

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES  
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO



ANÁLISE DE APLICAÇÕES DE ROBÔS EM CIRURGIA

IGOR RAUAN LAGARES DE SÁ

GOIÂNIA

2023

IGOR RAUAN LAGARES DE SÁ

ANÁLISE DE APLICAÇÕES DE ROBÔS EM CIRURGIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica e de Artes, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Dr. Sibelius Lellis Vieira

Banca examinadora: Profa. Ma. Mírian Sandra Rosa Gusmão,

Prof. Me. André Luiz Alves

GOIÂNIA

2023

IGOR RAUAN LAGARES DE SÁ

ANÁLISE DE APLICAÇÕES DE ROBÔS EM CIRURGIA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em sua forma parcial pela Escola Politécnica e de Artes, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação, em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

---

Orientador: Prof. Dr. Sibelius Lellis Vieira

---

Prof. Ma. Mírian Sandra Rosa Gusmão

---

Prof. Me. André Luiz Alves

GOIÂNIA

2023

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é realizar uma apresentação das aplicações de robôs na cirurgia, no contexto da Engenharia de Computação. O trabalho envolve investigar as principais aplicações de robôs em especialidades cirúrgicas como urologia, ginecologia, cardiologia e gastroenterologia. É feito um estudo das tecnologias e sistemas utilizados nesses robôs cirúrgicos, abrangendo áreas como controle, visão computacional, comunicação entre dispositivos e segurança. São apresentados os resultados clínicos obtidos com o uso de robôs cirúrgicos em comparação com os métodos tradicionais, considerando parâmetros como precisão, tempo de recuperação, perda de sangue, tamanho das incisões e qualidade de vida dos pacientes. É realizada uma revisão das pesquisas recentes e dos avanços tecnológicos na área da robótica cirúrgica, explorando tendências futuras, desafios e oportunidades para o desenvolvimento de novos sistemas e técnicas. A metodologia adotada envolve revisão bibliográfica, estudos de caso e análise crítica de dados relevantes, a fim de embasar as conclusões. Espera-se que este TCC contribua para a compreensão das aplicações de robôs na cirurgia, fornecendo subsídios para profissionais da saúde e engenheiros de computação. A análise das aplicações de robôs cirúrgicos promove o avanço da medicina, melhorando a precisão dos procedimentos, reduzindo riscos e otimizando resultados clínicos.

**Palavras-chave:** Robôs, cirurgia robótica, controle, automação.

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to present the applications of robots in surgery, in the context of Computer Engineering. The work involves investigating the main applications of robots in surgical specialties such as urology, gynecology, cardiology and gastroenterology. A study is made of the technologies and systems used in these surgical robots, covering areas such as control, computer vision, communication between devices and security. Clinical results obtained with the use of surgical robots are presented in comparison with traditional methods, considering parameters such as precision, recovery time, blood loss, size of incisions and quality of life of patients. A review of recent research and technological advances in the area of surgical robotics is carried out, exploring future trends, challenges and opportunities for the development of new systems and techniques. The adopted methodology involves bibliographic review, case studies and critical analysis of relevant data, in order to support the conclusions. It is hoped that this TCC will contribute to the understanding of robot applications in surgery, providing subsidies for health professionals and computer engineers. The analysis of surgical robot applications promotes the advancement of medicine, improving the accuracy of procedures, reducing risks and optimizing clinical outcomes.

**Keywords:** Robot, robot surgery, control, automation.

## LISTA DE ABREVIATURAS

3D - Três dimensões

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

API - Interface de Programação de Aplicativos (Application Programming Interface)

CAD - Desenho Assistido por Computador (Computer-Aided Design)

CAM - Manufatura Assistida por Computador (Computer-Aided Manufacturing)

CGE/GO - Controladoria Geral do Estado de Goiás

DC - Corrente Contínua

EPI - Equipamento de Proteção Individual

EC - Engenharia de Computação

FDA – Administração de Alimentos e Medicamentos (Food and Drug Administration)

IA - Inteligência Artificial

IoT - Internet das Coisas

LED - Diodo Emissor de Luz

RPM - Rotações por Minuto (Revolutions Per Minute)

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> O robô AESOP.....	15
<b>Figura 2.</b> Esquema de um manipulador robótico PUMA 560.....	16
<b>Figura 3.</b> Médico movimenta dedos inseridos em dedais para “guiar” o robô.....	23
<b>Figura 4.</b> Console de controle, um sistema de visualização e o robô cirúrgico.....	25
<b>Figura 5.</b> Itens do robô VINCI.....	26
<b>Figura 6.</b> Mais itens do robô VINCI.....	28

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>1.1 Justificativa</b> .....	10
<b>1.2 Objetivo geral</b> .....	12
<b>1.2.1 Objetivos específicos</b> .....	12
<b>1.3 Estrutura do trabalho</b> .....	12
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
<b>2.1 História da cirurgia robótica</b> .....	14
<b>2.1.1 As origens da cirurgia robótica e seus pioneiros</b> .....	15
<b>2.1.2 A evolução dos robôs cirúrgicos ao longo do tempo</b> .....	16
<b>2.1.3 A adoção da cirurgia robótica na prática clínica</b> .....	17
<b>2.1.4 A expansão das aplicações da cirurgia robótica em diferentes especialidades médicas</b> .....	18
<b>2.1.5 As vantagens e desvantagens da cirurgia robótica em relação a outras técnicas cirúrgicas</b> .....	19
<b>2.1.6 O treinamento necessário para cirurgião robótico</b> .....	20
<b>2.1.7 O custo da cirurgia robótica e seu impacto na assistência médica</b> ....	21
<b>2.1.8 As perspectivas futuras da cirurgia robótica e as tecnologias emergentes</b> .....	21
<b>2.2 Funcionamento do sistema</b> .....	22
<b>2.2.1 Tecnologia da cirurgia robótica: hardware</b> .....	23
<b>2.2.2 Tecnologia da cirurgia robótica: software</b> .....	24
<b>2.2.3 Segurança e confiabilidade da cirurgia robótica: riscos e precauções</b> .....	25
<b>2.2.4 Cirurgia realizada por robôs: procedimento e funcionamento</b> .....	26
<b>2.2.4.1 A importância da habilidade e destreza do cirurgião e o uso de simuladores para minimizar riscos durante a operação</b> .....	26
<b>2.2.4.2 Tecnologia avançada na cabine do cirurgião para precisão e controle refinados</b> .....	27

