



UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ

**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA**

INTRODUÇÃO DA ROBÓTICA NA MEDICINA

ROBÔ DE ASSISTÊNCIA CIRÚRGICA

CARINA GOMES MANSANO

MARINGÁ – PR

2024

Carina Gomes Mansano

INTRODUÇÃO DA ROBÓTICA NA MEDICINA
ROBÔ DE ASSISTÊNCIA CIRÚRGICA

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecatrônica da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Mecatrônica, sob a orientação do Prof. Dr. Fernando Pereira Calderaro e coorientação da Prof. Camila Maria Galo.

MARINGÁ – PR

2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

CARINA GOMES MANSANO

INTRODUÇÃO DA ROBÓTICA NA MEDICINA

ROBÔ DE ASSISTÊNCIA CIRÚRGICA

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecatrônica da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Mecatrônica, sob a orientação do Prof. Dr. Fernando Pereira Calderaro e coorientação da Prof. Me. Camila Maria Galo.

Aprovado em: ____ de novembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Nome do professor – (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

INTRODUÇÃO DA ROBÓTICA NA MEDICINA

ROBÔ DE ASSISTÊNCIA CIRÚRGICA

Carina Gomes Mansano

RESUMO

Esta pesquisa tem finalidade de apresentar a introdução da robótica na medicina, com a aplicação de um robô de assistência cirúrgica. Evidenciando a aplicação de sistemas robóticos em procedimentos cirúrgicos. A pesquisa destaca que a cirurgia robótica tem revolucionado as práticas médicas, oferecendo vantagens como menor invasividade, redução do trauma cirúrgico, diminuição das complicações pós-operatórias e resultados funcionais superiores em comparação às técnicas tradicionais. Este estudo também evidencia desafios significativos, como o alto custo de aquisição e a manutenção dos robôs, como também da necessidade de treinamento especializado para os cirurgiões, o que pode limitar a acessibilidade em algumas regiões. Foram registradas mais de seis milhões de cirurgias assistidas por robôs realizadas no mundo até 2020.

Este trabalho ressalta a importância da colaboração entre tecnologia e conhecimento clínico para a evolução da prática médica, propondo que investimentos contínuos em inovação são essenciais para garantir a eficácia e segurança dos sistemas robóticos, para promover uma medicina mais eficiente e humanizada.

Palavras-chave: robótica, tecnologia, cirurgia robótica, acessibilidade, menor invasividade, trauma cirúrgico, treinamento especializado.

ABSTRACT

This research introduces the integration of robotics into medicine, specifically through the application of a surgical-assistance robot, with a focus on robotic systems in surgical procedures. The research indicates that robotic surgery has transformed medical practice, offering benefits such as minimally invasive techniques, reduced surgical trauma, fewer postoperative complications, and improved functional outcomes compared to traditional methods. The study also underscores significant challenges, including the high costs of acquisition and the maintenance of robotic systems and the need for specialized surgeon training, which may limit accessibility in certain regions. By 2020, over six million robot assisted surgeries had been performed globally.

This work emphasizes the importance of a collaboration between the technological innovation and the clinical expertise for advancing medical practice, proposing that continuous investment in innovation is essential to ensure the effectiveness and the safety of robotic systems, ultimately fostering more efficient and humanized healthcare.

Keywords: robotics, technology, robotic surgery, accessibility, less invasiveness, surgical trauma, specialized training.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia é usada para diversas áreas hoje em dia e há muito de se explorar, ainda mais na área da medicina. Já há diversos meios da tecnologia e robótica na medicina atual, como tecnologia assistiva, cirurgias assistidas por robôs, telemedicina, armazenamento de dados, tanto de pacientes como novas descobertas na área, robôs de pesquisa, auxílio da inteligência artificial (IA) para novas pesquisas ou em consulta, entre outros, assim, melhorando a qualidade e aumentando a eficiência do atendimento médico. O que permite que profissionais da saúde atendam, diagnostiquem, façam tratamentos e até mesmo cirurgias em pacientes a qualquer distância.

Especialistas da área vêm buscando cada vez mais inovar, pois acaba facilitando e agregando ao juntar a tecnologia e o conhecimento da prática humana, sendo todos beneficiados, tanto o médico que adere a essas tecnologias, quanto os pacientes que ficam mais informados e seguros.

Vários países estão investindo cada vez mais em eletrônicos para a área da saúde, segundo Eduardo Dantas e Rafaella Nogarolli (2020) pg. 15-16, a partir de 2017, 80% dos prontuários médicos e 100% dos registros hospitalares de pacientes nos Estados Unidos foram digitalizados, facilitando trocar informações como resultado desses arquivos, que são denominados “registros eletrônicos de saúde”.

Cada vez mais os robôs assistidos têm ganho o seu lugar em uma mesa de cirurgia, tornando os procedimentos com eles mais procurados pelos pacientes.

Com a robótica na medicina, os procedimentos podem ser feitos com o mínimo de invasividade, por mais de sua complexidade, assim, eliminando erros, garantindo qualidade e segurança.

A partir disso, focando na ideia da robótica na medicina, apresento neste trabalho as ideias básicas e aplicadas de como foi implementado e a implementação desse método até os dias atuais. Sendo assim, demonstro no decorrer do artigo o uso de um robô de assistência cirúrgica.

