

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE
REALIDADE AUMENTADA COMO MÉTODO
AUXILIAR EM NEUROCIRURGIA ONCOLÓGICA
BASEADA EM MODELO ANATÔMICO**

MÁRCIO TIAGO DE OLIVEIRA BARBOSA

**Dissertação apresentada à Fundação Antônio Prudente para
obtenção de Título de Mestre em Ciências**

Área de concentração: Oncologia

Orientador: Dr. Rubens Chojniak

São Paulo

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pelo Ensino Apoio ao aluno da Fundação Antônio Prudente

BARBOSA, MÁRCIO TIAGO DE OLIVEIRA .

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE REALIDADE
AUMENTADA COMO MÉTODO AUXILIAR EM NEUROCIRURGIA
ONCOLÓGICA BASEADA EM MODELO ANATÔMICO. / MÁRCIO TIAGO
DE OLIVEIRA BARBOSA. São Paulo, 2024.**

40f.

**Trabalho aplicado (Mestrado Profissional) - Fundação Antônio
Prudente. Curso de Pós-Graduação em Ciências - Área de
concentração: Oncologia.**

Orientador: Dr. Rubens Chojniak.

1. Realidade Aumentada , 2. Tumores Cerebrais, 3. Neurocirurgia

CDU 616

Elaborado por Suely Francisco CRB 8/2779

*Todos os direitos reservados à FAP. A violação dos direitos autorais constitui crime, previsto no art. 184 do Código Penal, sem prejuízo de indenizações cabíveis, nos termos da Lei nº 9.610/08.

Nome: Márcio Tiago de Oliveira Barbosa

Título: Desenvolvimento de um sistema de realidade aumentada como método auxiliar em neurocirurgia oncológica baseada em modelo anatômico

Aprovado em: 25/07/2024

Banca Examinadora

Orientador: Dr. Rubens Chojniak

Instituição: Fundação Antônio Prudente

Membro da banca: Roberta Rehder

Instituição: Hospital Santa Marcelina

Membro da banca: Heron Werner Júnior

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro

DEDICATÓRIA

A Deus.

À minha esposa Thaís, que sempre me apoiou e me incentivou a seguir meus objetivos.

Aos meus filhos Marcos, Marina e Maria Eduarda, que tanto me alegram.

Aos meus pais por tudo que fizeram por mim.

Ao paciente oncológico.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Rubens Chojniak, por todo o apoio nas diferentes etapas do trabalho e por acreditar que seria possível.

Ao Dr. Luciano Pereira e toda a equipe do Insper pela receptividade, colaboração e parceria nesse projeto inovador.

Ao Bruno Cassaro, da ARTIS Tecnologia, bem como ao Todd Cave e David Pearlstone da DICOM Director pela parceria e colaboração no projeto.

RESUMO

Barbosa MTO. **Desenvolvimento de um sistema de realidade aumentada como método auxiliar em neurocirurgia oncológica baseada em modelo anatômico.** [Dissertação]. São Paulo: Fundação Antônio Prudente; 2024.

INTRODUÇÃO: Os tumores de sistema nervoso central são considerados tumores raros, entretanto com altas taxas de mortalidade pela sua alta agressividade. O grande desafio é o diagnóstico, devido à dificuldade de acesso ao cérebro. Uma das formas de garantir um diagnóstico seguro é o uso da tecnologia de realidade aumentada (RA), que consiste em sobreposição de imagens geradas por meio do computador em um campo visual real do usuário.

OBJETIVOS: O presente estudo tem como objetivo desenvolver um sistema de RA, como método auxiliar em neurocirurgia oncológica baseada em modelo anatômico. **MATERIAL E**

MÉTODOS: Trata-se de uma pesquisa estudo experimental pré-clínico para desenvolvimento de software e hardware médico. Foi realizada a escolha de um modelo anatômico de crânio e cérebro para utilização no projeto. Objetos simulando lesões neoplásicas foram implantados no modelo. **RESULTADOS:** Como resultado obteve-se o modelo anatômico e nele introduzimos um objeto esférico plástico de aproximadamente 3 cm de diâmetro, ambos preenchidos com silicone, sendo que no último foi adicionado contraste não-iônico. A intenção foi simular uma lesão neoplásica que ficasse evidente na tomografia de crânio. As imagens geradas na Tomografia do modelo anatômico em formato DICOM foram trabalhadas por 02 softwares criados pelo laboratório de ciências da computação do Insper. A interação entre software, kinect, óculos de realidade aumentada e modelo anatômico demonstrou a capacidade de localização da lesão artificial utilizando a tecnologia de RA. **CONCLUSÃO:** Com o trabalho aplicado concluímos que a RA pode ser utilizada para a neurocirurgia oncológica, acreditamos que há um grande potencial para aumentar a eficiência e reduzir custos. Conseguimos utilizar um método de localização da lesão intracraniana diferente dos tradicionais, como estereotaxia e neuronavegação. Uma vantagem do método é que o cirurgião fica com as mãos livre durante o procedimento e não precisa retirar o olhar do campo cirúrgico. Além disso não há necessidade de utilização de parafusos de fixação de crânio como nos casos em que se opta pela estereotaxia. Lesões corticais e subcorticais são as mais adequadas para a indicação desse método. **PALAVRAS-CHAVE:** 1. Realidade Aumentada. 2. Tumores Cerebrais. 3. Neurocirurgia.

ABSTRACT

Barbosa MTO. **Development of an augmented reality system as an auxiliary method in oncological neurosurgery based on an anatomical model.** [Dissertação]. São Paulo: Fundação Antônio Prudente; 2024.