2.2.4.3 Funções dos pedais e uso de inteligência artificial para minimizar tremores durante a operação.....	27
2.2.4.4 Braços do robô cirúrgico e suas funções específicas.....	28
2.2.4.5 Visibilidade aprimorada para a câmera sem danos ao corpo.....	28
2.2.4.6 Distância entre cirurgião e paciente, papéis da equipe médica e importância da comunicação e trabalho em equipe.....	28
2.3 Perspectivas e desafios e tendências.....	29
2.3.1 As perspectivas futuras da cirurgia robótica e as tecnologias emergentes.....	30
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
3.1 Materiais.....	31
3.2 Métodos.....	31
<b>4. DISCUSSÃO.....</b>	<b>32</b>
4.1 Equipamento.....	32
4.1.1 Tipos de motores e suas especificações.....	32
4.1.2 Tipo de hardware utilizado.....	32
4.1.3 Graus de movimento.....	32
4.1.4 Torque.....	32
4.1.5 Câmera e sensores .....	33
4.1.6 Software e algoritmos.....	33
4.1.7 Iluminação.....	33
4.1.8 Ferramentas cirúrgicas.....	34
4.1.9 Noções de espaço ou geometria.....	34
4.1.10 Considerações finais.....	34
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXO I – Termo de publicação de produção acadêmica.....</b>	<b>45</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A palavra "robô" surgiu no início do século XX, originada da palavra tcheca "robota", que significa "trabalho". Foi cunhada por Joseph Capek em sua peça "Rossum's Universal Robots" em 1921, porém acabou sendo corrompida para se referir a tarefas repetitivas orientadas para máquinas (Morrell et al., 2020). A robótica na área da cirurgia tem se beneficiado das técnicas de computação relacionadas à telepresença e realidade virtual. A realidade virtual é uma tecnologia que utiliza uma interface para conectar os usuários, proporcionando uma experiência imersiva e realista.

Nas últimas décadas, a robótica tem sido utilizada em cirurgias, e nos últimos anos, houve um crescimento significativo devido ao avanço de novas tecnologias e seus resultados, especialmente em procedimentos minimamente invasivos, pois a robótica tem demonstrado benefícios como melhor visualização, destreza superior e maior precisão (GOMES, 2021).

As especialidades médicas que mais têm se beneficiado da robótica nos últimos cinco anos são coloproctologia, ginecologia e urologia. O sistema da Vinci é um exemplo de robô cirúrgico utilizado nessas áreas, oferecendo visão tridimensional e capacidade de realizar cirurgias mais complexas (YI et al., 2022).

Apesar de seu custo elevado, a cirurgia robótica é procurada devido aos benefícios que traz, principalmente em relação ao tempo de recuperação do paciente, que é mais rápido em comparação às cirurgias convencionais. Diante desse contexto, este projeto tem como objetivo investigar a evolução da cirurgia robótica e o funcionamento do sistema, respondendo à seguinte questão de pesquisa: Qual a evolução da cirurgia robótica e como funciona o sistema e sua relação com os princípios da engenharia de computação?

### 1.1 Justificativa

A pesquisa em Engenharia de Computação sobre robôs cirúrgicos justifica-se pela importância crescente da robótica cirúrgica na medicina

moderna, proporcionando procedimentos mais precisos e seguros. Essa relevância é evidenciada pela necessidade de conhecimentos interdisciplinares, como mecânica, eletrônica, software e controle, bem como habilidades de comunicação e trabalho em equipe, para contribuir efetivamente no desenvolvimento e aprimoramento da robótica cirúrgica.

A metodologia adotada, baseada em pesquisa bibliográfica com abordagem exploratória e descritiva, fortalece a fundamentação teórica e a credibilidade do estudo, permitindo investigar a evolução histórica, especificações técnicas e relações entre variáveis da robótica cirúrgica.

Os resultados obtidos destacam aspectos essenciais para ingressar na indústria de robôs cirúrgicos, como conhecimento dos diferentes tipos de motores, hardware, conceitos de torque, câmeras, desenvolvimento de software e algoritmos, requisitos de iluminação, ferramentas cirúrgicas e noções de espaço ou geometria. Essas descobertas fornecem informações valiosas para estudantes e profissionais interessados em trabalhar nessa área em constante desenvolvimento.

A pesquisa enfatiza a importância da robótica cirúrgica na medicina, ressaltando sua capacidade de oferecer maior precisão, redução do tempo de recuperação e segurança durante os procedimentos, resultando em melhorias na saúde e qualidade de vida dos pacientes. Além disso, destaca o aprendizado enriquecedor proporcionado aos estudantes de Engenharia de Computação, com desafios na integração de sistemas e tecnologias, reforçando a relevância do estudo para a formação acadêmica e profissional.