2 DESENVOLVIMENTO

A partir desta seção será apresentado o desenvolvimento do trabalho que demonstrará os tipos de tecnologia usadas na área da saúde, sua introdução e como se adaptou ao longo dos anos até os dias atuais, tanto na teoria quanto na prática.

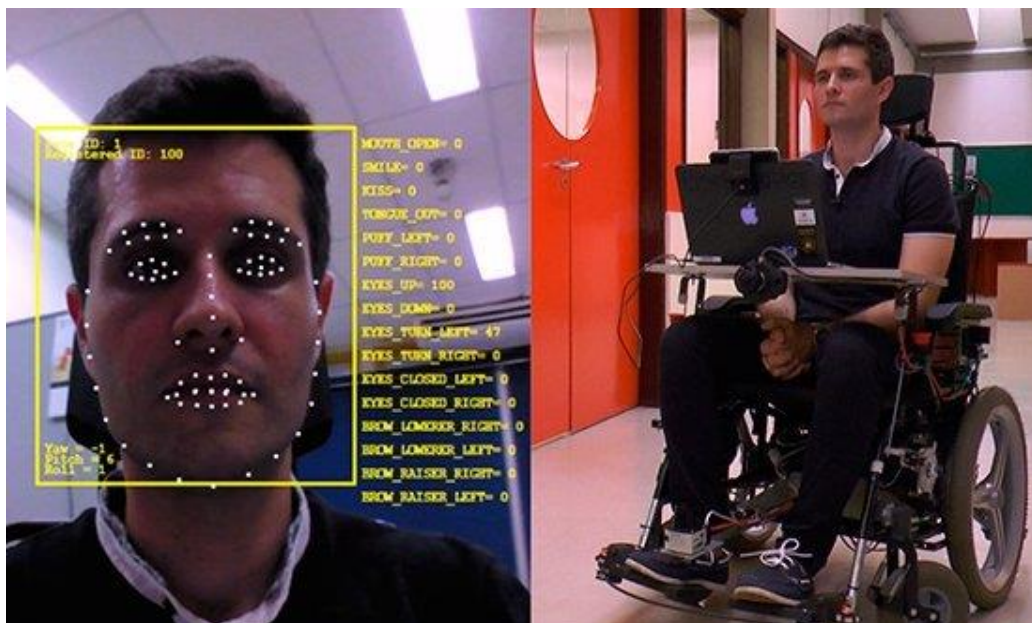
2.1 FUNDAMENTAÇÃO

Logo abaixo, será demonstrada a parte teórica do conjunto de estudos e pesquisas que melhor se encaixam com a ideologia do projeto.

2.1.1 Tipos de tecnologia na saúde

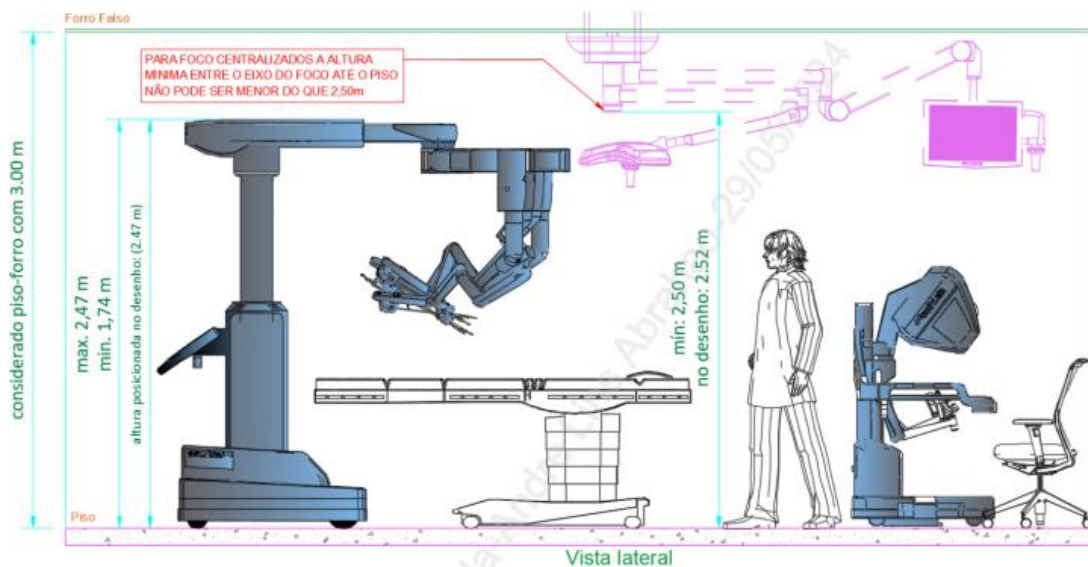
Na medicina dos dias atuais, existem vários meios da tecnologia sendo trabalhado, por meio da cirurgia robótica assistida, telemedicina, próteses robóticas, cadeiras de rodas robóticas, conforme a Figura 1 e 2, entre outras.

Figura 1 - Cadeira de rodas controlada por expressões faciais.



Fonte: Agência fapesp (2016)

Figura 2 - Sala com Foco Cirúrgico centralizado, a altura mínima do eixo entre o piso deve ser maior que 2.50 m.



