REALIDADE AUMENTADA NA MEDICINA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Jocenildo Abreu Rodrigues, Bruno Merlin, Heleno Fülber
Programa de Pós-Graduação em Computação aplicada — Universidade Federal do Pará (UFPA) — Campus Tucuruí — Tucuruí — PA — Brasil

{jocenildoabreurodrigues, bruno.merlin, fulber}@gmail.com

Abstract. *Augmented Reality (AR) has been researched since the 90s, and raises a great interest in the health area. One of the areas that has been carrying out numerous procedures is Neurosurgery, which has been expanding AR for several medical procedures. The use of Augmented Reality in health is a primary resource, whereas some procedures are better performed with the help of this technology, such as clinical diagnoses, postoperative, physical and mental rehabilitation, therapies, patient screening, treatment of phobias among others. This work carries out a systematic review of the literature in order to establish the state of the art about the use of AR in the health area, and then to analyze and categorize the published literature on augmented reality in medicine between 2016 and 2020. It was possible to observe the contributions and perspectives of this technology in helping health professionals.*

Resumo. *A Realidade Aumentada (RA) já vem sendo pesquisada desde a década de 90, e suscita com o seu amadurecimento um grande interesse por parte da área da saúde. Uma das áreas que vem realizando inúmeros procedimentos é a Neurocirurgia, que vem expandindo a RA para diversos procedimentos médicos. O uso da Realidade Aumentada na saúde é um recurso primordial, ao passo que, alguns procedimentos são melhor realizados com o auxílio dessa tecnologia, como diagnósticos clínicos, pós-operatório, reabilitação física e mental, terapias, triagem de pacientes, tratamento de fobias entre outras. O presente estudo apresenta uma revisão sistemática da literatura visando estabelecer o estado da arte em torno do uso da RA na área da saúde, analisar e categorizar a literatura publicada sobre a realidade aumentada na medicina entre 2016 e 2020. Dessa forma foi possível notar as contribuições presentes e as perspectivas futuras do uso dessas tecnologias no auxílio dos profissionais de saúde.*

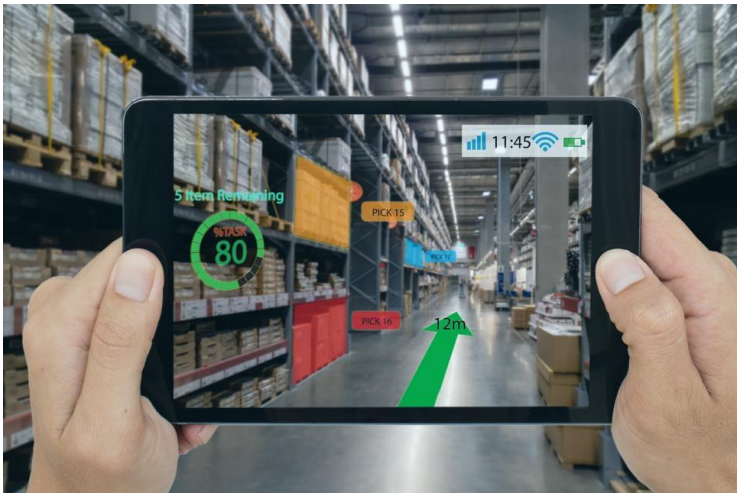
1. Introdução

A Realidade Aumentada (RA) é a forma de interação homem-computador (IHC) que integra objetos virtuais ao mundo real em tempo real. Assim, visa fornecer aos usuários informações adicionais e relevantes que não são encontradas no mundo real (ver exemplo figura 1). Na literatura, a RA é definida pela "inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, como apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais [Fatharany 2016]."

A medicina vem se beneficiando com os avanços apresentados pela Realidade Aumentada nos últimos anos. A realidade aumentada tem sido utilizada no ensino aprendizagem da medicina [Basiratzadeh 2020, Krösl 2020], tratamento de doenças [Fatharany 2016, Debarba 2018, Rossi 2020, Arquissandás 2019, Botella 2016], telemedicina [Debarba 2018, Ponce 2016], primeiros socorros [Arpaia 2021], exames clínicos [Ma 2019, Crisnapati 2019] como mamografia, ressonância magnética, tomografia [Allison 2020] e também diversos

tipos de cirurgias tais como: cardiologia [Dukalski 2018, Southworth 2020], neurocirurgia [Song 2019], ortopédica [Moreta-Martinez 2021] entre outras patologias [Iqbal 2020, Jiang 2019] além de reduzir os riscos cirúrgicos dos próprios pacientes. A área da saúde representa um dos campos mais promissores de aplicação da realidade aumentada visual [Cutolo 2020].

Figura 1 – Exemplo de cenário de realidade aumentada



Fonte: https://www.forbes.com/

Cutolo [Cutolo 2020] insiste na necessidade de integrar a imagem médica ao fluxo de trabalho cirúrgico suscitando a busca por RA ajudando na orientação ou no planejamento durante a cirurgia. Assim, a utilização da RA na Medicina pode se tornar primordial tanto para os atendimentos quanto para os resultados clínicos mais precisos [Fletcher 2016, Crisnapati 2019]. A medicina tem usado a tecnologia de RA no tratamento de pacientes e além ajudar à explicar conceitos médicos complexos aos mesmos e seus familiares [Siricharoen 2018, Yadav 2019].

O presente artigo apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que visa a busca de dispositivos e *software* (API*, Toolkit*) utilizados no desenvolvimento da Realidade Aumentada na medicina, bem como a experiência dos pacientes e profissionais de saúde no uso dessa tecnologia.