INTRODUCTION: Central nervous system tumors are considered rare tumors, however, they have high mortality rates due to their high aggressiveness. The biggest challenge is diagnosis, due to the difficulty in accessing the brain. One of the ways to guarantee a safe diagnosis is the use of augmented reality (AR) technology, which consists of superimposing computer-generated images onto the user's real visual field. **PURPOSE:** The present study aims to develop an AR system as an auxiliary method in oncological neurosurgery based on anatomical model. **MATERIAL AND METHODS:** This is a pre-clinical experimental study for the development of medical software and hardware. An anatomical model of the skull and brain was chosen for use in the project. Objects simulating neoplastic lesions were implanted in the model. **RESULTS:** As a result, the anatomical model was obtained and a plastic spherical object approximately 3 cm in diameter was introduced into it, both filled with silicone, with non-ionic contrast added to the latter. The intention was to simulate a neoplastic lesion that would be evident on the skull tomography. The images generated in Tomography of the anatomical model in DICOM format were processed by two pieces of software created by Insper's computer science laboratory. The interaction between software, Kinect, AR glasses and anatomical model demonstrated the ability to localize the artificial lesion using AR technology. **CONCLUSION:** With the applied work we concluded that AR can be used for oncological neurosurgery, we believe that there is great potential to increase efficiency and reduce costs. We were able to use a different method of localizing the intracranial lesion than the traditional ones, such as stereoraxis and neuronavigation. An advantage of the method is that the surgeon has his hands free during the procedure and does not need to look away from the surgical field. Furthermore, there is no need to use skull fixation screws as in cases where stereotaxy is chosen. Cortical and subcortical lesions are the most suitable for this method. **KEY WORDS:** 1. Augmented Reality. 2. Brain Neoplasms. 3. Neurosurgery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo Anatômico, cérebro e cerebelo	16
Figura 2	Modelo Anatômico, crânio e cérebro	17
Figura 3	Modelo Anatômico, crânio	17
Figura 4	Modelo Anatômico, face medial do cérebro	18
Figura 5	Modelo Anatômico, córtex cerebral	18
Figura 6	Modelo Anatômico, base do crânio	19
Figura 7	Modelo Anatômico, crânio	19
Figura 8	Tomografia Computadorizada, corte axial com lesão artificial	20
Figura 9	Tomografia Computadorizada, corte coronal com lesão artificial	20
Figura 10	Tomografia Computadorizada, corte sagital com lesão artificial	21
Figura 11	Kinect, laboratório Insper	21
Figura 12	Kinect, laboratório Insper	22
Figura 13	Computador, laboratório Insper	23
Figura 14	Primeiros testes, Insper	23
Figura 15	Vídeo do projeto em parceria com o Insper	24
Figura 16	Reconstrução 3D – Eximius – visão frontal	24
Figura 17	Reconstrução 3D – Eximius – visão lateral	25

Figura 18	Vídeo 1 aplicativo de realidade aumentada Eximius AR	25
Figura 19	Vídeo 2 com aparelho celular e app de realidade aumentada Eximius AR	26
Figura 20	Trepanação sobre lesão visualizada com realidade aumentada	27
Figura 21	Realização da Tomografia do modelo com agulha de biópsia	28
Figura 22	Realização da Tomografia do modelo com agulha de biópsia.	29
Figura 23	Agulha de biópsia confeccionada para o projeto	30
Figura 24	Vídeo corte coronal – biópsia	30
Figura 25	Vídeo corte sagital – biópsia.	31
Figura 26	Vídeo corte axial – biópsia	32
Figura 27	Uso dos óculos de realidade aumentada com o aplicativo IntravisionXR	33

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

SNC	Sistema Nervoso Central
INCA	Instituto Nacional de Câncer
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
TC	Tomografia Computadoriza

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVO.....	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	15
4	RESULTADOS	16
5	DISCUSSÃO	34
6	CONCLUSÃO.....	37
7	REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

Os tumores de sistema nervoso central (SNC) são classificados em mais de 100 subtipos histopatológicos, com características clínicas distintas, tratamentos específicos e desfecho variado de acordo com o prognóstico (Miller et al, 2021). São considerados tumores raros, entretanto com altas taxas de mortalidade pela sua alta agressividade. Estima-se que um terço dos pacientes sobrevivem no período de cinco anos após o diagnóstico (Miller et al, 2021).

Nos Estados Unidos os tumores do SNC representam apenas 1% dos casos de câncer, sendo mais prevalente em crianças e adolescentes (Miller et al, 2021). No Brasil estima-se para o triênio de 2023 a 2025, 11.490 novos casos, ocupando o 11º tipo de câncer mais frequente na região Sul do país (INCA, 2022). O principal tipo histológico são os gliomas, que corresponde a 81% dos tumores primários malignos do SNC (Xu, 2020).

A principal terapêutica empregada é a cirurgia, podendo ser combinada com radioterapia e tratamento sistêmico, como a imunoterapia (Esparragosa, 2018). Entretanto um dos grandes desafios é o diagnóstico, devido à dificuldade de acesso ao cérebro. Uma das formas de garantir um diagnóstico seguro é o uso da tecnologia de realidade aumentada (RA), que consiste em sobreposição de imagens geradas por meio do computador em um campo visual real do usuário (Hey, 2023).

Estações de neuronavegação são usadas rotineiramente para planejamento de incisões minimamente invasivas, localizando a interface cérebro-tumor (Figuerola, 2020). Porém, ocupam um grande espaço físico e a sala cirúrgica deve ser organizada levando esse aspecto em consideração. O cirurgião precisa interromper temporariamente o procedimento para fazer uso do recurso, pois utiliza o apontador do sistema para localizar a lesão e o monitor para visualização, necessitando direcionar sua visão para fora do campo cirúrgico.

As imagens não são em 3 dimensões de fato e há necessidade de linha mantida sem interposição entre câmera, estrela de navegação e apontador de navegação. A informação espacial da neuronavegação tradicional não é intuitiva e requer curva de aprendizado (Ivan, 2021). A área da neurocirurgia é uma das pioneiras no uso de tecnologias de neuronavegação e neuroimagem, com imagens bidimensionais que são utilizadas para guiar o planejamento cirúrgico. A integração das imagens com o mundo real proporciona aos neurocirurgiões uma imersão desde o planejamento, precisão cirúrgica, diminuição do tempo de cirurgia e redução de complicações pós-operatórias (Mishra, 2022).

A RA permite que o utilizador perceba o ambiente real com adição de alguns objetos virtuais, ou seja, criados por computador; objetivando aprimorar a percepção do mundo real com alguma finalidade. (Malbos, 2014). Com o avanço conseguido na área tecnológica, foi possível procurar outras formas de realidade. Sutherland, cientista pioneiro na área da RA, considera que a tecnologia é o “Mundo das Maravilhas.” (Sutherland, 1965).

Conforme citado por Albuquerque em 1999 *“acreditamos que um dos pontos mais importantes do uso de mundo virtual não é para substituir o mundo real, mas sim para completar a visão do utilizador no mundo real.”* (Valerio Netto, 2002). As inovações recentes têm facilitado o acesso a essas tecnologias como smartphones, óculos adaptados e microscópios cirúrgicos (Cabrilo, 2014).