Fonte: Strattner

2.1.2 Cirurgia robótica

Desde que a cirurgia robótica foi introduzida, vem sendo cada vez mais indicada. Com as operações menos incisivas e mais seguras, o uso do robô tem mostrado mais eficiência do que em uma cirurgia comum. Assim, melhorando a visualização dos órgãos, aproximando-os e sendo o menos invasivo possível, levando a um menor trauma e uma melhor cicatrização pós cirúrgica. Tudo isso controlado por um cirurgião com as pontas dos dedos, através de um console em formato de pinça que possibilita movimentos mais delicados.

No sistema robótico, em sua estrutura esquemática, o robô é composto do console do cirurgião, carro de vídeo e o carro do paciente.

Na Figura 3, é demonstrado o console em pinça do modelo denominado *Da Vinci X*, onde o cirurgião coloca as duas mãos, uma em cada console, posicionando os dedos em forma de pinça.

Figura 3 - Robô da Vinci X, Console em formato de pinça do cirurgião no Hospital Pilar em Curitiba-PR.



Fonte: Autor (2024)

Na Figura 4, podemos ver os três equipamentos do robô mais conhecido no meio de cirurgias assistidas, o *Da Vinci*. Esse em questão é o *Da Vinci X*, localizado no Hospital Pilar, na cidade de Curitiba, realizando em média uma cirurgia por dia. Ao lado esquerdo está o robô *Da Vinci*, e ao lado direito têm-se o console do cirurgião e o carro de visão.

Figura 4 - Robô da Vinci X, Console do cirurgião e carro de visão no Hospital Pilar em Curitiba-PR.



Fonte: Autor (2024)

2.1.2.1 Tipos de procedimentos cirúrgicos que são realizadas com a robótica

Nos dias atuais, com a cirurgia assistida são possibilitadas diversas áreas desse segmento, que segundo a revista da *Strattner* (2022) tais como a Ginecologia, para Histerectomia, Miomectomia e Endometriose; Urologia, para Prostatectomia, pleloplastia, Cistectomia radical e Nefrectomia; Cirurgia Geral, com o reparo de hérnia, Pancreatectomia e Colectomia; Bariátrica com os métodos Bypass Gástrico, gastrectomia *Sleeve* e a Bariátrica revisional; Colorretal para a Colectomia e Resserção Anterior baixa; Torácica, com a Lobotctomia e Pneumectomia.

Também temos para a Cabeça e Pescoço com a Cirurgia trasoral para tumores de faringe e acessos à distância para tumores cervicais; Cardíaca para a colocação de *Stentes*, quando o paciente sofre um infarto do Miocárdio e trocas de valvares que são as válvulas cardíacas (Strattner, 2022).

A mais comum é a prostatectomia, que é realizada através do *Da Vinci*, evitando danos colaterais em tecidos normalmente causados em cirurgias de vídeo e tendo uma recuperação pós-operatória de êxito 90%.

Figura 5 - Cirurgia cardíaca robótica, no Hospital Nossa Senhora das Graças em Curitiba-PR.



Fonte: Tribuna (2022).

2.1.2.2 Treinamento para a utilização dos robôs de cirurgia assistida

Para se trabalhar com a cirurgia assistida, o médico precisa passar por um treinamento com um simulador e atingir horas no mesmo, com isso, um hospital só

pode adquirir um robô de cirurgia assistida se houver um médico certificado e que já tenha feito horas no simulador.

Abaixo, temos a Figura 6 que mostra um tipo de simulador usado no treinamento de profissionais.

Figura 6 - Simulador FlexVR no Hospital Pilar em Curitiba-PR.



Fonte: Autor (2024).

2.1.2.3 Benefícios para os médicos e para os pacientes

Com a aprimoração da tecnologia, cada vez mais as pessoas acabam se beneficiando. Em uma pesquisa de -comparação do sangramento pós-operatório entre a cirurgia assistida por computador e a convencional na artroplastia total do joelho- feita em 2010, realizou-se um estudo com um grupo de 48 pacientes, que realizaram a cirurgia de artroplastia do joelho, com isso obtendo resultados significativos o grupo que fez com a cirurgia assistida, tendo uma drenagem sanguínea de 706 ml e o outro grupo com a convencional teve uma drenagem de 1.047 ml, atingindo uma diferença significativa de 341 ml ($p = 0,0005$). Segundo Costa e colaboradores:

Chegando a uma conclusão que com a artroplastia total do joelho assistida por computador, houve uma redução no volume da drenagem sanguínea e menor queda nos níveis de hemoglobina no pós-operatório comparada à abordagem cirúrgica convencional,

comprovada estatisticamente. (Costa AA, Fraga CLS, Macedo DG, Cabral FCCR. 2010;71(1):52-56.)

Tudo isso beneficiando o médico, melhorando sua visão, tremores das mãos e dando uma liberdade maior e delicadeza em seus movimentos. No pós-cirúrgico, os pacientes acabam preferindo a cirurgia assistida, pois são menores o sangramento, o tempo de internação e a dor pós cirúrgica, tendo uma necessidade menor de repouso, com as cicatrizes pós-operatório tão pequenas que chegam a ser imperceptíveis e na maioria das vezes 90% de resultados mais eficazes do que a cirurgia convencional.

2.1.4 SENSORES

Os sensores desempenham um papel fundamental nos robôs de cirurgia, pois seu funcionamento se baseia na transdução, que converte diferentes formas de energia, geralmente de sinais físicos para sinais elétricos. Essa conversão é crucial, pois permite que o robô processe e interprete com precisão os dados do ambiente, garantindo uma operação eficiente e segura durante os procedimentos cirúrgicos (Universal robots, 2024).