O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a metodologia abordada nesta RSL, apresentando as problemáticas da pesquisa que auxiliam no embasamento teórico, na sequência é exibido o processo de seleção dos artigos e condução; na Seção 3 aborda os trabalhos relacionados; na Seção 4 apresenta resultado e discussões; na Seção 5 encontram-se as conclusões do trabalho.

2. Método

Para identificar estudos que contribuirão no tema proposto, foi usada a metodologia de RSL desenvolvida por Kitchenham e Charters [Kitchenham 2007] a qual define que uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) deve possuir três fases: planejamento, condução e documentação da revisão. Na fase de planejamento foram definidas as questões de pesquisa, *string* de busca, definição das fontes de pesquisa e critérios de seleção (inclusão e exclusão) dos artigos. Após o planejamento seguiu-se a condução da revisão, documentação e apresentação dos resultados. Foi utilizado o StArt[1] que é uma ferramenta gratuita desenvolvida no Laboratório de Pesquisa em Engenharia de *Software* da UfScar que possibilita uma certa

[1] http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool

facilidade nessa categorização. A ferramenta está dividida em (i) Planejamento que permite definir o "protocolo de revisão" onde será especificado os objetivos, a pergunta problema, as palavras-chave, os critérios de inclusão e exclusão, as línguas dos trabalhos, quais os buscadores, o classificador qualitativo (exemplo ruim, regular, bom e ótimo); (ii) Execução, fase que permite definir quais trabalhos serão aceitos ou rejeitados, para isso é preciso preencher um formulário com as palavras-chave de cada trabalho, resumos e alguns dos critérios definidos no protocolo; e (iii) em Sumarização onde é possível visualizar em forma de gráficos, redes e fluxogramas as informações categorizadas [Fabbri 2016].

2.1. Planejamento

Esta Revisão Sistemática da Literatura possui como questão de pesquisa: Quais tecnologias de realidade aumentada estão sendo usadas no auxílio da medicina?

Para ajudar a responder esta questão foram definidas algumas subquestões apresentadas conforme a seguir: QP1: Quais as subáreas da Medicina vêm sendo alvo do uso da tecnologia de Realidade Aumentada? QP2: Qual é o número de participantes submetido a tecnologia de Realidade Aumentada? QP3: Quais dispositivos e (API*, Toolkit)* são usados para implementar a Realidade Aumentada? QP4: Quais são os aspectos positivos e negativos da utilização da realidade aumentada na Medicina? QP5: A Realidade Aumentada pode ser utilizada como uma ferramenta de auxílio na Medicina?

Os dados foram reunidos a partir de pesquisas feitas nas cinco bases bibliográficas a seguir no período de 2016 a 2021. As bases consultadas foram: ACM Digital *Library*, IEEE Xplore*, Web of Science, Scopus*, e portal de Periódicos da CAPES. Nas cincos bases, foram realizadas buscas com a *string*: **"*Augmented Reality" AND ("Medicine" OR "Health" OR "Illness" OR "Pathology" OR "Psychosis" OR "Phobia*") *OR* "Realidade Aumentada" *AND* ("Medicina" *OR* "Doença" *OR* "Patologia" *OR* "Psicose" *OR* "Fobia" *OR* "Saúde")**.

Como critérios de inclusão dos estudos adotou-se (a) artigos com texto completo do estudo disponível em formato eletrônico; (b) trabalhos publicados e disponíveis integralmente nas bases científicas buscadas; (c) trabalhos publicados a partir do ano de 2016; (d) trabalhos relativos ao uso de realidade aumentada na medicina; (e) estudos devem estar no idioma inglês ou português; (f) trabalhos relativos ao uso de realidade aumentada no tratamento na medicina.

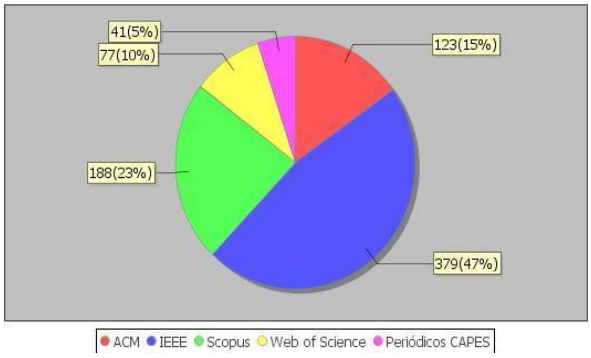
Como critérios de exclusão consideraram-se os seguintes: (a) estudos que fogem da área de pesquisa; (b) estudos que não estejam disponíveis 'online' pela rede CAFe (Comunidade Acadêmica Federada da RNP) ou que não obtivemos acesso após contato com os autores; (c) trabalhos que não apresentem resumo/*abstract*; (d) estudos escritos em outras línguas; (e) trabalhos relativos ao uso de realidade aumentada no ensino da Medicina; (f) trabalhos em formatos de RSL (Revisão Sistemática da Literatura) os quais foram, entretanto, considerados na seção de trabalhos correlatos.