É ressaltada a necessidade de especialização e abordagem interdisciplinar na área de robôs cirúrgicos, acompanhando os constantes avanços e tendências. Essa justificativa reforça a importância contínua da qualificação dos profissionais para lidar com os desafios em constante evolução da robótica cirúrgica, além de evidenciar a responsabilidade ética e a necessidade de rigor e precisão no desenvolvimento de soluções para a área médica, garantindo a segurança e o bem-estar dos pacientes durante os procedimentos cirúrgicos assistidos por robôs.

Em conclusão, a pesquisa em Engenharia de Computação sobre robôs cirúrgicos contribui para o avanço da medicina, oferecendo procedimentos menos invasivos e mais precisos. Essa pesquisa possui potencial para impulsionar a inovação, abrir oportunidades de carreira e aliar conhecimentos técnicos e éticos, assegurando a segurança e o bem-estar dos pacientes. A justificativa para o estudo se baseia nessas considerações, ressaltando a relevância do TCC e sua contribuição para o avanço da robótica cirúrgica e medicina moderna.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Geral**

O objetivo geral deste trabalho é principalmente investigar a evolução da Cirurgia Robótica e a apresentar o funcionamento do sistema no auxílio a tomada de decisão dos operadores e sua relação com os fundamentos de engenharia de computação.

#### **1.3.2 Específicos**

Para alcançar o objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Conceituar e apresentar os sistemas de robôs.
- Realizar pesquisas sobre o sistema de cirurgia robótica.
- Proporcionar uma visão para um estudante de engenharia de computação sobre a área.
- Apresentar as áreas da medicina que utilizam cirurgia robótica.

### **1.4 Estrutura da pesquisa**

O presente documento encontra-se organizado em quatro capítulos, conforme descrito a seguir:

O Capítulo 1 traz a introdução do trabalho, abrange a importância e um pouco da história da robótica cirúrgica na medicina, justificativa, o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa realizada e a estrutura deste documento.

O Capítulo 2 contém uma visão geral dos fundamentos teóricos que embasaram o desenvolvimento do método proposto, perpassando pela história da cirurgia robótica, funcionamento de um sistema projetado para as cirurgias robóticas e as perspectivas, desafios e tendências da área.

No capítulo 3 é descrito o tipo de pesquisa adotado, bem como os métodos utilizados, como pesquisa exploratória e descritiva, com base em pesquisa bibliográfica. Sucessivamente são apresentados os materiais necessários para a investigação proposta.

O Capítulo 4 abrange as considerações sobre os assuntos abordados, e as relações com os fundamentos da engenharia de computação.

Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões deste trabalho e sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico são apresentados os conceitos abordados no decorrer do projeto, tais como a fundamentação sobre a cirurgia robótica, seu histórico, evolução, aplicação na prática médica, custos, tecnologias, uso de recursos de software e hardware entre outros.

### 2.1 História da cirurgia robótica

A história da cirurgia robótica remonta ao final dos anos 80, quando o Programa de Cirurgia Robótica do Exército dos Estados Unidos desenvolveu o PUMA 560, que foi utilizado pela primeira vez somente em 1985. Esse robô foi inicialmente usado em procedimentos de biópsia e, posteriormente, em cirurgias urológicas (CAMPOS et al., 2009).

O uso da cirurgia robótica cresceu rapidamente a partir de 1990, especialmente na Europa, com o desenvolvimento de novos robôs, como o AESOP ilustrado na figura 1 e ZEUS (CAMPOS et al., 2009). O sistema AESOP, foi lançado em 1994. Desde então, a tecnologia da cirurgia robótica evoluiu consideravelmente, com o surgimento de novos robôs cirúrgicos, como o da Vinci, que em 2000 foi o primeiro robô cirúrgico aprovado pelo *Food and Drug Administration* (FDA), e a sua utilização em diversas especialidades médicas, como cirurgia cardíaca, ginecológica, gastrointestinal e ortopédica (SCHREUDER et al., 2016).

Os benefícios da cirurgia robótica incluem a minimização de incisões, a redução de perda de sangue, o menor tempo de internação e a recuperação mais rápida (CAMPOS et al., 2009). A utilização da cirurgia robótica na cardiologia, por exemplo, tem se mostrado eficaz em procedimentos como a cirurgia de revascularização miocárdica e a substituição de válvulas cardíacas (VAN DER POEL et al., 2008).

Na urologia, a cirurgia robótica também começou a ser utilizada na década de Noventa, principalmente em procedimentos de prostatectomia radical. A tecnologia permitiu uma abordagem minimamente invasiva para o

tratamento do câncer de próstata, com menor tempo de recuperação e menor risco de incontinência e impotência (VAN DER POEL *et al.*, 2008).

Na ginecologia, a cirurgia robótica começou a ser utilizada na década de 2000, principalmente em procedimentos de histerectomia. A tecnologia permitiu uma abordagem minimamente invasiva para o tratamento de doenças ginecológicas, com menor dor pós-operatória, menor tempo de recuperação e menor risco de complicações (CAMPOS *et al.*, 2009).

Portanto, a cirurgia robótica tem se expandido em diversas especialidades médicas, com o objetivo de oferecer melhores resultados clínicos e qualidade de vida aos pacientes. Na figura 1 é ilustrado o robô AESOP.

**Figura 1.** Robô AESOP

Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/Automated-endoscopic-system-for-optimal-positioning-AESOP\\_fig2\\_344744349](https://www.researchgate.net/figure/Automated-endoscopic-system-for-optimal-positioning-AESOP_fig2_344744349)



### 2.1.1 As origens da cirurgia robótica e seus pioneiros

A cirurgia robótica é uma técnica avançada que permite ao cirurgião manipular instrumentos cirúrgicos remotamente, através de um sistema robótico. Embora a cirurgia robótica seja relativamente nova, a história da sua criação remonta ao final da década de 1980.