2.1.4.1 Sensor indutivo

Segundo WENDLING (2010), os sensores indutivos detectam a emissão de um sinal, sem o contato direto, isso acontece por esses sensores conterem uma bobina em torno de seu núcleo, assim, os elementos metálicos atravessam o seu campo magnético e convertem o sinal elétrico inelegível. Dessa forma, suas características técnicas podem ser observadas, por: não precisarem da energia mecânica para sua operação; funcionarem com velocidades altas de comutação, serem imunes a choques e vibrações mecânicas.

Na Figura 8, podemos visualizar um sensor indutivo.

Figura 8 - Sensor indutivo.



Fonte: Prodihl (2024)

2.1.4.2 Sensor capacitivo

Os sensores capacitivos operam a partir da geração de um campo eletrostático e são capazes de detectar as mudanças nesse campo. Isso acontece quando algo se aproxima da face ativa. As partes internas deste sensor são formadas por: ponta capacitiva, oscilador, retificador de sinal, circuito de filtragem e de saída (WENDLING, 2010).

Abaixo na Figura 9, a imagem de um sensor capacitivo.

Figura 9 - Sensor capacitivo.



Fonte: R.E. Control Store (2024).

2.1.5 HARDWARE E SOFTWARE

Hardware: As restrições de hardware nesse setor são notoriamente evidentes. Os sistemas robóticos para intervenções cirúrgicas são volumosos e requerem um

espaço operacional substancial, o que representa um desafio para salas de cirurgia já saturadas. Além disso, a fragilidade dos componentes robóticos os torna vulneráveis a danos e desgastes, resultando na necessidade de manutenção frequente e custosa. Também existem limitações no feedback tátil para os cirurgiões, que não conseguem sentir diretamente a pressão ou a textura dos tecidos, algo essencial em determinados procedimentos cirúrgicos (Schemberger, Konopatzki, 2024).

Software: A programação e o funcionamento de sistemas robóticos empregados em cirurgias são complexos. Desafios relacionados à interpretação de dados, latência na resposta do sistema e dificuldades na manipulação de interfaces de software podem influenciar a precisão e a eficácia da cirurgia. Ademais, há obstáculos na compatibilidade do software e a necessidade de atualizações regulares para garantir a segurança e eficiência do sistema, tornando esses sistemas bastante dispendiosos e rapidamente obsoletos (Schemberger, Konopatzki, 2024).

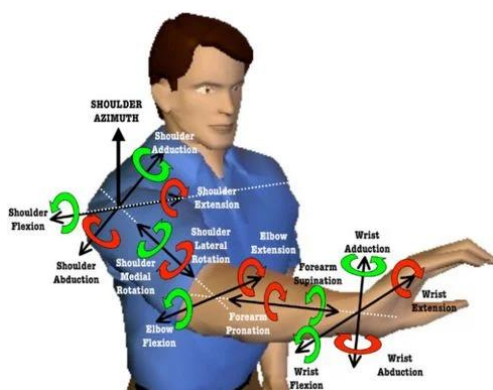
2.1.6 ROBÓTICA

2.1.6.1 GRAUS DE LIBERDADE

Na robótica, o termo Graus de Liberdade (GDL) refere-se ao conjunto de deslocamentos e rotações que um corpo ou sistema pode executar, por exemplo, o braço humano, sem contar os dedos da mão, possui 7 graus de liberdade, e isso é bem mais do que a maioria dos braços robóticos possui ou é capaz de possuir. (MATARIĆ, Maja J. *Introdução à robótica*. Editora Blucher, 2014).

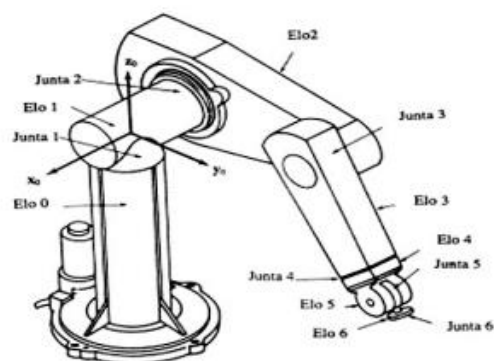
Nas Figuras 10 e 11, a comparação dos graus de liberdade de um braço humano e uma braço robótico.

Figura 10 – GDL braço humano.



Fonte: (Wang et al., 2018).

Figura 11 – GDL braço robótico.



Fonte: Lopes (2002).

Os GDL determinam os movimentos do braço no espaço bidimensional ou tridimensional, possuindo seis diferentes direções que podem se mover no espaço, que são elas: em translações (no eixo X, Y e Z) e rotação (Roll ou rolamento ao redor de X, Yaw ou Guinada ao redor de Y e Pitch ou Arfagem ao redor de Z). Um robô *Da Vinci* normalmente possui 4 GDL por braço, cada junta define um ou dois graus de liberdade, a soma total do GDL de um robô se dá na soma do GDL de todas as juntas (GOMES, Sinésio, 2014).

Tabela 1 – Demonstração das direções dos GDLs.

Translação	Rotação
X	Roll ou Rolamento
Y	Yaw ou Guinada
Z	Pitch ou Arfagem

Fonte: Autor (2024).