2.2. Condução

Foram encontrados na pesquisa bibliográfica um total de 808 artigos (ACM *Digital Library* — 123, CAPES — 41, IEEE Xplore — 379, *Web of Science* — 77 e *Scopus* — 188) como mostra no gráfico 1. No primeiro momento foi realizada uma análise dos títulos dos artigos, resumos e palavras chaves para selecionar se os trabalhos tinham relação com o propósito da pesquisa desta RSL. Após esta etapa foram retirados os estudos que não atendiam a estes critérios, do total, 636 artigos foram excluídos e 28 duplicados, restando 144 estudos, apresentado no gráfico 2. Com aplicação da leitura completa dos artigos foi identificada duas linhas de pesquisa: Realidade Aumentada no ENSINO da Medicina e Realidade Aumentada no TRATAMENTO

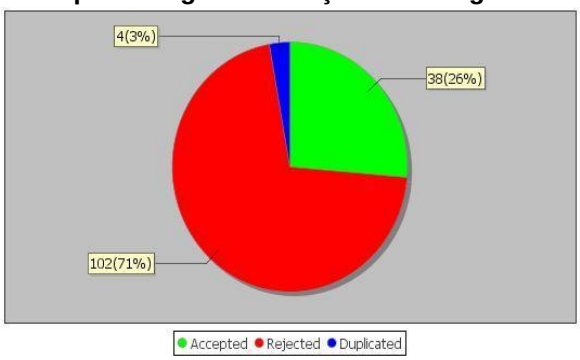
na Medicina com isso foi utilizado como critérios de inclusão e exclusão gerando 38 artigos (ACM — 0, CAPES — 1, IEEE — 34, Web of Science — 0 e Scopus — 3).

Gráfico 1 – Artigos encontrados, separados por bases de busca



Fonte: Gerado pelo software StArt

Gráfico 2 – Apresenta o percentual dos estudos aceitos, rejeitados e duplicados após a segunda seleção dos artigos



Fonte: Gerado pelo software StArt

Devido à quantidade de artigos encontrados não foi possível apresentá-los no corpo deste artigo, porém, as soluções, assim como as referências podem ser acessadas no link: **artigos incluídos**[2]; **artigos excluídos**[3] e **artigos duplicados**[4].

3. Trabalhos Relacionados

Diversas Revisões Sistemática da Literatura (RSL) foram encontradas após ser aplicada a *string* de busca nas bases mencionadas no tópico anterior. Dentre essas RSL destacam-se sete que abordam temáticas em consonância com o tema de pesquisa, nos quais buscam evidências do uso da tecnologia de Realidade Aumentada (RA) como uma ferramenta de auxílio na medicina tanto para o tratamento de pacientes quanto no ensino e treinamento de profissionais de saúde. Porém, essas RSL abordam: (i) ou um contexto muito específico como o do autismo [Berenguer 2020], da odontologia [Farronato 2019], da neurocirurgia [Meola 2017] ou da reabilitação motora [Cavalcanti 2018]; (ii) ou muito mais amplo do que o contexto tratado no presente trabalho como [Parekh 2020] abrangendo todo tipo de aplicação; (iii) ou o uso de um dispositivo específico como Head-Mounted Display (Tela Montado na Cabeça) [Rahman 2020] ou Google Glass [Wei 2018].

Observa-se que nenhuma das RSL encontradas trata especificamente o tema abordado pelo presente trabalho, o que não permitirá a comparação dos resultados. Uma descrição mais extensa das RSL encontradas pode ser consultada neste **link**[5].

4. Resultados e discussões

O estudo individual e detalhado dos 38 artigos selecionados que forneceu os elementos materiais para a síntese a seguir pode ser consultado neste **link**[6].

---

[2] https://drive.google.com/file/d/1S-Lb5ZMAjMVFwfrffcahRKoOOH0g8E1J/view?usp=sharing

[3] https://drive.google.com/file/d/114L8L5bORTc6Yc41uz-DKr1adZmgV890/view?usp=sharing

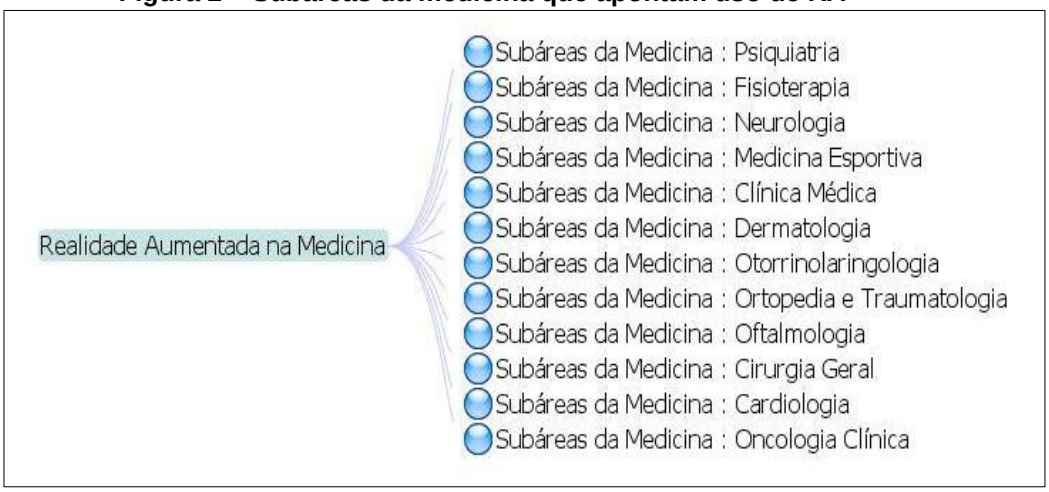
[4] https://drive.google.com/file/d/1XpRjWgGYjSIumg_yDDRKzHuFTM6D5vVp/view?usp=sharing

[5] https://docs.google.com/document/d/1J0Oi9gWh576c7oovmlTdUHI9F14YJIBIOEoceLNHbKM/edit

[6] https://docs.google.com/document/d/1dy-ZoBDuwB1n0770lscdIpxqIsxyTBBF/edit?usp=sharing&ouid=111811125091121206831&rtpof=true&sd=true

