquecimento do dispositivo.

Enquanto no trabalho de Rezende, sugere-se como solução, a utilização de renderização assíncrona, pois essa técnica permite que o processo de renderização seja realizado de forma independente do restante do programa, o que pode ajudar a mitigar o atraso na renderização e melhorar o desempenho geral, especialmente em situações em que há limitações de hardware, como é caso da memória.

Para o trabalho de Iqbal, a limitação mencionada no texto está relacionada à dificuldade de leitura precisa dos marcadores de RA devido às câmeras de baixa qualidade e à possibilidade de desfoque quando o smartphone está ligeiramente instável. Para abordar essa limitação, a técnica de otimização que pode ser utilizada é o rastreamento baseado em textura, com a criação de um mapa de textura como referência, e a aplicação de um algoritmo de rastreamento que utiliza essa informação para acompanhar a posição e orientação dos marcadores em tempo real.

6. CONCLUSÃO

Como conclusão para este estudo, destaca-se a abordagem abrangente adotada para enfrentar as limitações identificadas nos trabalhos relacionados. Ao propor uma variedade de técnicas e estratégias específicas, o objetivo foi não apenas mitigar desafios, mas também proporcionar soluções mais eficazes e

acessíveis para os desenvolvedores que se dedicam ao campo da RA.

O foco principal deste trabalho foi a otimização de aplicações de RA, reconhecendo que o desafio reside não apenas na criação de experiências imersivas, mas também em garantir que essas experiências sejam acessíveis e eficientes para todos os usuários.

As abordagens estratégicas apresentadas, como a redução de polígonos, occlusion culling, rastreamento baseado em textura e renderização assíncrona, fornecem ferramentas valiosas para enfrentar questões específicas relacionadas ao desempenho, consumo de energia e precisão de rastreamento.

Ao considerar as soluções propostas para cada trabalho relacionado, fica evidente que a diversidade de desafios enfrentados na RA demanda abordagens específicas e adaptáveis. Além disso, ao facilitar a compreensão e utilização das técnicas propostas, este estudo visa contribuir para o avanço contínuo da pesquisa e desenvolvimento em RA.

No geral, o trabalho alcançou os objetivos inicialmente estabelecidos, ao abordar as limitações identificadas nos trabalhos relacionados por meio de uma variedade de técnicas e abordagens estratégicas, proporcionando soluções mais eficazes e facilitando sua compreensão e utilização por futuros desenvolvedores.

7. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

8. REFERÊNCIAS

[1] Bolan, G. A. A., Pozzebon, E., and de Sá Júnior, A. R. (2023). Novas tecnologias e aplicações da realidade aumentada na medicina. Seven Editora.

[2] Omaia, D. and Machado, L. (2020). Realidade aumentada com vuforia e unity. In Anais Estendidos do XXII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, pages 61–64. SBC.

[3] Assunção, F. d. J. (2021). TECNOLOGIAS INOVADORAS NA EDUCAÇÃO: Uso da Realidade Aumentada (RA) nos Cursos Profissionalizantes do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial–SENAI em São Luís Maranhão-Brasil. PhD thesis.

[4] Wu, Z., Zhao, T., and Nguyen, C. (2020). 3d reconstruction and object detection for hololens. In 2020 Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), pages 1–2. IEEE.

[5] Barbosa, Aline Guimarães. Realidade Aumentada no Ensino Fundamental: indicadores de apoio da tecnologia digital na aprendizagem do Sistema Solar. 2020. 85 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias, Comunicação e Educação) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. DOI http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.3915

[6] Ferreira, A. P. D. A. (2022). Desenvolvimento de um jogo multijogador usando realidade aumentada para simular um carro de controle remoto (Dissertação de Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro-PUC-Rio.https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.57496

[7] da Silva, P. R. (2019). Discoverer: Um aplicativo móvel para estímulo de atividades físicas com realidade aumentada. PhD thesis, Instituto Politécnico de Braganca (Portugal).

[8] Neinas, P. (2020). Ensino de matemática com o auxílio da realidade aumentada. Universidade Federal de Santa Maria. http://repositorio.ufsm.br/handle/1/24244

[9] Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. Presence: teleoperators & virtual environments, 6(4):355–385.

[10] Kirner, C. and Kirner, T. G. (2011). Evolução e tendências da realidade virtual e da realidade aumentada. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. Cap, 1:10–25.

[11] Lopes, L. M. D., Vidotto, K. N. S., Pozzebon, E., and Ferenhof, H. A. (2019). Inovações educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática. Educação em Revista, 35.

[12] Chatzopoulos, D., Bermejo, C., Huang, Z., and Hui, P. (2017). Mobile augmented reality survey: From where we are to where we go. Ieee Access, 5:6917–6950.

[13] Trindade, G. M. (2018). Raam: Uma aplicação móvel de realidade aumentada como ferramenta de apoio ao ensino sobre as mesorregiões do estado do amazonas.

[14] Passos, E. B., da Silva Jr, J. R., Ribeiro, F. E. C., and Mourão, P. T. (2009). Tutorial: Desenvolvimento de jogos com unity 3d. In VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment, pages 1–30.

[15] Pereira, R. d. C. D. (2017). Realidade aumentada: Conceitos, tecnologias e aplicações. Universidade de Uberaba.http://dspace.uniube.br:8080/jspui/handle/123456789/544

[16] Kakitani, B. A. P. and Katahira, I. (2023). Realidade aumentada: Redefinindo a interação com peças de computador em um mundo digitalizado com blender, unity e vuforia. In FatecSeg-Congresso de Segurança da Informação.

[17] Rezende, L. and SÁ, P. (2020). Desenvolvimento de uma aplicação de realidade aumentada sem marcadores para visualização de imagens médicas.

[18] Iqbal, M. A., Saleh, A., and Darwito, H. A. (2020). Implementation of the introduction of skin diseases based on augmented reality. In 2020 International Electronics Symposium (IES), pages 406–410. IEEE.

[19] de Medeiros, R. L. (2010). Construção de um Visualizador para Simulações Computacionais Ambientais. PhD thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

[20] Alves, R. F. (2017). Um estudo sobre o desenvolvimento de jogos e suas tecnologias. Universidade Federal Fluminense. https://app.uff.br/riuff/handle/1/5676

[21] Simões, P. M. F. (2011). Realidade aumentada sem marcadores a partir de rastreamento baseado em textura uma abordagem baseada em pontos de interesse e filtro de partículas (Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco). https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/1358

[22] Li, L., Qiao, X., Lu, Q., Ren, P., and Lin, R. (2020). Rendering optimization for mobile web 3d based on animation data separation and on-demand loading. IEEE Access, 8:88474–88486.