ELOS: Parte que compõe a estrutura do braço articulado, conectando-se por meio das juntas.

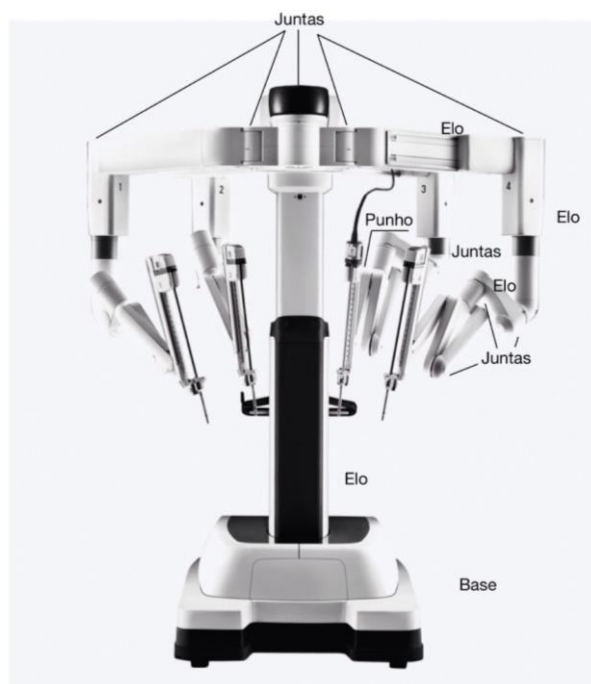
JUNTAS: Conexão entre os elos, proporcionam o movimento com flexibilidade e a articulação do braço.

PUNHO: Ligação de uma junta ao efetuator final, permitindo sua movimentação precisa.

EFETUADOR FINAL: Componente na extremidade do braço que interage com objetos para realizar a tarefa específica, que no caso serão as pinças, bisturi e instrumento de sutura.

Abaixo na Figura 12 uma demonstração dos elos, juntas, base e punho do robô da Vinci Xi.

Figura 12 - elos, juntas, base e punho do robô da Vinci Xi.



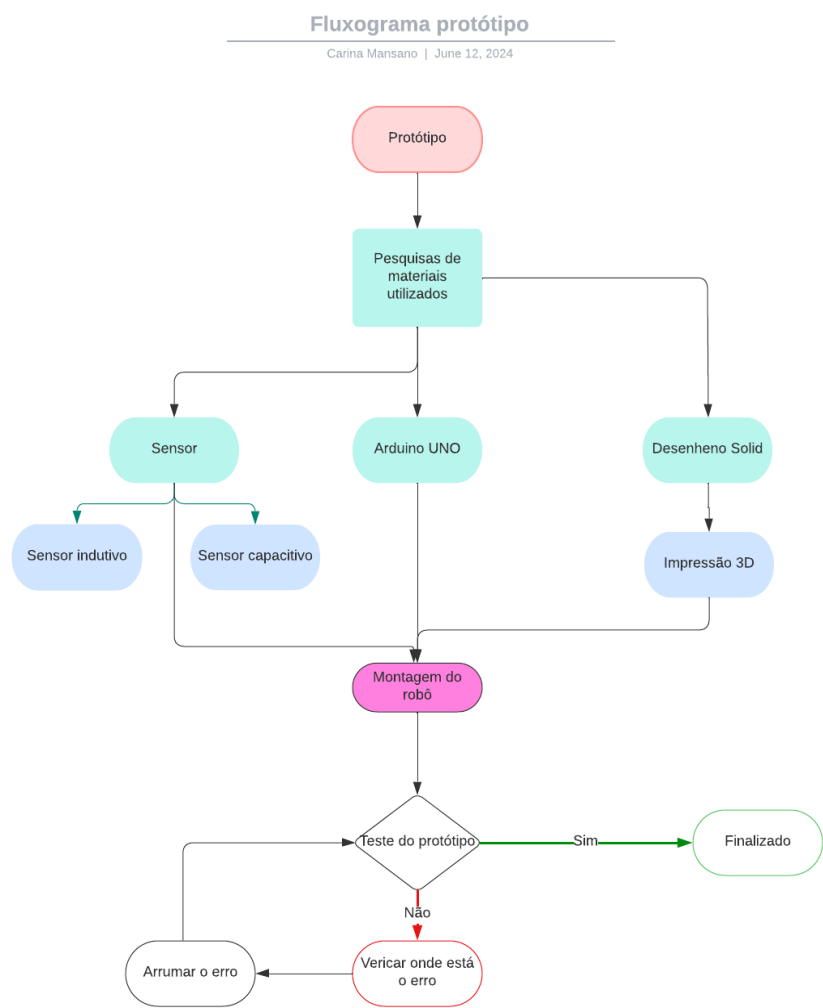
Fonte: Pedro Romanelli (2021) com adaptações da autora (2024).

2.2 Metodologia

Este trabalho demonstrará tanto o método quantitativo quanto o qualitativo, com uma base de caráter experimental, apresentando resultado de pesquisa em artigos, livros, pesquisa de campo, nas áreas de engenharia, eletrônica, medicinal, visando um melhor resultado que se adeque com o que a autora achou mais intrigante e relevante.