Nesta seção serão apresentadas as respostas para as questões definidas durante o planejamento. Para responder à questão QP1: Quais as subáreas da Medicina vêm sendo alvo do uso da tecnologia de Realidade Aumentada? Foi notável que a RA traz para a área da saúde diversos benefícios e a esperança para solucionar e auxiliar questões que necessitem de sistemas de informação de forma imersiva. As subáreas da medicina (ilustradas na figura 2) que estão sendo contempladas nos artigos selecionados, são: Psiquiatria (5 artigos), Fisioterapia (8 artigos), Neurologia (5 artigos), Medicina Esportiva (1 artigo), Clínica Médica (10 artigos), Dermatologia (1 artigo), Otorrinolaringologia (1 artigo), Ortopedia e Traumatologia (1 artigo), Cirurgia Geral (2 artigos), Cardiologia (2 artigos) e Oncologia Clínica (1 artigo).

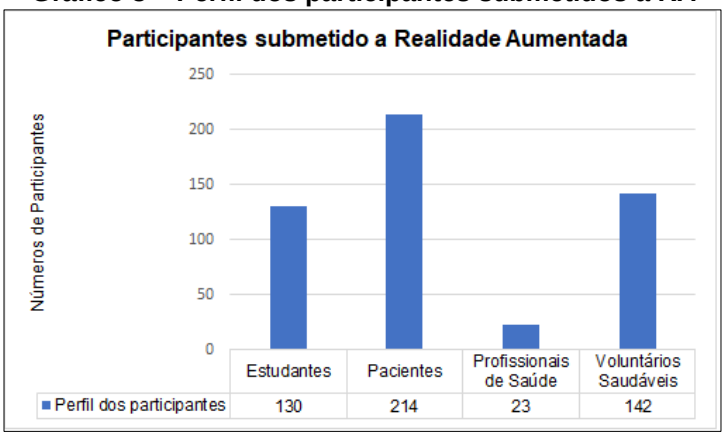
Figura 2 – Subáreas da medicina que apontam uso de RA



Fonte: Gerado pelo software StArt

Para responder à questão QP2: Qual é o número de participantes submetidos à tecnologia de Realidade Aumentada? Os estudos selecionados mencionam globalmente um número baixo de participantes e um quantitativo mais restrito ainda em ensaios clínicos. A RA, por ser uma tecnologia nova, ainda não foi totalmente explorada em contextos reais e principalmente avaliada em contexto simulado e controlado. Vários estudos concluem a necessidade de mais dados de ensaios clínicos [Yadav 2019]. No total, apenas 25 dos estudos selecionados realizaram ensaios com sujeitos sendo: pacientes (somando 214 pacientes); voluntários saudáveis (somando 142); estudantes (somando 130); ou profissionais de saúde (somando 23), para um somatório total de 509 participantes. São, em média, 20 sujeitos por artigo para os 25 que mencionaram ensaios e 13 por artigo considerando o total dos 38 estudos selecionados (gráfico 3).

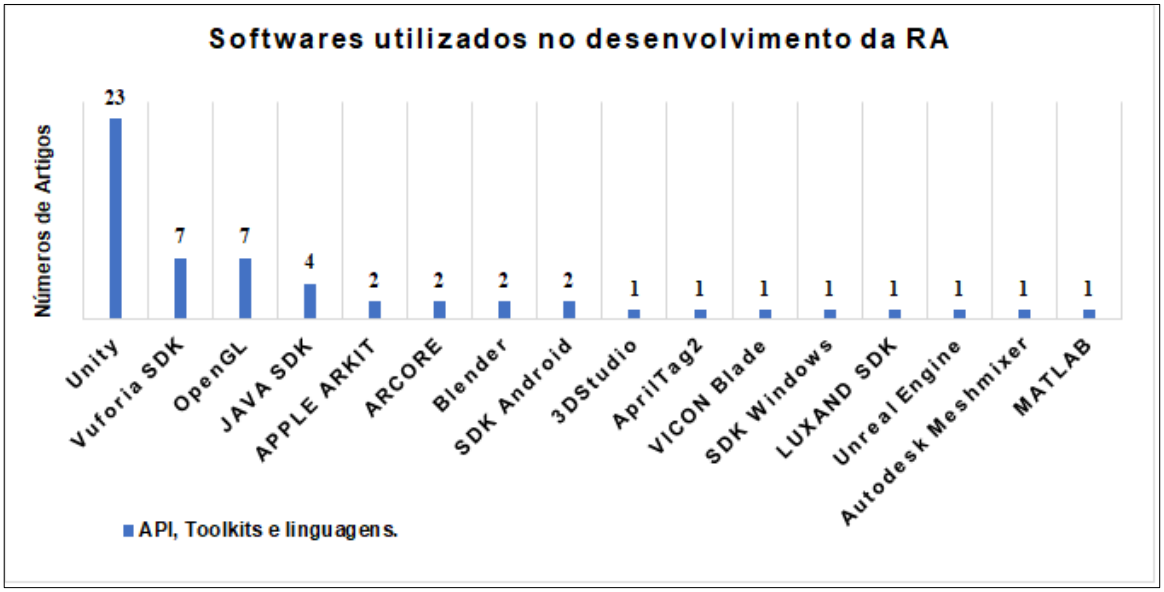
Gráfico 3 – Perfil dos participantes submetidos a RA



Fonte: Elaboração própria.