O desafio é usar a RA em neurocirurgias e trazer benefícios principalmente para o paciente. A RA tem gradualmente ganhado importância na neurocirurgia, como ilustrado no artigo de Reisch e colaboradores de módulos de treinamento baseados em RA, que aprimoraram a compreensão da neuroanatomia usando esses sistemas (Reisch, 2013).

Estudos subsequentes têm se concentrado na utilidade da Realidade Virtual (RV) e da RA no planejamento neurocirúrgico, desenhando foco desproporcional para esta aplicação. Nosso objetivo é apresentar uma visão atualizada dos conceitos, bem como a utilização, implicações e possibilidades futuras da RA em neurocirurgia, além dos limites do planejamento isolado.

Embora nossa presente revisão não seja sistemática, temos sistematicamente pesquisado e sintetizado a revisão para chegar a conclusões significativas. Esta revisão enfoca o papel da RA no treinamento e simulação em neurocirurgia, utilidade intraoperatória, neuronavegação, reabilitação pós-operatória, controle da dor e desafios futuros.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

- Desenvolver um sistema de RA, como método auxiliar em neurocirurgia oncológica baseada em modelo anatômico.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar testes em modelo anatômico e avaliar precisão para posterior utilização do sistema em seres humanos;
- Desenvolver uma agulha de biópsia para ser utilizada com o sistema.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa Estudo experimental pré-clínico para desenvolvimento de software e hardware médico. Foi realizada a escolha de um modelo anatômico de crânio e cérebro para utilização no projeto. Objetos simulando lesões neoplásicas foram implantados no modelo.

Em seguida realizou-se a Tomografia Computadorizada (TC) de crânio do modelo em cortes de 1 mm. As imagens em formato DICOM foram processadas no software desenvolvido pelo Instituto de Ensino e Pesquisa - Insper.

O software permitirá a fusão das imagens de TC de crânio para serem usadas com óculos de realidade aumentada Hololens 2 da Microsoft. Por fim foi realizada a sobreposição da imagem da lesão neoplásica artificial sobre o modelo anatômico do crânio.

Para acessar a lesão realizou a trepanação no crânio com a agulha de biópsia desenvolvida e auxílio dos óculos de RA. Após introdução da agulha seguiu com a TC de crânio para avaliarmos a precisão do método.

4 RESULTADOS

Em parceria com o Laboratório de ciências da computação do Insper, foram desenvolvidos 02 softwares que, em conjunto com os kinects, foram usados para localização e visualização da lesão em RA através dos óculos Hololens II.

Numa segunda etapa utilizamos o aplicativo de celular Eximius AR que permitiu a visualização da lesão em RA, servindo de orientação para a trepanação e colocação da agulha de biópsia. Essa etapa serviu de base para realização da TC e avaliação da precisão do trajeto da agulha.

A terceira etapa realizada em parceria com a empresa Dicom Director, permitiu a utilização do software Intravision XR para visualização da lesão nos óculos de RA. Essa última etapa permitiu a realização de cortes virtuais em todos os planos permitindo um melhor controle do que se pretende visualizar.

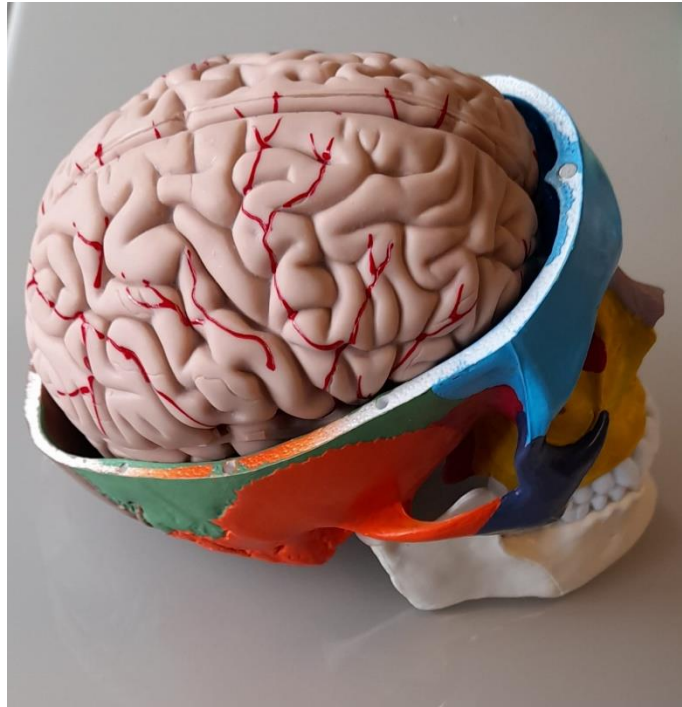
A seguir são apresentadas as imagens do modelo anatômico.

Figura 1 - Modelo Anatômico, cérebro e cerebelo.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 2 - Modelo Anatômico, crânio e cérebro.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 3 - Modelo Anatômico, crânio.



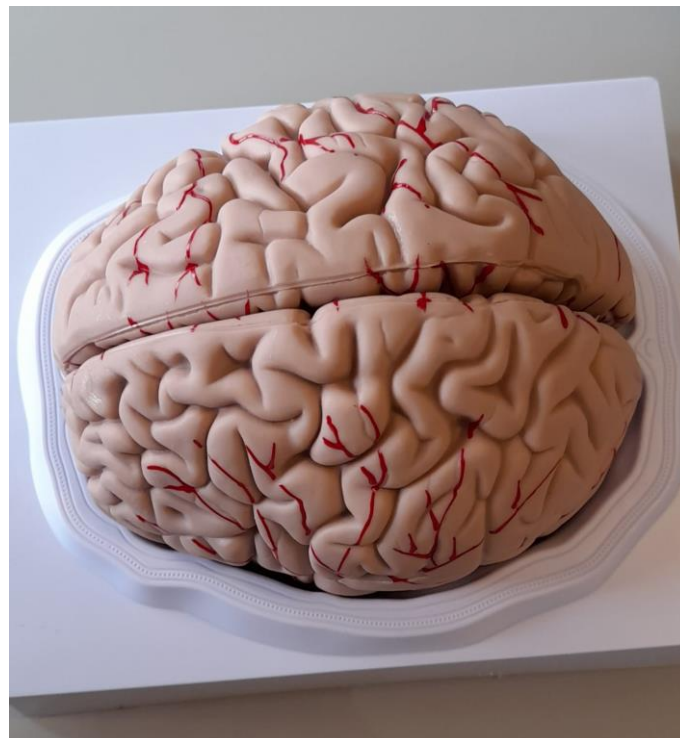
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 4 - Modelo Anatômico, face medial do cérebro.