Um dos primeiros protótipos de um sistema cirúrgico robótico foi desenvolvido por Victor Scheinman, em 1983, na Universidade de Stanford, na Califórnia. Scheinman criou o PUMA 560 (sigla em inglês para "*Programmable Universal Machine for Assembly*"), um braço robótico que tinha seis eixos de movimento, permitindo sua utilização em diversas áreas, inclusive na cirurgia.

Em 1985, o cirurgião Yik San Kwok começou a trabalhar em parceria com a empresa Unimation, para desenvolver um sistema robótico de cirurgia. Em 1988, eles lançaram o primeiro sistema cirúrgico robótico, o PUMA 560 ilustrado na figura 2, que permitia realizar procedimentos cirúrgicos mais precisos.

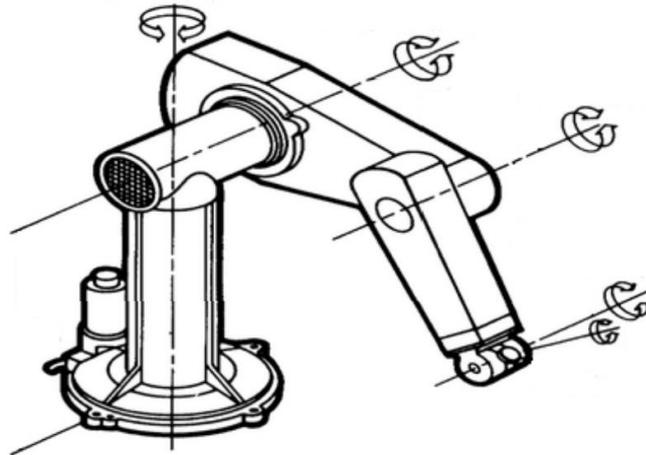
Em 1990, o cirurgião Phil Green, da Universidade de Cincinnati, utilizou o PUMA 560 para realizar uma biópsia de próstata em um paciente. Esta foi a primeira vez que um sistema robótico foi utilizado em uma cirurgia.

Em 1997, a empresa Intuitive Surgical lançou o sistema robótico da Vinci, que permitia realizar cirurgias laparoscópicas minimamente invasivas. O da Vinci é considerado o sistema mais avançado de cirurgia robótica até hoje e é utilizado em todo o mundo.

Embora a cirurgia robótica ainda seja considerada uma técnica relativamente nova, ela tem sido cada vez mais utilizada em hospitais em todo o mundo. À medida que a tecnologia avança, é provável que a cirurgia robótica se torne ainda mais comum e mais acessível a um número maior de pacientes.

**Figura 2.** Esquema de um manipulador robótico PUMA 560

Fonte: <https://grabcad.com/requests/puma-560> (modificado)



### 2.1.2 A evolução dos robôs cirúrgicos ao longo do tempo

A cirurgia robótica é uma das áreas mais inovadoras da medicina moderna, permitindo a realização de procedimentos cirúrgicos com precisão e eficiência crescentes. A evolução da tecnologia dos robôs cirúrgicos tem permitido a realização de procedimentos cada vez mais complexos, com menos invasão e tempo de recuperação mais rápido para os pacientes.

Segundo revisão de literatura realizada por Silva (2021), a cirurgia robótica tem evoluído constantemente desde os anos 1980, quando os primeiros protótipos de robôs cirúrgicos foram desenvolvidos. Desde então, os avanços em tecnologia permitiram a criação de robôs mais precisos e confiáveis, capazes de realizar uma variedade de procedimentos cirúrgicos em diferentes especialidades médicas.

A cirurgia robótica tem apresentado resultados positivos em procedimentos urológicos, como a prostatectomia radical e a nefrectomia parcial. Os autores destacaram que a robótica cirúrgica tem permitido a realização desses procedimentos com menos perda de sangue, menos dor pós-operatória e recuperação mais rápida para o paciente.

A cirurgia robótica tem sido usada com sucesso em procedimentos urológicos complexos, como a pieloplastia robótica, que tem se mostrado eficaz e segura em pacientes com estenose da junção ureter pélvica.

Em procedimentos ginecológicos, a histerectomia robótica tem se mostrado segura e eficaz em comparação com a histerectomia convencional, permitindo maior precisão e menor trauma cirúrgico, como destacado por

Em conclusão, a evolução dos robôs cirúrgicos ao longo do tempo tem sido impressionante, permitindo a realização de procedimentos cirúrgicos cada vez mais complexos com maior precisão e menos risco para o paciente.

### **2.1.3 A adoção da cirurgia robótica na prática clínica**

A cirurgia robótica tem se tornado cada vez mais comum na prática clínica, com muitos hospitais e clínicas investindo em equipamentos e treinamento para seus profissionais. A evolução da cirurgia robótica pode ser percebida em diversos estudos que analisam sua história, desafios atuais, evolução tecnológica, equipamentos e benefícios para os pacientes.

A revisão de literatura realizada por Santos et al., (2019) destaca a evolução da cirurgia robótica desde seu início até os dias atuais, evidenciando a crescente utilização da tecnologia em diversos procedimentos cirúrgicos. Além disso, a revisão destaca que a cirurgia robótica apresenta vantagens em relação à cirurgia tradicional, como menor perda de sangue, menor tempo de hospitalização e recuperação mais rápida.

Em um estudo sobre a história e os desafios atuais da robótica cirúrgica, Oliveira et al., (2020) discutem sobre as limitações tecnológicas e o alto custo dos equipamentos, mas ressaltam que a cirurgia robótica tem evoluído

constantemente, com a criação de novas tecnologias e equipamentos mais acessíveis.