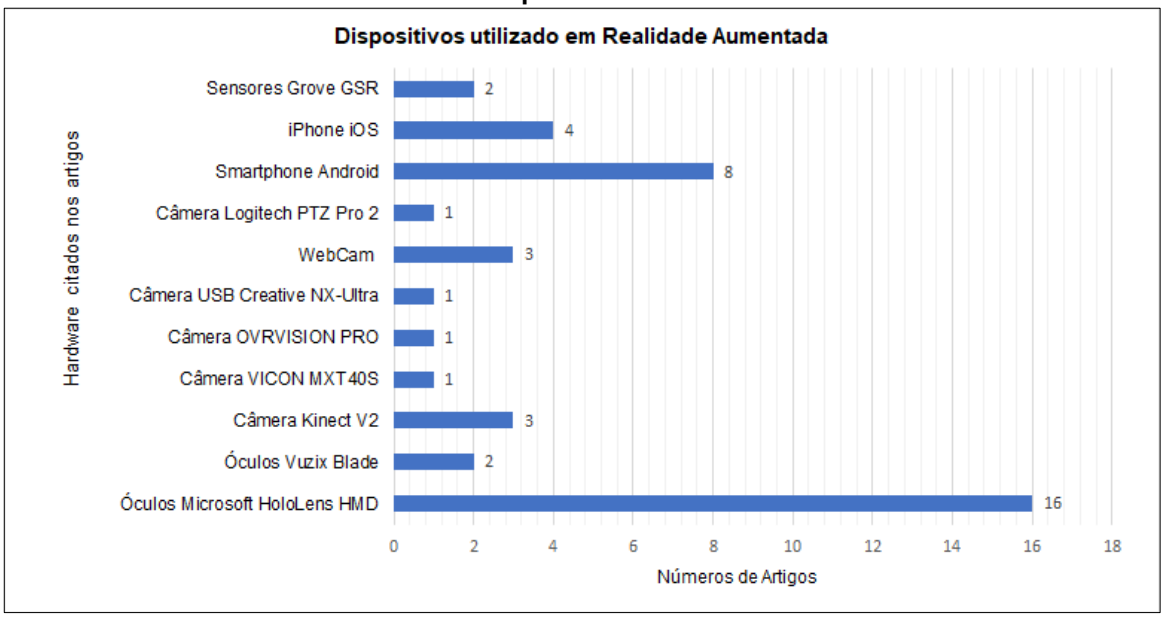
Para responder à questão QP3: A partir dos artigos selecionados, 60% (23 estudos) das aplicações utilizadas foram desenvolvidas com o Unity, indicando o amplo uso da (Toolkit) a qual oferece aos usuários a capacidade de criação e desenvolvimento de cenários e objeto virtuais em 2D e 3D, e suporta as seguintes *API*: Direct3D no *Windows* e Xbox 360; OpenGL no MacOS; Linux; OpenGL ES no *Android* e iOS; WebGL na Internet. Outra, Toolkit frequentemente, mencionada (7 artigos) é a Vuforia. Também, como mostra o gráfico 4, foram utilizadas outras ferramentas, *Toolkits* e linguagens de baixo nível como OpenGl ou JAVA SDK como ilustrado no gráfico 4.

Gráfico 4 – Software utilizados no desenvolvimento da RA



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 5 – Dispositivo utilizado em RA



Fonte: Elaboração própria.

Assim como os softwares, extraímos dos artigos os dispositivos e *hardwares* (gráfico 5) utilizados em RA. Dentre os *hardwares* destaca-se os Óculos: Microsoft HoloLens HMD em 16 estudos abordados; Vuzix Blade em 2 artigos. Nas Câmeras são lideradas por Kinect V2 da

Microsoft e Webcams genérica em 3 artigos. No segmento mobile foram utilizados Smartfones com a plataforma *Android* (8 estudos) e iPhone em 4 estudos. E por fim sensores *Grove* em 2 artigos.

Para responder à questão QP4: Quais são os aspectos positivos e negativos da utilização da realidade aumentada na Medicina? O uso da tecnologia de realidade aumentada aplicada na medicina traz pontos positivos tais como: Facilidade na criação e desenvolvimento dos ambientes, pois não é necessário modelar todos os objetos como é exigido na criação de ambiente puramente virtual. A realidade aumentada, por ser uma tecnologia que permite a sobreposição de objeto virtuais em ambientes reais, proporciona aos desenvolvedores ter um ambiente seguro [Fatharany 2016, Ma 2019, Rusu 2019]; flexível [Basiratzadeh 2020, Ponce 2016, Dukalski 2018]; controlado [Fatharany 2016, Botella 2016, Yeh 2018, Sha 2019] e intuitivo [Liu 2019, Krösl 2020, Iqbal 2020, Crisnapati 2019, Dukalski 2018]; além da praticidade de implementar somente os objetos adicionais desejados.

Outro ponto relevante da RA é a imersão do usuário em ambientes reais com objetos virtuais dando maior senso de realismo e enriquecimento da interação, possibilitando que o usuário possa manipular e se mover em torno do objeto. É importante ressaltar afirmações encontradas na literatura sobre as experiências dos usuários e "feedback dos voluntários sobre o jogo sério de RA sublinham as capacidades do sistema para extrair informações objetivas sobre reabilitação física [Monge 2018]."

Os pontos negativos da RA encontrados nesta RSL destacam-se: Os dispositivos montados na cabeça HMD de Realidade Aumentada existentes possuem valores elevados, e limitações de *hardware* e *software* dificultando a escalabilidade e regulamentação da tecnologia em ambientes cirúrgicos e clínicas [Szűcs 2019]. No *smartphone* as limitações encontram-se no *hardware* especificamente nas câmeras de baixa qualidade dificultando a leitura precisa dos marcadores de RA, "embora o aplicativo tenha aplicado 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 [Iqbal 2020]."