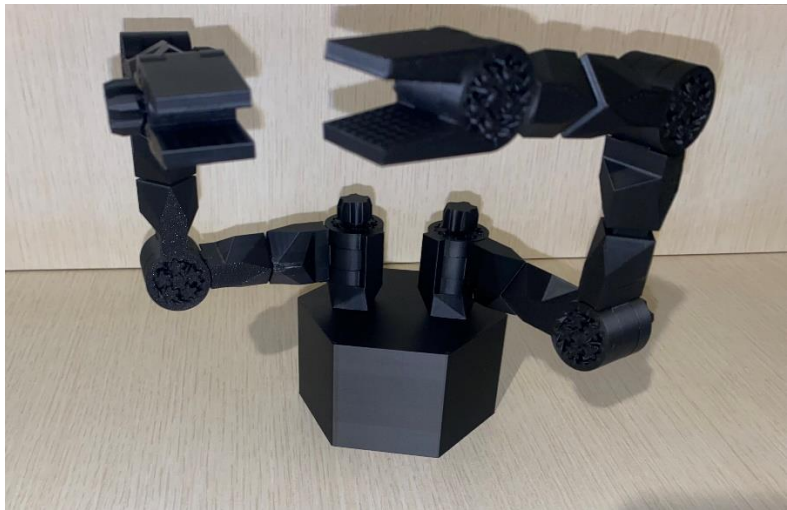
Com a finalidade experimental, o protótipo tem a ideia de demonstrar em pequena escala um robô de cirurgia assistida. Abaixo na Figura 13 o fluxograma da forma que será realizado o protótipo, e na Figura 14 imagem do protótipo impresso em uma impressora 3D.

Figura 13 – Fluxograma protótipo.



Fonte: Autor (2024).

Figura 14 – Protótipo.



Fonte: Autor (2024).

A partir da pesquisa desse trabalho, a autora foi atrás de conhecer mais sobre a cirurgia robótica, sendo assim, foi para a cidade de Curitiba no Paraná, onde conseguiu contato com uma engenheira biomédica no Hospital Pilar, que mostrou o robô *Da Vinci X* e o robô Rosa; e na cidade de Maringá-PR, onde conversou com um engenheiro elétrico no Hospital Geral Unimed que também possui o robô *Da Vinci X*, onde ambos falaram sobre as manutenções preventivas que ocorrem a cada 6 meses junto com a calibração dos braços, esse prazo é estabelecido pela *Intuitive Surgical*, empresa responsável pelos robôs e as manutenções corretivas, caso haja algum dano já existente, será preciso realizar um reparo para impedir a piora no quadro do equipamento.

No hospital de Maringá, a autora conseguiu entrar para conhecer como é feita a esterilização das pinças utilizadas na cirurgia assistida, onde é necessário equipamentos próprios para esse processo visando a reutilização. Abaixo fotos do passo a passo da esterilização sendo que todos acompanham e são para o sistema do robô *Da Vinci*. Na Figura 15, tem-se a máquina de descontaminação e lavagem das pinças, a qual remove sujeiras externas de pequenas fendas e superfície irregular, utilizando um jato químico carregado sonoramente, do modelo *InnoWave – PCF sonic irrigation*. Na Figura 16, é demonstrado o barômetro que marca a pressão utilizada no irrigador sônico, em uma medida de 2 bar, para ter uma limpeza correta e não danificar o instrumento, não podendo oscilar a sua pressão.

Figuras 15 e 16 - Máquina de lavagem e descontaminação.



Fonte: Autor (2024).

Logo após a lavagem sônica, o instrumento passa por uma esterilização por gás plasma de peróxido de hidrogênio do modelo Sistema *STERRAD 100NX* com

Tecnologia *ALLClear* (Figura 17). Na Figura 18 é um indicador biológico, que é acoplado no *Sterrad Velocity Reader* (Figura 19) que oferece uma maneira rápida e confiável de verificar a eficácia do ciclo de esterilização. Logo, na Figura 20, o processo final que é uma pinça esterilizada e embalada para o próximo uso.

Figura 17 – Sistema STERRAD 100NX.



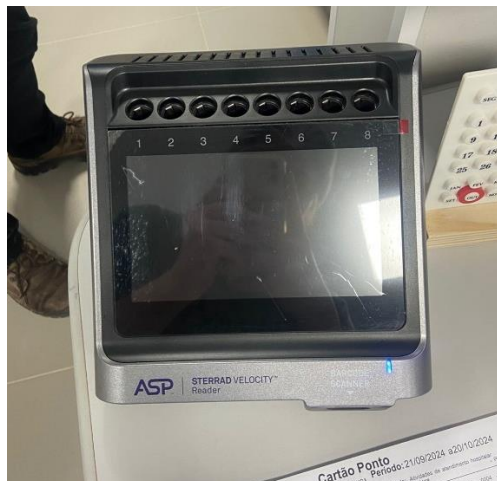
Fonte: Autor (2024).

Figura 18 – indicador biológico.



Fonte: Autor (2024).

Figura 19 – Sterrad Velocity Reader.



Fonte: Autor (2024).

Figura 20 – Pinça esterilizada e embalada.