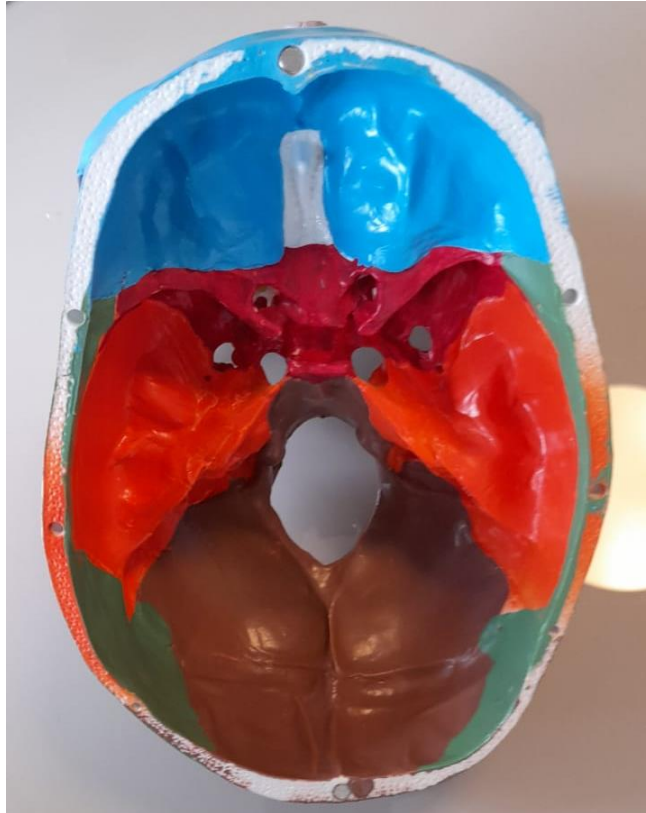
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 5 - Modelo Anatômico, córtex cerebral.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 6 - Modelo Anatômico, base do crânio.



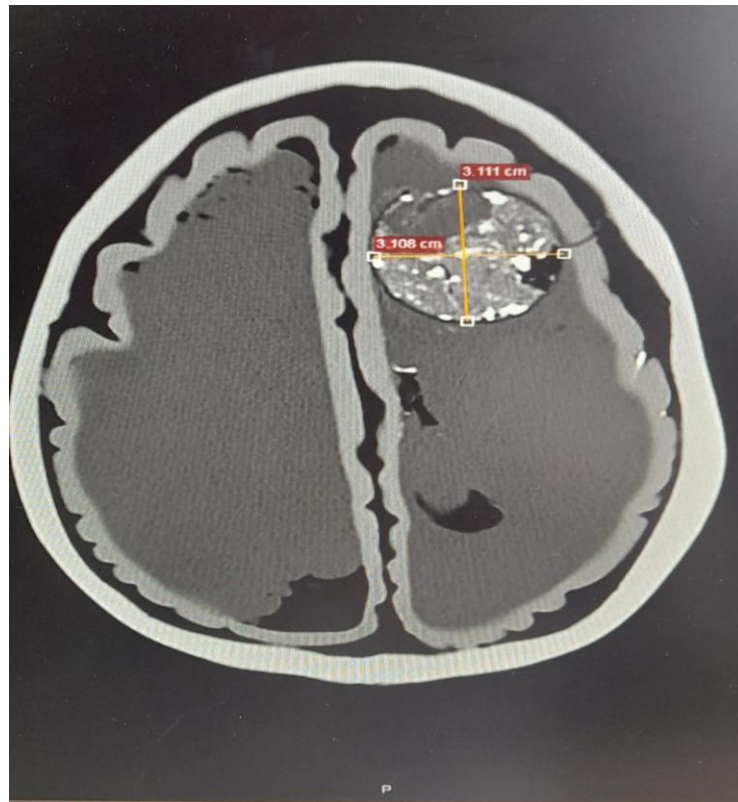
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 7 - Modelo Anatômico, crânio.



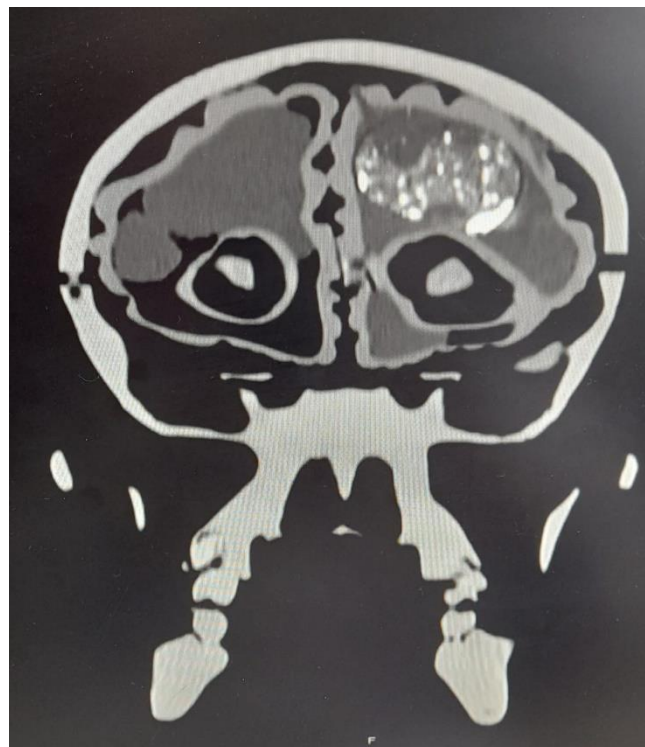
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 8 - Tomografia Computadorizada, corte axial com lesão artificial.