Já o estudo de Souza et al., (2021) destaca os benefícios da cirurgia robótica para os pacientes, como menor dor pós-operatória e menor risco de complicações. Além disso, E destacado que a precisão dos movimentos robóticos pode reduzir a margem de erro e aumentar a segurança da cirurgia.

A adoção da cirurgia robótica na prática clínica tem sido impulsionada pela sua crescente evolução tecnológica e pelos benefícios que ela pode trazer para os envolvidos. Em relação aos equipamentos utilizados na cirurgia robótica, a análise realizada por Martins (2019) destaca que a escolha do equipamento depende do tipo de procedimento cirúrgico a ser realizado, bem como das habilidades do cirurgião. Além disso, os autores destacam que a utilização de equipamentos adequados pode melhorar os resultados cirúrgicos e reduzir o tempo de cirurgia.

A revisão realizada por Moura (2019) analisa a tecnologia na cirurgia robótica, destacando as principais inovações e benefícios dessa tecnologia para a prática clínica. O estudo destaca que a cirurgia robótica tem apresentado resultados promissores em diversos procedimentos cirúrgicos, sendo uma alternativa segura e eficaz à cirurgia tradicional.

A adoção da cirurgia robótica na prática clínica tem sido impulsionada pela sua crescente evolução tecnológica e pelos benefícios que ela pode trazer para os Pacientes.

#### **2.1.4 A expansão das aplicações da cirurgia robótica em diferentes especialidades médicas**

A cirurgia robótica é uma técnica que vem se desenvolvendo ao longo dos anos e tem sido utilizada em diferentes especialidades médicas. A cirurgia robótica surgiu como uma evolução da laparoscopia, técnica minimamente invasiva que utiliza pequenas incisões e um tubo óptico para visualizar o interior do corpo.

A utilização da cirurgia robótica em procedimentos ginecológicos também tem sido estudada, como destaca Gomes et al., (2019), que apontam a melhora da qualidade de vida das pacientes após o procedimento. Além disso, a cirurgia robótica também tem sido utilizada em procedimentos gastrointestinais e em procedimentos torácicos.

A expansão das aplicações da cirurgia robótica pode ser atribuída à evolução da tecnologia. Além disso, a cirurgia robótica tem sido apontada como o futuro das intervenções cirúrgicas, devido aos seus benefícios para os pacientes e à possibilidade de realização de procedimentos cada vez mais complexos.

Portanto, a cirurgia robótica tem se mostrado uma técnica promissora em diferentes especialidades médicas, trazendo benefícios para os pacientes e desafios para os profissionais de saúde. A evolução da tecnologia tem permitido a realização de procedimentos cada vez mais precisos e seguros, e a cirurgia robótica tem se consolidado como uma opção terapêutica cada vez mais relevante na prática clínica.

### **2.1.5 As vantagens e desvantagens da cirurgia robótica em relação a outras técnicas cirúrgicas**

Uma das principais vantagens da cirurgia robótica é a precisão que ela oferece. Como o equipamento é controlado por um cirurgião com treinamento especializado, é possível realizar procedimentos de maneira mais precisa e detalhada. Além disso, a cirurgia robótica é menos invasiva do que outras técnicas cirúrgicas, o que significa que há menos danos ao corpo do paciente. Isso resulta em menos dor, menor tempo de recuperação e menos complicações pós-operatórias" (SOUZA et al.; 2021).

Outra vantagem da cirurgia robótica é que ela permite que os cirurgiões realizem procedimentos em áreas do corpo que seriam difíceis de alcançar com outras técnicas cirúrgicas.

No entanto, a cirurgia robótica também apresenta algumas desvantagens. Uma das principais é o custo elevado dos equipamentos e do treinamento especializado necessário para operá-los. Isso pode tornar a cirurgia robótica inacessível para muitos pacientes e hospitais. Além disso, os equipamentos robóticos podem apresentar falhas técnicas, o que pode levar a complicações durante o procedimento cirúrgico.

Outra desvantagem da cirurgia robótica é que ela pode exigir mais tempo para ser realizada do que outras técnicas cirúrgicas. Isso ocorre porque os cirurgiões precisam controlar o equipamento com precisão e cuidado para evitar danos ao paciente. O tempo adicional necessário para realizar o procedimento pode aumentar o risco de infecções e complicações pós-operatórias.

Em conclusão, a cirurgia robótica é uma técnica cirúrgica que oferece vantagens significativas em relação a outras técnicas cirúrgicas, como a precisão e a menor invasão ao corpo do paciente. No entanto, também apresenta desvantagens, como o alto custo dos equipamentos e do treinamento especializado, a possibilidade de falhas técnicas e o tempo adicional necessário para realizar o procedimento. Cabe aos cirurgiões e pacientes avaliar cuidadosamente essas vantagens e desvantagens para decidir se a cirurgia robótica é a melhor opção para cada caso específico.

### **2.1.6 O treinamento necessário para se tornar um cirurgião robótico**

O treinamento em cirurgia robótica é realizado em diferentes etapas. A primeira etapa é a formação teórica, na qual os cirurgiões aprendem os fundamentos da cirurgia robótica, como o funcionamento do sistema robótico, a anatomia e a fisiologia do paciente, e as técnicas cirúrgicas específicas.

A segunda etapa do treinamento é a prática em modelos animais e em simuladores de cirurgia robótica. Nessa etapa, os cirurgiões aprendem a manusear os equipamentos e a realizar os procedimentos em um ambiente controlado, sem a presença de pacientes.