Há também falta de mais estudos científicos que buscam evidenciar a aplicação de forma qualitativa sobre a experiência dos usuários (UX) no uso da realidade aumentada na medicina em geral. Tais estudos auxiliam os desenvolvedores a definir padrões de implementação na perspectiva de aumentar: desempenho [Moreta-Martinez 2021, Cutolo 2020, Southworth 2020]; eficácia [Wang 2020, Yeh 2018, Botella 2016]; aceitabilidade [Cidota 2019, Yeh 2018, Botella 2016]; aplicabilidade [Roy 2017, Gacem 2019, Moreta-Martinez 2018] e usabilidade [Zhang 2019, Debarba 2018, Cavalcanti 2018].

Para responder à questão QP5: A Realidade Aumentada pode ser utilizada como uma ferramenta de auxílio na Medicina? Com base na literatura encontrada nesta RSL podemos observar a aplicação da realidade aumentada em diversas subáreas da medicina como foi citado em questões anteriores, o estudo mostrou também a participação de quatro perfis num somatório de 509 participantes gerando uma média de 20 por artigo em que enfatiza a falta de uma amostragem maior e relevante. No desenvolvimento da realidade aumentada notamos a presença de vários kits de desenvolvimento de software (SDK) e *Toolkit* disponível no mercado; já em aspectos positivos e negativos a RA mostrou ser uma tecnologia adaptativa, pois se adequá em várias áreas do conhecimento, versátil onde tem uma infinidade variada de utilização e está caminhando em passos largos, podemos esperar no futuro uma combinação do mundo real e virtual ao um ponto de não conseguirmos diferenciá-lo.

5. Conclusões

Este artigo apresentou uma RSL que visa estabelecer o estado da arte dos estudos apontando o uso da realidade aumentada como uma ferramenta de auxílio na medicina. Os trabalhos retornados das bases de busca mostram uma aceitação da tecnologia no ensino/treinamento quanto no tratamento de patologias clínicas, além do uso da RA em diversas outras áreas do conhecimento. Nos resultados e discussões obtivemos respostas de questões apresentadas onde afirma a aceitabilidade, aplicabilidade e usabilidade dos dispositivos de RA na área da saúde. O trabalho possui algumas lacunas que podem ser abordadas em estudos futuros como: Realidade Aumentada no ensino/treinamento da medicina; aplicação da RA em ensaios clínicos com amostragens maiores.

A tecnologia de realidade aumentada é valiosa como ferramenta, pois tem compatibilidade em diversas plataformas de *software* e dispositivos como *mobile*, óculos holográficos, computadores; possibilitando ter a tecnologia em nossos bolsos com exemplos os *smartphones* [Szűcs 2019] e também em várias áreas do conhecimento de maneira dinâmica e fácil. Como vem sendo observado nesta RSL existem aplicações possíveis da RA em cirurgias, primeiros socorros, diagnósticos clínicos, pós-operatório, reabilitação física e mental, terapias, triagem de pacientes, telemedicina entre outros. Diante dos artigos encontrados a RA mostrou-se uma tecnologia que "agrega valor significativo à interação remota pós-operatória, com pacientes e cirurgiões endossando a satisfação geral [Ponce 2016]." No tratamento de fobias os autores relatam que a realidade aumentada se mostra ser uma ferramenta eficaz para esses tipos de transtorno de ansiedade [Yeh 2018, Botella 2016]. Em trabalhos futuros, pretendemos aprofundar o estudo do uso da RA no acompanhamento terapêutico das fobias.

References

F. Fatharany, R. R. Hariadi, D. Herumurti and A. Yuniarti, "Augmented reality application for cockroach phobia therapy using everyday objects as marker substitute," *2016 International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS)*, 2016, pp. 49-52, doi: 10.1109/ICTS.2016.7910271.

S. Basiratzadeh, E. D. Lemaire and N. Baddour, "Augmented Reality Approach for Marker-based Posture Measurement on Smartphones," *2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, 2020, pp. 4612-4615, doi: 10.1109/EMBC44109.2020.9175652.

P. Liu *et al.*, "An SSVEP-BCI in Augmented Reality," *2019 41st Annual International Conference of the* IEEE *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2019, pp. 5548-5551, doi: 10.1109/EMBC.2019.8857859.

S. Roy, O. Mazumder, D. Chatterjee, K. Chakravarty and A. Sinha, "Quantification of postural balance using augmented reality based environment: A pilot study," *2017 IEEE SENSORS*, 2017, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICSENS.2017.8234398.

S. Chen, B. Hu, Y. Gao, Z. Liao, J. Li and A. Hao, "Lower Limb Balance Rehabilitation of Post-stroke Patients Using an Evaluating and Training Combined Augmented Reality System," *2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, 2020, pp. 217-218, doi: 10.1109/ISMAR-Adjunct51615.2020.00064.

H. G. Debarba, M. E. d. Oliveira, A. Lädermann, S. Chagué and C. Charbonnier, "Augmented Reality Visualization of Joint Movements for Rehabilitation and Sports Medicine," 2018 *20th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, 2018, pp. 114-121, doi: 10.1109/SVR.2018.00027.

Q. Zhang, M. Karunanithi and C. Kang, "Immersive Augmented Reality (I Am Real) – Remote Clinical Consultation," *2019 IEEE EMBS International Conference on Biomedical & Health Informatics (BHI)*, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/BHI.2019.8834641.