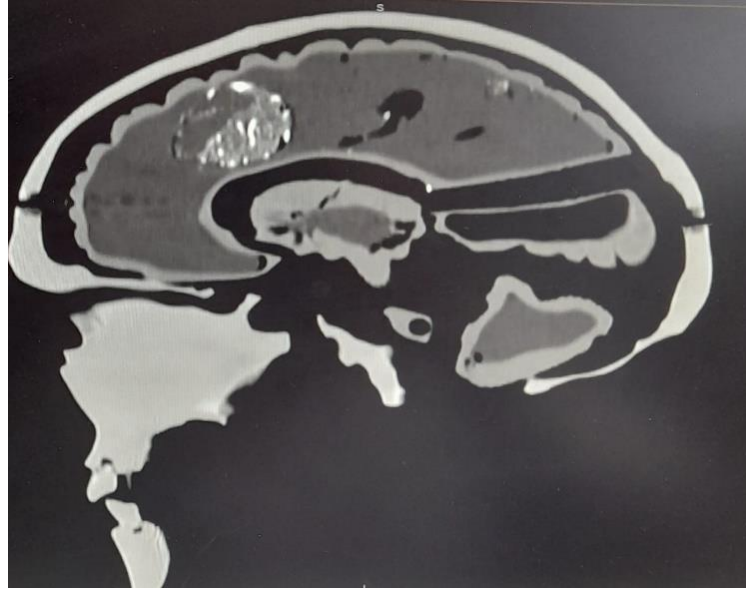
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 9 - Tomografia Computadorizada, corte coronal com lesão artificial.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 10 - Tomografia Computadorizada, corte sagital com lesão artificial.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 11 – Kinect, laboratório Insper.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 12 – Kinect, laboratório Insper.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 13 – Computador, laboratório Insper



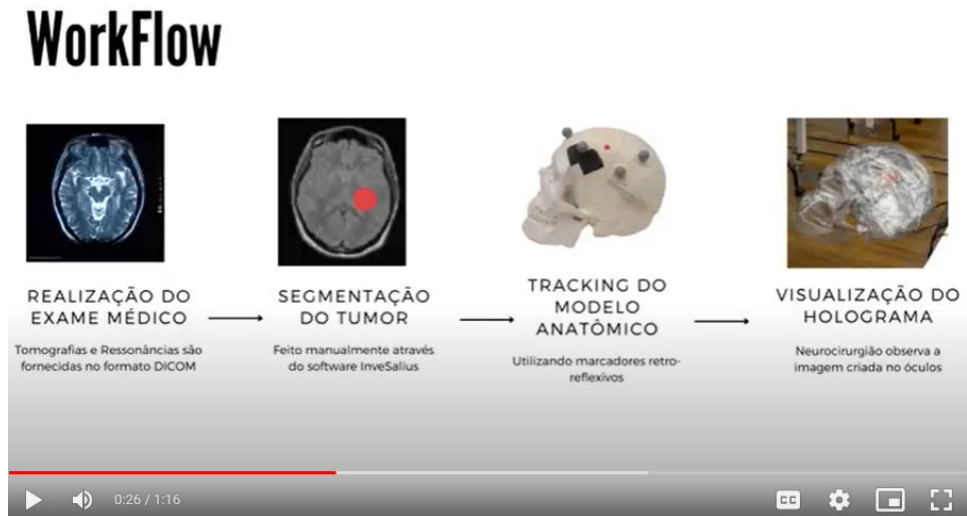
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 14 – Primeiros testes, Insper.



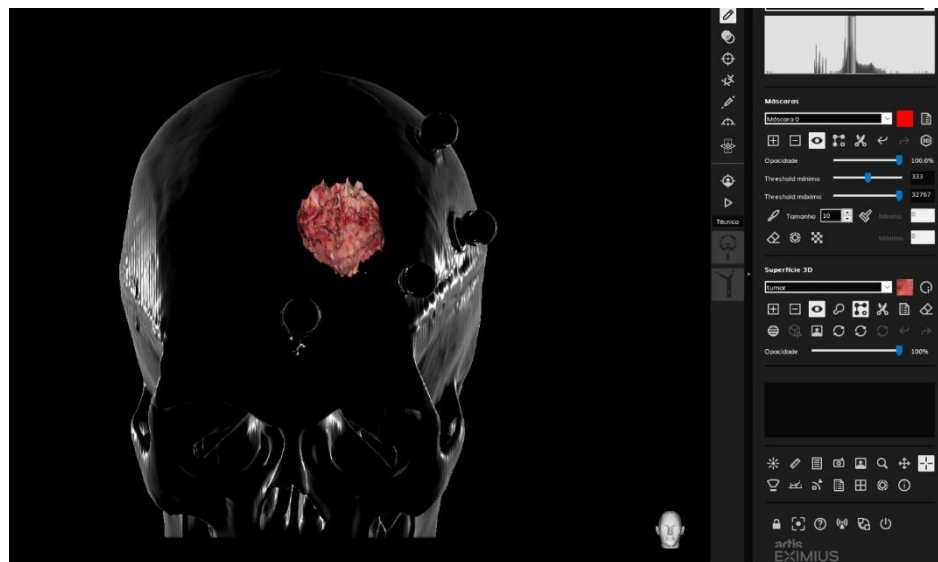
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 15 – Vídeo do projeto em parceria com o Inesper.



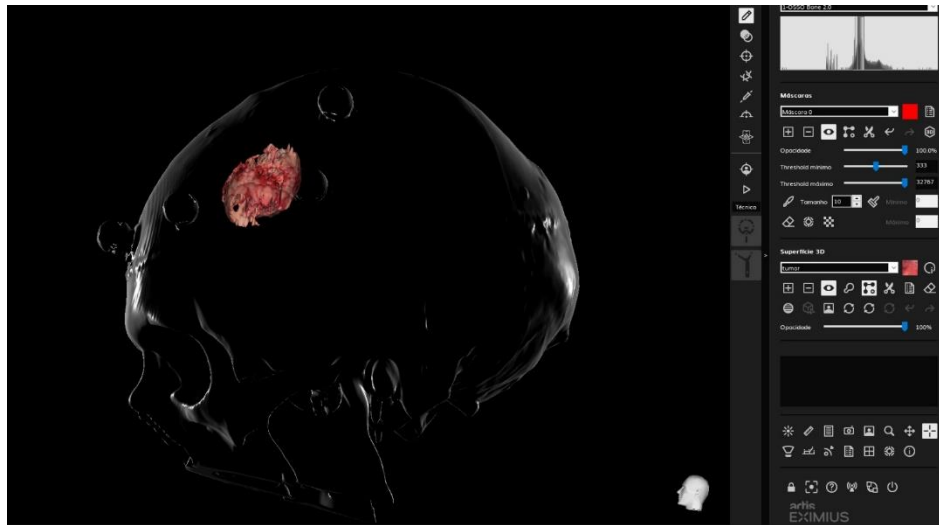
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 16 – Reconstrução 3D – Eximius – visão frontal.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 17 – Reconstrução 3D – Eximius – visão lateral.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 18 – Vídeo 1 aplicativo de realidade aumentada Eximius AR.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 19 – Vídeo 2 com aparelho celular e app de realidade aumentada Eximius AR.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 20 – Trepanação sobre lesão visualizada com RA.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 21 – Realização da TC do modelo com agulha de biópsia.