A terceira e última etapa é a prática em pacientes reais, sob a supervisão de um cirurgião experiente em cirurgia robótica. Essa etapa é fundamental para

que os cirurgiões possam desenvolver as habilidades necessárias e adquirir a confiança para realizar os procedimentos de forma segura e eficaz.

### **2.1.7 O custo da cirurgia robótica e seu impacto na assistência médica**

Apesar da cirurgia robótica permitir aos cirurgiões operar com maior precisão e controle, ser minimamente invasiva, reduzir os tempos em geral envolvidos em internação e recuperação, o seu custo ainda é elevado, o que afeta a sua ampla utilização e impacta na assistência médica (SILVA 2021).

De acordo com uma revisão de literatura realizada por pesquisadores da Universidade de Fortaleza, "a cirurgia robótica tem evoluído rapidamente nos últimos anos, com avanços significativos em tecnologia e equipamentos. No entanto, a tecnologia ainda é relativamente nova e em constante desenvolvimento, o que pode afetar o custo final da cirurgia robótica" (FERREIRA et al., 2021).

Segundo um estudo publicado no periódico científico "Surgical Endoscopy", "o custo médio da cirurgia robótica é de US\$ 3.500 a US\$ 6.000 a mais do que a cirurgia laparoscópica" (GOMES et al., 2020). Embora a cirurgia robótica possa trazer benefícios adicionais para os pacientes, como mencionado anteriormente, é importante considerar se esses benefícios justificam o custo adicional.

O custo da cirurgia robótica pode ter um impacto significativo na assistência médica. Embora a cirurgia robótica ofereça vantagens claras, como maior precisão e controle, e menor tempo de recuperação.

Portanto, é importante que os profissionais de saúde considerem cuidadosamente os custos e benefícios da cirurgia robótica para determinar quando essa técnica é apropriada para cada paciente.

### **2.1.8 As perspectivas futuras da cirurgia robótica e as tecnologias emergentes**

A cirurgia robótica tem se mostrado uma revolução na medicina. O uso da robótica na cirurgia permite uma maior precisão, segurança e rapidez nos procedimentos cirúrgicos. A evolução da cirurgia robótica ao longo dos anos tem sido uma grande promessa para a medicina e para os pacientes, tornando-se cada vez mais avançada e eficiente.

No entanto, ainda há desafios a serem superados na cirurgia robótica, incluindo o alto custo dos equipamentos, a falta de treinamento adequado e a limitação de acesso à tecnologia em algumas áreas do mundo.

A cirurgia robótica é considerada o futuro dos procedimentos médicos, e a tecnologia continuará a evoluir rapidamente. O desenvolvimento de novas tecnologias emergentes, como a inteligência artificial e a realidade virtual, podem transformar ainda mais a cirurgia robótica e melhorar os resultados cirúrgicos para os pacientes.

Em conclusão, a cirurgia robótica tem se mostrado uma ferramenta essencial para a medicina moderna. Com a evolução da tecnologia e o desenvolvimento de novas tecnologias emergentes, a cirurgia robótica promete continuar a melhorar os resultados cirúrgicos para os pacientes, tornando-se ainda mais segura, precisa e eficiente. No entanto, ainda há desafios a serem superados.

## **2.2 Funcionamento do sistema**

O estudo de Silva (2023) descreve os equipamentos utilizados na cirurgia robótica. Os robôs cirúrgicos são compostos por três partes principais: o console do cirurgião, o braço robótico e o carrinho lateral do paciente (patient-side cart). O console do cirurgião é onde o cirurgião controla o robô, utilizando uma interface que permite a visualização do campo cirúrgico em 3D, como ilustrado na figura 3. O braço robótico é composto por vários instrumentos cirúrgicos, tais como pinças, tesouras e bisturis. Já o carrinho lateral do paciente é onde os

braços robóticos são fixados e onde os instrumentos cirúrgicos são inseridos no corpo do paciente.

**Figura 3.** Médico movimenta dedos inseridos em dedais para “guiar” o robô.

Fonte: <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/especial-publicitario/hospital-santa-lucia/noticia/2019/07/03/quatro-bracos-e-camera-de-ultima-geracao-conheca-o-robo-cirurgiao-mais-moderno-do-mundo.ghtml>



### 2.2.1 Tecnologia por trás da cirurgia robótica: hardware

A cirurgia robótica é uma técnica minimamente invasiva que utiliza robôs controlados por computador para realizar procedimentos cirúrgicos. A tecnologia por trás da cirurgia robótica é composta por dois principais componentes: hardware e software (PESSOA; GIACOMINI, 2019).

O hardware da cirurgia robótica é composto por um console de controle, um sistema de visualização e o robô cirúrgico que pode ser visualizado a figura

4. O console de controle é uma estação de trabalho onde o cirurgião controla os movimentos do robô. Ele é composto por uma tela de visualização, teclado, joystick e pedais para controle dos instrumentos cirúrgicos.

O sistema de visualização é responsável por exibir imagens em alta definição em tempo real do local da cirurgia. Ele é composto por uma câmera, um processador de imagem e um monitor de alta resolução. A câmera é inserida no corpo do paciente e transmite imagens para o processador de imagem, que as processa e exibe em tempo real no monitor.

O robô cirúrgico é o componente mais importante da cirurgia robótica. Ele é composto por um braço robótico e instrumentos cirúrgicos. O braço robótico é controlado pelo cirurgião através do console de controle e realiza os movimentos precisos necessários para a cirurgia. Os instrumentos cirúrgicos são acoplados ao braço robótico e são responsáveis por cortar, suturar ou dissecar tecidos durante a cirurgia.