Fonte: Autor (2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cirurgia robótica acaba tendo as suas vantagens, que são a precisão aprimorada, com seus controles robóticos possibilitam o cirurgião realizar movimentos finos e controlados; Redução de traumas cirúrgicos, como a cirurgia é realizada através de pequenas incisões, o trauma nos tecidos adjacentes são reduzidos significativamente em comparação a cirurgia tradicional, possibilitando menores dores pós cirúrgicas e reduzindo o risco de infecções, assim, reduzindo o uso de analgésicos; Recuperação mais rápida; Perda de sangue reduzida; Resultados funcionais melhores. Porém, também tem suas desvantagens que são o alto custo, tendo a aquisição e manutenção semestral do sistema robótico, além do custo para o treinamento dos cirurgiões; e a disponibilidade, que acaba sendo limitada em algumas regiões e a falta de profissionais especializados (LEÃO, Fernando, 2024).

A seguir na Tabela 2 com os custos dos robôs.

Tabela 2 – Modelos e custos dos robôs de cirurgia.

Modelo	valor do robô	valor da cirurgia
da Vinci X	16 milhões de reais	
da Vinci Xi	35 milhões de reais	20 a 25 mil reais

Fonte: Autor (2024).

4 CONCLUSÃO

Conclui-se a partir deste trabalho, que a robótica tem avançado cada vez mais na área da medicina, com a cirurgia robótica, tem muito de se avançar ainda, mas na visão atual, o parecer dos profissionais envolvidos, acaba sendo preferencialmente o uso da cirurgia robótica do que a cirurgia convencional, medindo por suas vantagens.

Este trabalho demonstrou o impacto transformador da tecnologia, especialmente da robótica na medicina contemporânea. A integração de sistemas robóticos nas práticas cirúrgicas não apenas revolucionou a forma como procedimentos complexos são realizados, mas também melhorou a segurança e a recuperação dos pacientes. Os dados apresentados evidenciam que a cirurgia robótica, com sua abordagem minimamente invasiva, reduz o trauma cirúrgico e diminui complicações pós-operatórias, oferecendo resultados significativamente superiores quando comparada às técnicas tradicionais.

No entanto, o avanço dessa tecnologia não é isento de desafios. O custo elevado de aquisição e manutenção dos robôs, juntamente com a necessidade de treinamento especializado para os cirurgiões, podem limitar sua acessibilidade em algumas regiões. Além disso, as limitações de hardware e software ressaltam a necessidade de investimento contínuo em pesquisa e desenvolvimento para superar barreiras técnicas e garantir a eficácia e a segurança desses sistemas.

À medida que a medicina avança, a colaboração entre tecnologia e conhecimento clínico se torna cada vez mais essencial. A formação de profissionais capacitados, aliada ao aprimoramento das tecnologias, pode proporcionar um futuro mais promissor, onde a cirurgia robótica se tornará uma prática comum e acessível, beneficiando ainda mais a qualidade do atendimento ao paciente. Este trabalho enfatiza, portanto, a importância de continuar a explorar e investir em inovações tecnológicas, não apenas para aprimorar as técnicas cirúrgicas, mas para promover uma medicina mais eficiente, segura e humanizada.

REFERÊNCIAS

A000066 Datasheet Arduino UNO R3, 2024. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>. Acesso em: 12 de junho de 2024.

Bersch, R. (2008). Introdução à tecnologia assistiva. *Porto Alegre: CEDI*, 21. Disponível em: http://inf.ufes.br/~zegonc/material/Comp_Sociedade/ZEGONC_Tecnologias_Assistivas_Livro_Introducao_TA.pdf. Acesso em: 08 de maio de 2024.

Cadeira de rodas é controlada por expressões faciais. **Inovações tecnológicas**, 2016. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=cadeira-rodas-controlada-expressoes-faciais&id=010180160505>. Acesso em: 29 de maio de 2024.

Carrara, V. (2015). Introdução à robótica industrial. *São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-Inpe*. Disponível em: https://anadem.org.br/wp-content/uploads/2023/02/Revista-de-Direito-Medico-e-da-Saude-21_web_simples.pdf#page=13. Acesso em: 08 de maio de 2024.

Costa AA, Fraga CLS, Macedo DG, Cabral FCCR. Comparação do sangramento pós-operatório entre a cirurgia assistida por computador e a convencional na artroplastia total do joelho. *Arq Bras Med Naval*.2010;71(1):52-56. Disponível em: file:///C:/Users/CARIN/Downloads/ABMN_2010SAOSrevisaodaliteratura.pdf. Acesso em: 08 de maio de 2024.

DOMENE, C. E. (2014). Cirurgia robótica-um passo em direção ao futuro. *ABCD. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo)*, 27, 233-233. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abcd/a/5bVJwymdr8SbrKNhNGbrJ3n/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 de junho de 2024.

GOMES, Sinésio (2014). Controle e Automação Industrial III. Disponível em: <https://controleeautomacaoindustrial3.blogspot.com/2014/05/>. Acesso em: 13 de outubro de 2024.

Hospital de Curitiba realiza primeira cirurgia de coração com robô. **Tribuna**, 2022. Disponível em: <https://www.tribunapr.com.br/noticias/curitiba-regiao/hospital-de-curitiba-realiza-primeira-cirurgia-de-coracao-com-roboto/>. Acesso em: 08 de maio de 2024.

LUGÃO, Anderson Cezar de A. BATISTA, João Ricardo. FRANCO, Alex Ribeiro. Paletização automática através de braço robótico controlada por microcontrolador Arduino, 2019. Disponível em: file:///C:/Users/CARIN/Downloads/753-2521-1-PB.pdf. Acesso em: 29 de maio de 2024.