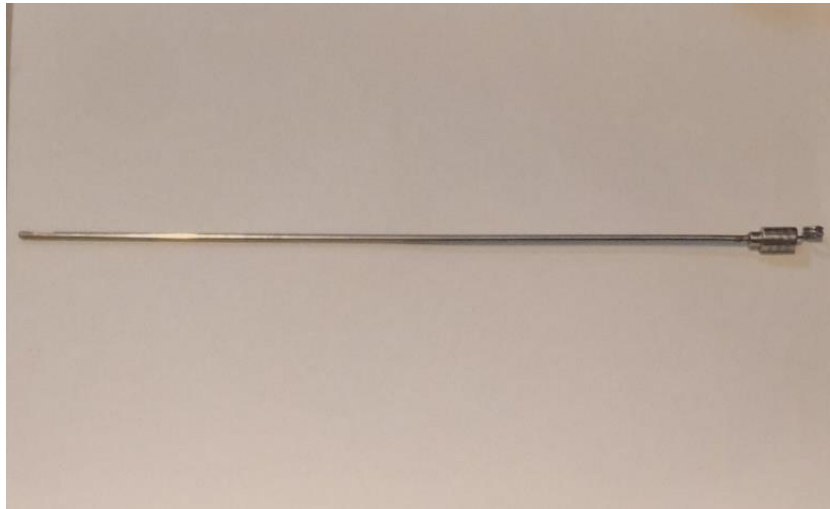
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 22 – Realização da TC do modelo com agulha de biópsia.



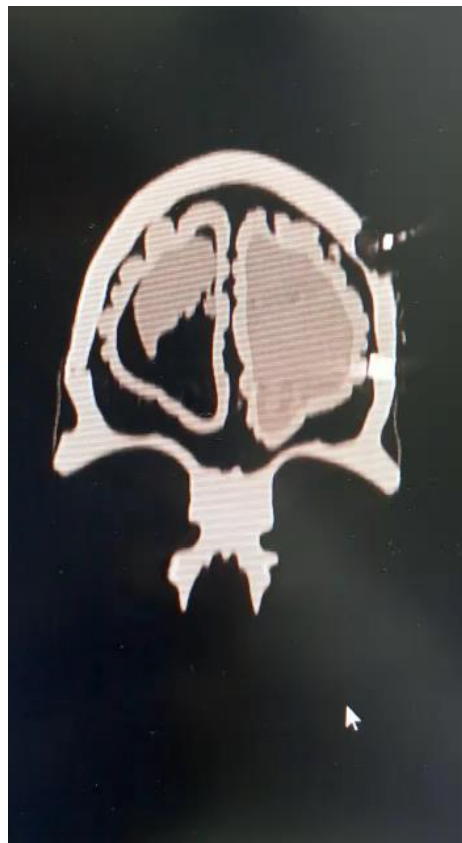
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 23 - Agulha de biópsia confeccionada para o projeto.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 24 - Vídeo corte coronal – biópsia.



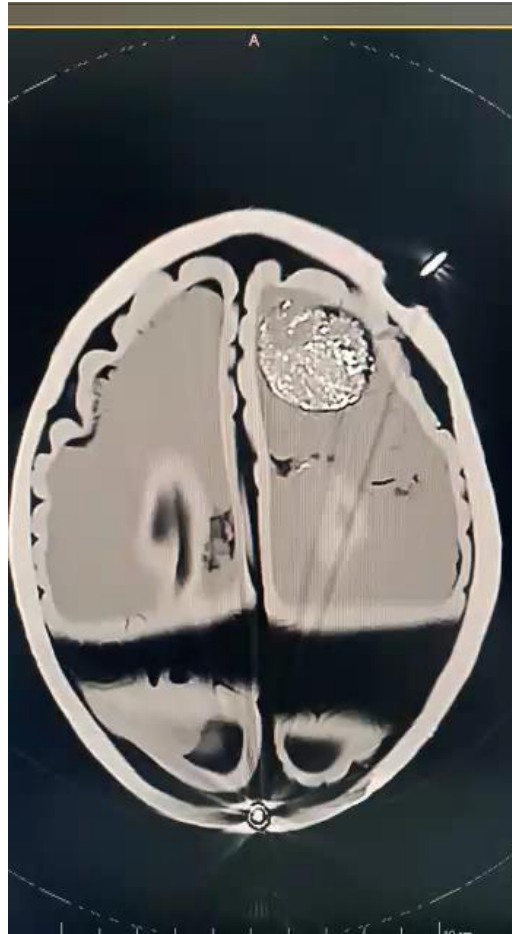
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 25 - Vídeo corte sagital – biópsia.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 26 - Vídeo corte axial – biópsia.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 27 - Uso dos óculos de realidade aumentada com o aplicativo IntravisionXR.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

5 DISCUSSÃO

O uso da RA tem sido cada vez mais frequente na prática médica. Ela permite sobreposição de imagens do paciente em tempo real sobre o campo cirúrgico. Por definição ela é a integração interativa entre o ambiente digital e o ambiente físico do usuário. Algumas vezes, definida também como realidade mista. Devemos diferenciar da RV, onde o ambiente é totalmente fechado e ao mesmo tempo estamos imersos completamente num mundo digital (Sharma, 2024).