C. Ma, G. Chen, X. Zhang, G. Ning and H. Liao, "Moving-Tolerant Augmented Reality Surgical Navigation System Using Autostereoscopic Three-Dimensional Image Overlay," in *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 23, no. 6, pp. 2483-2493, Nov. 2019, doi: 10.1109/JBHI.2018.2885378.

K. Sha, Z. Liu and J. Dempsey, "Poster Abstract: Augmented Reality Based Therapy System for Social Skill Deficits," *2019 IEEE/ACM International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies (CHASE)*, 2019, pp. 19-20, doi: 10.1109/CHASE48038.2019.00015.

M. A. Iqbal, A. Saleh and H. A. Darwito, "Implementation of The Introduction of Skin Diseases Based on Augmented Reality," *2020 International Electronics Symposium (IES)*, 2020, pp. 406-410, doi: 10.1109/IES50839.2020.9231615.

F. Cutolo, B. Fida, N. Cattari and V. Ferrari, "Software Framework for Customized Augmented Reality Headsets in Medicine," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 706-720, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2962122.

Y. -W. Wang, C. -H. Chen and Y. -C. Lin, "Balance Rehabilitation System for Parkinson's Disease Patients based on Augmented Reality," *2020 IEEE Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE)*, 2020, pp. 191-194, doi: 10.1109/ECICE50847.2020.9302018.

Y. Jiang, D. Weng and R. Ju, "Augmenting a Psoriasis-patient Doctor-dialogue through Intergrating Real Face and Maps of Psoriasis Pathology," *2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, 2019, pp. 160-164, doi: 10.1109/ISMAR-Adjunct.2019.00-56.

L. C. de Oliveira, A. O. Andrade, E. C. de Oliveira, A. Soares, A. Cardoso and E. Lamounier, "Indoor navigation with mobile augmented reality and beacon technology for wheelchair users," 2017 IEEE EMBS International Conference on Biomedical & Health Informatics (BHI), 2017, pp. 37-40, doi: 10.1109/BHI.2017.7897199.

M. Rossi, G. D'Avenio, S. Morelli and M. Grigioni, "CogAR: an augmented reality App to improve quality of life of the people with cognitive impairment," 2020 IEEE 20th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 2020, pp. 339-343, doi: 10.1109/MELECON48756.2020.9140554.

K. Krösl *et al*., "CatARact: Simulating Cataracts in Augmented Reality," *2020 IEEE International* Symposium *on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 2020, pp. 682-693, doi: 10.1109/ISMAR50242.2020.00098.

B. A. Ponce *et al*., "Telemedicine with mobile devices and augmented reality for early postoperative care," *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2016, pp. 4411-4414, doi: 10.1109/EMBC.2016.7591705.

M. A. Gacem, S. Alghlayini, W. Shehieb, M. Saeed, A. Ghazal and M. Mir, "Smart Assistive Glasses for Alzheimer's Patients," *2019 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT)*, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISSPIT47144.2019.9001827.

L. Szűcs, M. Y. Yaregal and M. Kozlovszky, "MedAR Medical Augmented Reality," *2019 IEEE International Work Conference on Bioinspired Intelligence (IWOBI)*, 2019, pp. 000173-000178, doi: 10.1109/IWOBI47054.2019.9114462.

R. Dukalski, D. Aschenbrenner, M. Dieben, M. Jongbloed and J. Verlinden, "Augmenting a Cardiology-Patient Doctor-Dialogue Through Integrated *Heartbeat*-Activated Holographic Display," *2018 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, 2018, pp. 40-44, doi: 10.1109/ISMAR-Adjunct.2018.00029.

P. Rusu, M. Schipor and R. Vatavu, "A Lead-In Study on Well-Being, Visual Functioning, and Desires for Augmented Reality Assisted Vision for People with Visual Impairments," *2019 E-Health and Bioengineering Conference (EHB)*, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/EHB47216.2019.8970074.

R. Fletcher, N. Pignatelli, A. Jimenez-Galindo and S. Ghosh-Jerath, "Development of smart phone *tools* for printed diagnostics: Challenges and solutions," *2016 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, 2016, pp. 701-708, doi: 10.1109/GHTC.2016.7857355.

J. Monge and O. Postolache, "Augmented Reality and Smart Sensors for Physical Rehabilitation," *2018 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE)*, 2018, pp. 1010-1014, doi: 10.1109/ICEPE.2018.8559935.

P. Melillo *et al*., "Wearable Improved Vision System for Color Vision Deficiency Correction," in *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, vol. 5, pp. 1-7, 2017, Art no. 3800107, doi: 10.1109/JTEHM.2017.2679746.

M. A. Cidota, P. J. M. Bank and S. G. Lukosch, "Design Recommendations for Augmented *Reality* Games for Objective Assessment of Upper Extremity Motor Dysfunction," *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 2019, pp. 1430-1438, doi: 10.1109/VR.2019.8797729.

S. -C. Yeh, Y. -Y. Li, C. Zhou, P. -H. Chiu and J. -W. Chen, "Effects of Virtual Reality and Augmented Reality on Induced Anxiety," in *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 26, no. 7, pp. 1345-1352, July 2018, doi: 10.1109/TNSRE.2018.2844083.

P. Arquissandás, D. Lamas and J. Oliveira, "Augmented Reality and Sensory *Technology* for Treatment of Anxiety Disorders," *2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2019, pp. 1-4, doi: 10.23919/CISTI.2019.8760859.

P. N. Crisnapati, M. Setiawan, I. G. N. Wikranta Arsa, P. Devi Novayanti, M. S. Wibawa and K. G. Oka Ciptahadi, "Real-Time Hand Palm Detection and Tracking Augmented Reality Game *Using* Lucas Kanade Optical Flow Combined with Color Blob Detection," *2019 1st International Conference on Cybernetics and Intelligent System (ICORIS)*, 2019, pp. 263-268, doi: 10.1109/ICORIS.2019.8874892.