A tecnologia por trás da cirurgia robótica é fundamental para o sucesso do procedimento. O hardware da cirurgia robótica permite ao cirurgião realizar procedimentos cirúrgicos com precisão e menor trauma para o paciente, enquanto o sistema de visualização garante uma visão clara do local da cirurgia

**Figura 4.** Console de controle, um sistema de visualização e o robô cirúrgico

Fonte: [https://www.turbosquid.com/pt\\_br/3d-models/3d-model-da-vinci-surgical-rigged-1233846](https://www.turbosquid.com/pt_br/3d-models/3d-model-da-vinci-surgical-rigged-1233846)



### 2.2.2 Tecnologia por trás da cirurgia robótica: software

Além do hardware, a tecnologia por trás da cirurgia robótica também é composta por software. O software destinado a cirurgia robótica é responsável por controlar o robô cirúrgico, processar imagens em tempo real e fornecer informações sobre o estado do paciente, bem como utilizar elementos de inteligência artificial (ARRUDA; SOUZA; BATISTA, 2020).

O sistema da cirurgia robótica é desenvolvido para garantir a precisão e a segurança do procedimento. Ele é programado para controlar os movimentos do robô cirúrgico, permitindo ao cirurgião realizar movimentos precisos durante a cirurgia. Também é responsável por garantir a segurança do paciente, evitando erros ou movimentos indesejados do robô cirúrgico.

Além disso, tal sistema é responsável pelo processamento de imagens em tempo real. Ele é capaz de processar imagens em alta definição, garantindo ao cirurgião uma visão clara do local da cirurgia. O sistema embarcado desenvolvido para a cirurgia robótica também é capaz de fornecer informações sobre o estado do paciente, como pressão arterial e frequência cardíaca, permitindo ao cirurgião monitorar a condição do paciente durante a cirurgia.

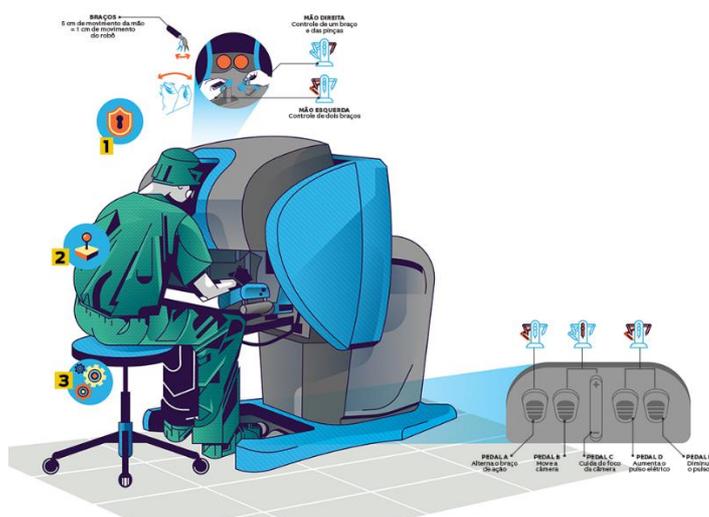
### 2.2.3 Segurança e confiabilidade da cirurgia robótica: riscos e precauções

Embora a cirurgia robótica seja considerada uma técnica segura, existem riscos associados a esse procedimento. Para minimizar esses riscos, são necessárias precauções, como a realização de um treinamento adequado para os cirurgiões e a utilização de equipamentos de segurança. São importantes a utilização de equipamentos de segurança, como sistemas de travamento, para minimizar os riscos de complicações.

### 2.2.4 Cirurgia realizada por robôs: procedimento e funcionamento

**Figura 5.** Ilustra itens do robô VINCI

Fonte: <https://www.institutodecirurgirobotica.com/blog/como-e-uma-cirurgia-feita-por-robos/>



#### 2.2.4.1 A importância da habilidade e destreza do cirurgião e o uso de simuladores para minimizar riscos durante a operação

Durante a cirurgia robótica, a segurança é uma prioridade conforme ilustrado na figura 5. Antes de operar, o cirurgião é treinado em um simulador para adquirir habilidades e destreza, minimizando a curva de aprendizado.

Seguindo normas de segurança rigorosas, se o cirurgião precisar remover o rosto do visor durante a operação, os comandos são bloqueados automaticamente para evitar possíveis acidentes.

#### **2.2.4.2 Tecnologia avançada na cabine do cirurgião para precisão e controle refinados**

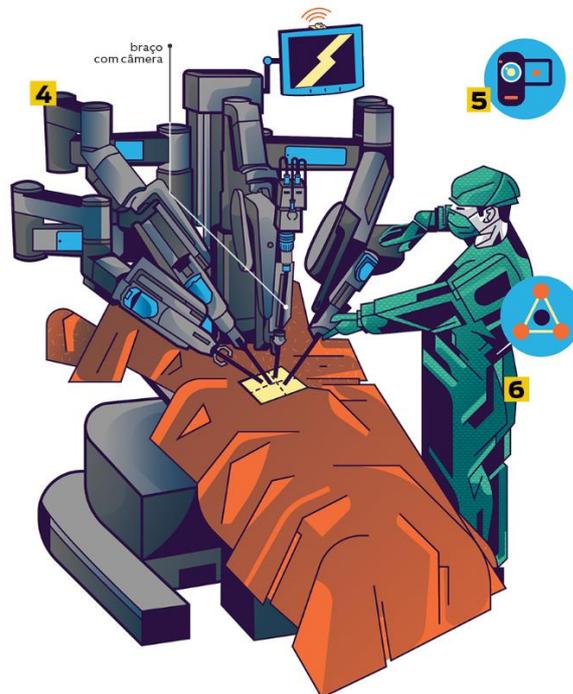
Durante a cirurgia robótica, o cirurgião tem o controle total do procedimento através de uma cabine com tecnologia avançada que pode ser visualizado no item 2 da figura 5, semelhante a um console de fliperama. A cabine é equipada com dois controles manuais, dois painéis auxiliares e cinco pedais, permitindo uma precisão e controle extremamente refinados. Toda a informação visual é exibida em tempo real em uma tela 3D, que amplia as imagens de dez a quinze vezes, proporcionando uma visão ampliada e detalhada da área de operação.