As tecnologias mais comuns de neuronavegação e neuroimagem utilizam imagens bidimensionais para orientar a neuronavegação. No entanto, a integração de imagens pré-operatórias, no ambiente cirúrgico, fornece aos neurocirurgiões uma experiência tridimensional (3D), melhorando o planejamento cirúrgico e precisão. Foi demonstrado que a assistência cirúrgica com RA aprimora a neuronavegação, melhora o planejamento cirúrgico e reduz a duração do procedimento em neurocirurgia espinhal e craniana.

O uso de RA em neurocirurgia aumentou significativamente na última década. No campo da neuro-oncologia, a RA tem a capacidade de aprimorar o planejamento cirúrgico para tumores intradurais através do uso de projeções integradas à navegação intra-operatória na superfície do crânio. Desta forma, a craniotomia será menos invasiva para os pacientes, trazendo melhores resultados (Hey, 2023).

Recentemente, houve um maior número de publicação sobre RA em neurocirurgia de adultos. Por outro lado, o uso de RA em neurocirurgia pediátrica é comparativamente menor. No entanto, os sistemas RA são úteis para a compreensão das relações espaciais da anatomia com lesões neoplásicas desta faixa etária (Wu, 2024).

Há relato de uso dessa tecnologia no intra-operatório da ressecção de gliomas com um processo de registro contínuo e fornecendo ao cirurgião uma visão única da anatomia 3D sobreposta na cabeça do paciente. Tal método pode agregar um valor substancial a cirurgias cranianas complexas (Hunt, 2024).

Outro fato que deve ser mencionado é que tanto a RV, quanto a RA são úteis para a educação de estagiários de neurocirurgia. Há uma necessidade crescente de estratégias educacionais eficientes, baseados em RV e RA que permitam a prática de habilidades técnicas em um ambiente de baixo risco. Isso aumentam a confiança dos formandos, melhoram a sua compreensão da anatomia operatória e melhoram as técnicas cirúrgicas. As aplicações atuais e

futuras no treinamento neurocirúrgico, podem ser impactadas positivamente por esses métodos (Paro, 2022).

Uma revisão sistemática sugere que as tecnologias de RA e RV estão avançando muito no sentido de melhorar a assistência remota em neurocirurgia. Embora ainda em desenvolvimento e com uma necessidade melhoria técnica, a RA e RV remotas possuem um grande potencial para monitoramento de pacientes, educação neurocirúrgica e assistência cirúrgica à distância (Bocanegra-Becerra et al, 2024).

Quando vamos programar uma cirurgia para tumor cerebral precisamos localizar a lesão. Uma forma de localização é com o uso de neuronavegador. Outra forma é com uso de um sistema de estereotaxia. No segundo modo, há necessidade de fixar a cabeça do paciente com parafusos através de um halo craniano, o que é bastante incômodo para o paciente. É realizado o exame de TC com a cabeça fixada antes da operação e só então é encaminhado para a sala cirúrgica. Imaginamos criar um método alternativo, com menor custo e tempo cirúrgico e que permita que o cirurgião fique com as mãos livres.

No nosso estudo, utilizamos um modelo anatômico e nele introduzimos um objeto esférico plástico de aproximadamente 3 cm de diâmetro, ambos preenchidos com silicone, sendo que no último foi adicionado contraste não-iônico. A intenção foi simular uma lesão neoplásica que ficasse evidente na TC de crânio. As imagens geradas na TC do modelo anatômico em formato DICOM (um padrão para arquivamento e comunicação de exames de imagem digitais na medicina) foram trabalhadas por 02 softwares criados pelo laboratório de ciências da computação do Insper, liderados pelo Professor Luciano Pereira Soares.

Os softwares fizeram a interação com o modelo anatômico e com kinects (sensores de movimento). A interação entre software, kinect, óculos de realidade aumentada e modelo anatômico demonstrou a capacidade de localização da lesão artificial utilizando a tecnologia de RA. Uma segunda etapa foi realizada com apoio da empresa Artis, com o aplicativo Eximius AR que permitiu o uso da RA no aparelho de celular. As imagens também em formato DICOM foram enviadas para a Artis, que criou um modelo virtual com a lesão intracraniana em destaque.

O aplicativo reconhecia o modelo real e fazia a sobreposição automática do modelo virtual. A partir desse momento, foi realizada a perfuração no modelo anatômico (crânio) e colocação da agulha de biópsia, sendo guiada pela imagem fornecida pelo aplicativo de RA. Em seguida realizou-se uma nova TC do modelo onde conseguimos visualizar a trajetória da agulha de biópsia atingindo o alvo nos três planos (axial, sagital e coronal).

A terceira etapa foi realizada em parceria com a empresa Dicom Director. Enviamos as imagens DICOM do modelo que foram processadas pela empresa. Nos óculos de RA, Hololens 2, baixamos o software IntravisionXR da mesma empresa. Abrimos o modelo virtual no próprio Hololens e manualmente conseguimos sobrepor a imagem virtual sobre o modelo anatômico. Um recurso muito útil do IntravisionXR é um corte virtual que podemos fazer em todos os planos e todas as direções, visualizando a profundidade do modelo e evidenciando a lesão em coloração destacada. Esse último recurso é fundamental para uma melhor localização da lesão e entendimento da sua relação com estruturas vizinhas.

Podemos concluir que a RA é uma tecnologia extremamente útil para a neurocirurgia oncológica, tanto para planejamento pré-operatório quanto para a localização de lesões no intra-operatório e craniotomias. Isso torna os procedimentos minimamente invasivos e com maior precisão, proporcionando inclusive craniotomias menores. Com o trabalho tivemos a oportunidade ímpar de avaliar diferentes tecnologias e abrimos caminho para futuras parcerias.

Por fim criou-se um método para realização de procedimentos em neurocirurgia oncológica onde imagens podem ser transferidas para softwares desenvolvidos por empresas parceiras e transferidos para os óculos de realidade aumentada, Hololens 2. Foi desenhada e confeccionada uma agulha de biópsia própria para ser utilizada com o sistema. Esse é um primeiro passo para um projeto maior com objetivo de aplicar em paciente com lesões neoplásicas intracranianas. Também abre espaço para utilização em procedimentos percutâneos em outras localizações e diferentes finalidades, como punção ventricular intra-craniana ou punção discal, por exemplo.