X. Song, L. Ding, J. Zhao, J. Jia and P. Shull, "Cellphone Augmented Reality Game-based Rehabilitation for Improving Motor Function and Mental State after Stroke," *2019 IEEE 16th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)*, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/BSN.2019.8771093.

M. K. Southworth, J. N. A. Silva, W. M. Blume, G. F. Van Hare, A. S. Dalal and J. R. Silva, "Performance Evaluation of Mixed Reality Display for Guidance During Transcatheter Cardiac Mapping and Ablation," in *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, vol. 8, pp. 1-10, 2020, Art no. 1900810, doi: 10.1109/*JTEHM*.2020.3007031.

P. Arpaia, E. De Benedetto, C. A. Dodaro, L. Duraccio and G. Servillo, "Metrology-Based Design of a Wearable Augmented Reality System for Monitoring Patient's Vitals in Real Time," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 9, pp. 11176-11183, 1 May1, 2021, doi: 10.1109/JSEN.2021.3059636.

B. Allison, X. *Ye* and F. Janan, "Breast3D: An Augmented Reality System for Breast CT and MRI," *2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*, 2020, pp. 247-251, doi: 10.1109/AIVR50618.2020.00052.

N. Yadav, Y. Jin and L. J. Stevano, "AR-IoMT Mental Health Rehabilitation Applications for Smart *Cities*," *2019 IEEE 16th International Conference on Smart Cities: Improving Quality of Life Using ICT & IoT and AI (HONET-ICT)*, 2019, pp. 166-170, doi: 10.1109/HONET.2019.8907997.

Moreta-Martinez, R.; Pose-Díez-de-la-Lastra, A.; Calvo-Haro, J.A.; Mediavilla-Santos, L.; Pérez-Mañanes, R.; Pascau, J. Combining Augmented Reality and 3D Printing to Improve *Surgical* Workflows in Orthopedic Oncology: Smartphone Application and Clinical Evaluation. *Sensors* 2021, *21*, 1370. https://doi.org/10.3390/s21041370

Moreta-Martinez, R., García-Mato, D., García-Sevilla, M., Pérez-Mañanes, R., Calvo-Haro, J. and *Pascau*, J. (2018), Augmented reality in computer-assisted interventions based on patient-specific 3D printed reference. Healthc. Technol. Lett., 5: 162-166. https://doi.org/10.1049/htl.2018.5072.

Botella C, Pérez-Ara MÁ, *Bretón*-López J, Quero S, García-Palacios A, Baños RM (2016) In Vivo *versus* Augmented Reality Exposure in the Treatment of Small Animal Phobia: A Randomized Controlled Trial. PLoS ONE 11(2): e0148237. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148237.

Siricharoen, Waralak. (2018). The Approach of Applying Augmented Reality Application with Infographic for Supporting Health Care. EAI Endorsed Transactions on Context-aware *Systems* and Applications. 4. 154823. 10.4108/eai.18-6-2018.154823.

Fabbri, Sandra, et al. "Improvements in the StArt tool to better support the systematic review process". *Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, Association for Computing Machinery, 2016, p. 1–5. *ACM Digital Library*, https://doi.org/10.1145/2915970.2916013.

Berenguer, Carmen, et al. "Explorando o Impacto da Realidade Aumentada em Crianças e Adolescentes com Transtorno do Espectro Autista: Uma Revisão Sistemática". International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 17, no 17, setembro de 2020, p. 6143. PubMed Central,https://doi.org/10.3390/ijerph17176143.

Parekh, Pranav, et al. "Revisão sistemática e meta-análise da realidade aumentada em medicina, varejo e jogos". Computação Visual para Indústria, Biomedicina e Arte, vol. 3, no 1, setembro de 2020, p. 21. BioMed Central, https://doi.org/10.1186/s42492-020-00057-7.

Farronato, Marco, et al. "Estado atual da arte no uso da realidade aumentada na odontologia: uma revisão sistemática da literatura". BMC Saúde Bucal, vol. 19, no 1, julho de 2019, p. 135. BioMed Central, https://doi.org/10.1186/s12903-019-0808-3.

Meola, Antonio, et al. "Realidade Aumentada em Neurocirurgia: Uma Revisão Sistemática". Revisão Neurocirúrgica, vol. 40, no 4, outubro de 2017, p. 537-48. Springer Link,https://doi.org/10.1007/s10143-016-0732-9.

Cavalcanti, Virgínia C., et al. "Usability Assessments for Augmented Reality Motor Rehabilitation Solutions: A Systematic Review". International Journal of Computer Games

Technology, vol. 2018, novembro de 2018, p. e5387896. www.hindawi.com, https://doi.org/10.1155/2018/5387896.

Rahman, Rafa, et al. "Uso de tela montada na cabeça na cirurgia: uma revisão sistemática". Inovação Cirúrgica, vol. 27, no 1, fevereiro de 2020, p. 88-100. SAGE Journals, https://doi.org/10.1177/1553350619871787.

Wei, Nancy J., et al. “Using Google Glass in Surgical Settings: Systematic Review”. JMIR mHealth and uHealth, vol. 6, no 3, março de 2018, p. e54. PubMed Central, https://doi.org/10.2196/mhealth.9409.

Kitchenham, B., & Charters, S. (2007) Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Evidence-Based Software Engineering (EBSE). Keele: Keele University, Durham: University of Durham. Relatório Técnico. 65 p.