ROMANELLI, Pedro (2021). **Da Vinci Xi: quais as inovações do sistema cirúrgico mais avançado da Intuitive Surgical**. Disponível em: <https://urocirurgia.com.br/da-vinci-xi-as-inovacoes-do-sistema-mais-avancado-intuitive-surgical/>. Acesso em: 13 de outubro de 2024.

Sensor capacitivo M30CR30-15DP NA PNP 10-30Vdc CABO 2m 3 fios - Sn 15mm - AOTORO. R.E. CONTROL STORE, 2024. Disponível em: <https://www.recontrolstore.com.br/sensores/capacitivo/sensor-capacitivo-m30-cr30-15dp-na-pnp-10-30vdc-cabo-2m-4-fios-sn-15mm-aotoro>. Acesso em: 08 de junho de 2024.

Sensores indutivos. PRODIHL, 2024. Disponível em: <https://www.prodihl.com.br/sensor-indutivo/>. Acesso em: 08 de junho de 2024.

SIMPLÍCIO, Paulo Victor Galvão. LIMA, Beatriz Rêgo. JUNKES, Janaína Accordi. **MANIPULADORES ROBÓTICOS INDUSTRIAIS**. Disponível em: file:///C:/Users/CARIN/Downloads/amchagas,+Artigo+7.pdf. Acesso em: 13 de outubro de 2024.

Strattner (2022). Você merece um cuidado especial: cirurgia robótica da Vinci, 2ª edição. Disponível em: https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms%2Ffiles%2F92290%2F1696888304E-book_CIRURGIA_ROBOTICA-2023.pdf. Acesso em: 08 de maio de 2024.

Strattner. Site planning guide - da Vinci Xi. Disponível em: file:///C:/Users/CARIN/Downloads/SP-DVS-032%20-%2005%20-

%20Site%20Planning%20Guide%20Da%20Vinci%20Xi_Ver00_Rev04.pdf. Acesso em: 08 de maio de 2024.

Universal robots, 2024. **Sensores de proximidade na robótica: entenda suas aplicações e usos.** Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/sensores-de-proximidade-na-rob%C3%B3tica-entenda-suas-aplicac%C3%B5es-e-usos/#:~:text=Sensores%20na%20rob%C3%B3tica%20s%C3%A3o%20dispositivos,ser%20interpretados%20por%20um%20rob%C3%B4>. Acesso em: 04 de novembro de 2024

Wang, Zhiming & Cai, Zhenglong & Cui, Lizheng & Pang, Changfu. (2018). Structure Design And Analysis Of Kinematics Of An Upper-limbed Rehabilitation Robot. MATEC Web of Conferences. 232. 02033. 10.1051/mateconf/201823202033. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/The-seven-principal-degrees-of-freedom-of-the-human-armadapted-from-4_fig2_329039448. Acesso em: 13 de outubro de 2024.

Warley Monteiro Araujo, Maxwell Machado Cavalcante, Rogério Oliveira da Silva. Visão geral sobre microcontroladores e prototipagem com Arduino, 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/CARIN/Downloads/1357-Texto%20do%20Artigo-3916-1-10-20190808.pdf>. Acesso em: 29 de maio de 2024.

WENDLING, Marcelo (2010). Sensores. Unesp. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55868161/4---sensores-v2.0-libre.pdf?1519275237=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3Dunesp_UNIVERSIDADE_ESTADUAL_PAULISTA.pdf&Expires=1717856648&Signature=GStad~JfFobovaJBGy03hpRk1QdCBNZTEfLrX0A68RR-tOY-xLiZgCXrbIRorcuPVL~UwceOvxpci-9smKQfBgsw4JXXxt-WP9qWVHmnFW5WsqZ6JY80GrOaFuaZt0n4XCGpLqI-ZcO9R2Ft1wOJIdPlwTKerPzID2YGr2M6G-M150oCgJEScNNk36Gw9cdjY-M0KF0D5XDFmk-VMq6LDb2CAVu4UyNhUud5xbQsRtpaC6jLYACvYF7cUKzJb4KoB4nIO44PJgrFp87SKe8mmH9vqEwAFuv6TKTZ6qoCH-8Ft3Mu2Qzeeno1lwn9RElceiLbQhIXITu1oE0Uf6kw_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 08 de junho de 2024.

LEÃO, Fernando. (2024). Quais são as vantagens e desvantagens da cirurgia robótica?. Disponível em: <https://drfernandoleao.com.br/quais-sao-as-vantagens-e-desvantagens-da-cirurgia-robotica/>. Acesso em: 18 de outubro de 2024.

PEDERSEN, Jorgen. Bi-manual Dexterous Manipulation for Maritime Explosive Ordnance Disposal. Aerospace & Defense Technology Magazine. Mai. de 2016. Disponível em: <https://www.aerodefensetech.com/component/content/article/adt/features/articles/24645>>. Acesso em: 13 de outubro de 2024.

SCHEMBERGER, Elder; KONOPATZIKI, Evandro. Robótica Cirúrgica: Estado da Arte e Perspectivas Científicas. Robótica Cirúrgica: Estado da Arte e Perspectivas Científicas Schemberger et. al. Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences Volume 6, Issue 1 (2024), Page 1161-1175. Disponível em: <https://bjih.s.emnuvens.com.br/bjih/article/view/1263/1440>. Acesso em: 18 de outubro de 2024.