6 CONCLUSÃO

Com o trabalho aplicado concluímos que a RA pode ser utilizada para a neurocirurgia oncológica aumentando a eficiência e reduzindo custos. Conseguimos utilizar um método de localização da lesão intracraniana diferente dos tradicionais, como estereotaxia e neuronavegação. Uma vantagem do método é que o cirurgião fica com as mãos livre durante o procedimento e não precisa retirar o olhar do campo cirúrgico. Além disso não há necessidade de utilização de parafusos de fixação de crânio como nos casos em que se opta pela estereotaxia. Lesões corticais e subcorticais são as mais adequadas para a indicação desse método.

Craniotomias menores e procedimentos menos invasivos podem ser realizados com realidade aumentada, reduzindo o tempo cirúrgico e morbidade. A visualização da imagem 3D permite uma melhor compreensão da relação das estruturas com a lesão neoplásica, contribuindo para proteger áreas eloquentes. Com essa tecnologia acreditamos que é possível também realizar outros procedimentos percutâneos utilizando-se do mesmo método, como por exemplo derivação ventricular externa e biópsia percutânea.

7. REFERÊNCIAS

Bocanegra-Becerra JE, Acha Sánchez JL, Castilla-Encinas AM, Rios-Garcia W, Mendieta CD, Quiroz-Marcelo DA, Alhwaishel K, Aguilar-Zegarra L, Lopez-Gonzalez MA. Toward a Frontierless Collaboration in Neurosurgery: A Systematic Review of Remote Augmented and Virtual Reality Technologies. *World Neurosurg.* 2024 Jul;187:114-121. doi: 10.1016/j.wneu.2024.04.048. Epub 2024 Apr 16. PMID: 38636636.

Cabrilo I, Bijlenga P, Schaller K. Augmented reality in the surgery of cerebral aneurysms: a technical report. *Neurosurgery.* 2014 Jun;10 Suppl 2:252-60; discussion 260-1. doi: 10.1227/NEU.0000000000000328. PMID: 24594927.

Esparragosa I, Díez-Valle R, Tejada S, Gállego Pérez-Larraya J. Management of diffuse glioma. *Presse Med.* 2018 Nov-Dec;47(11-12 Pt 2):e199-e212. doi: 10.1016/j.lpm.2018.04.014. Epub 2018 Oct 29. PMID: 30385181.

Figuerola J, Morell A, Bowory V, Shah AH, Eichberg D, Buttrick SS, Richardson A, Sarkiss C, Ivan ME, Komotar RJ. Minimally invasive keyhole temporal lobectomy approach for supramaximal glioma resection: A safety and feasibility study. *J Clin Neurosci.* 2020 Feb;72:57-62. doi: 10.1016/j.jocn.2020.01.031. Epub 2020 Jan 14. PMID: 31948883.

Hey G, Guyot M, Carter A, Lucke-Wold B. Augmented Reality in Neurosurgery: A New Paradigm for Training. *Medicina (Kaunas).* 2023 Sep 26;59(10):1721. doi: 10.3390/medicina59101721. PMID: 37893439; PMCID: PMC10608758.

Hunt R, Scarpace L, Rock JP. Intraoperative Augmented Reality for Complex Glioma Resection: A Case Report. *Cureus.* 2024 Apr 6;16(4):e57717. doi: 10.7759/cureus.57717. PMID: 38711731; PMCID: PMC11073547.

Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil / Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. – Rio de Janeiro : INCA, 2022.

Ivan ME, Eichberg DG, Di L, Shah AH, Luther EM, Lu VM, Komotar RJ, Urakov TM. Augmented reality head-mounted display-based incision planning in cranial neurosurgery: a prospective pilot study. *Neurosurg Focus*. 2021 Aug;51(2):E3. doi: 10.3171/2021.5.FOCUS20735. PMID: 34333466.

Malbos, A. N. A. et al. Aplicação da Realidade Aumentada para simulação de experimentos físicos em dispositivos móveis. In: 2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV). IEEE, 2014. p. 231-235.

Miller KD, Ostrom QT, Kruchko C, Patil N, Tihan T, Cioffi G, Fuchs HE, Waite KA, Jemal A, Siegel RL, Barnholtz-Sloan JS. Brain and other central nervous system tumor statistics, 2021. *CA Cancer J Clin*. 2021 Sep;71(5):381-406. doi: 10.3322/caac.21693. Epub 2021 Aug 24. PMID: 34427324.

Mishra R, Narayanan MDK, Umana GE, Montemurro N, Chaurasia B, Deora H. Virtual Reality in Neurosurgery: Beyond Neurosurgical Planning. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Feb 2;19(3):1719. doi: 10.3390/ijerph19031719. PMID: 35162742; PMCID: PMC8835688.

Paro MR, Hersh DS, Bulsara KR. History of Virtual Reality and Augmented Reality in Neurosurgical Training. *World Neurosurg*. 2022 Nov;167:37-43. doi: 10.1016/j.wneu.2022.08.042. Epub 2022 Aug 14. PMID: 35977681.

Reisch R, Stadie A, Kockro RA, Hopf N. The keyhole concept in neurosurgery. *World Neurosurg*. 2013 Feb;79(2 Suppl):S17.e9-13. doi: 10.1016/j.wneu.2012.02.024. Epub 2012 Feb 10. PMID: 22381839.

Sharma N, Mallela AN, Khan T, Canton SP, Kass NM, Steuer F, Jardini J, Biehl J, Andrews EG. Evolution of the meta-neurosurgeon: A systematic review of the current technical capabilities, limitations, and applications of augmented reality in neurosurgery.

Surg Neurol Int. 2024 Apr 26;15:146. doi: 10.25259/SNI_167_2024. PMID: 38742013; PMCID: PMC11090549.

Sutherland, Ivan (1965). The Ultimate Display. Proceedings of IFIP Congress, pp. 506-508.

Valerio Netto, A., Machado, L. D. S., & Oliveira, M. C. F. D. (2002). Realidade virtual-definições, dispositivos e aplicações.

Wu Y, Esguerra JM, Liang S, Low SY. Feasibility of Augmented Reality for Pediatric Giant Supratentorial Tumors: A Report of Three Cases. Cureus. 2024 Mar 22;16(3):e56750. doi: 10.7759/cureus.56750. PMID: 38523873; PMCID: PMC10960069.

Xu S, Tang L, Li X, Fan F, Liu Z. Immunotherapy for glioma: Current management and future application. Cancer Lett. 2020 Apr 28;476:1-12. doi: 10.1016/j.canlet.2020.02.002. Epub 2020 Feb 7. PMID: 32044356.