#### **2.2.4.3 Funções dos pedais e uso de inteligência artificial para minimizar tremores durante a operação**

Os pedais que podem ser observados na figura 5 são responsáveis por comandar diversas funções, tais como definir a intensidade do pulso elétrico emitido, o que previne a coagulação do sangue. Além disso, manipulações eletrônicas controlam os braços do robô, enquanto uma peça para o polegar e o indicador simula o movimento de abrir e fechar das pinças. É importante ressaltar que um programa de inteligência artificial já é utilizado para filtrar tremores indesejados e naturais das mãos do médico durante a cirurgia. (OBERLIN et al, 2021).

**Figura 6.** robô VINCI

Fonte: <https://www.institutodecirurgiarobotica.com/blog/como-e-uma-cirurgia-feita-por-robos/>



#### 2.2.4.4 Braços do robô cirúrgico e suas funções específicas

A figura 6 ilustra o robô cirúrgico, que é equipado com quatro braços, conforme destacado anteriormente. Cada um desses braços desempenha uma função específica durante a cirurgia. Enquanto um dos braços carrega a câmera responsável por transmitir as imagens da área a ser operada para a cabine, os outros três braços realizam as tarefas cirúrgicas. Esses braços possuem habilidades impossíveis de serem executadas pela mão humana e são extremamente precisos. Cada movimento pequeno realizado pelo médico é replicado pela máquina em uma escala cinco vezes menor. Essa diferença de escala é fundamental tanto para proporcionar conforto ao cirurgião quanto para garantir a precisão do procedimento.

#### 2.2.4.5 Visibilidade aprimorada para a câmera sem danos ao corpo

No início do procedimento cirúrgico, geralmente é feito um corte manual pelo cirurgião. Em certos casos, é adotada uma técnica conhecida como insuflação de gás carbônico, que consiste em criar uma bolha na região a ser

operada. Essa técnica proporciona uma melhor visibilidade para a câmera captar as estruturas internas do corpo, conforme ilustrado no item 5 da figura 6. Por meio dessa imagem, é possível visualizar órgãos como o intestino, o apêndice, o fígado, o estômago, o útero ou os ovários. É importante ressaltar que o gás carbônico não causa danos ao corpo e é completamente eliminado através da respiração aproximadamente uma hora após a operação.

#### **2.2.4.6 Distância entre cirurgião e paciente, papéis da equipe médica e importância da comunicação e trabalho em equipe**

A distância entre a cabine e o cirurgião em relação ao paciente é uma prática comum nas cirurgias, sendo justificada por questões de higiene e segurança. A literatura aponta que a proximidade excessiva entre o cirurgião e o paciente pode aumentar o risco de contaminação por microrganismos presentes na pele do paciente e do próprio cirurgião, bem como comprometer a esterilidade do campo cirúrgico.

Além disso, a equipe médica envolvida na cirurgia desempenha diferentes papéis, com responsabilidades específicas. Enquanto o cirurgião e a cabine se concentram na realização da operação, a equipe médica auxiliar atua na administração da anestesia e na troca de instrumentos cirúrgicos, por exemplo. Tais tarefas são realizadas na mesa de cirurgia, local onde a equipe médica acompanha a evolução da operação em um monitor que transmite em tempo real as imagens captadas pelas câmeras na sala cirúrgica.

Nesse sentido, é fundamental que todos os membros da equipe médica envolvida na cirurgia conheçam bem suas funções e atuem em sintonia, com o objetivo de garantir a segurança e o sucesso do procedimento cirúrgico. A literatura especializada tem destacado a importância da comunicação e do trabalho em equipe para reduzir os riscos e melhorar a qualidade dos cuidados em cirurgia.

### **2.3 Perspectivas, desafios e tendências**

Embora a cirurgia robótica apresente inúmeras vantagens, como menor tempo de internação e menor tempo de recuperação, a tecnologia também apresenta desafios e tendências que precisam ser abordados. Um dos principais desafios é o alto custo da tecnologia, o que limita o acesso a equipamentos robóticos em muitos países e instituições médicas.

Outro desafio é a necessidade de treinamento especializado para cirurgiões e equipe de enfermagem. Devido às complexidades da cirurgia robótica, é necessário um treinamento rigoroso para garantir a segurança e eficácia do procedimento.

No entanto, as tendências sugerem que a tecnologia continuará a evoluir e aprimorar a capacidade dos cirurgiões em realizar procedimentos cada vez mais complexos. A cirurgia robótica tem potencial para se tornar a técnica padrão para muitas intervenções cirúrgicas.

### **2.3.1 As perspectivas futuras da cirurgia robótica e as tecnologias emergentes**

A cirurgia robótica tem se mostrado uma revolução na medicina. O uso da robótica na cirurgia permite uma maior precisão, segurança, rapidez e menos invasão ao corpo humano. A evolução da cirurgia robótica ao longo dos anos tem sido uma grande promessa para a medicina e para os pacientes, tornando-se cada vez mais avançada e eficiente (MORRELL et al, 2020).

No entanto, ainda há desafios a serem superados na cirurgia robótica, incluindo o alto custo dos equipamentos, a falta de treinamento adequado e a limitação de acesso à tecnologia em algumas áreas do mundo. O estudo de Patel et al., (2018) destaca a necessidade de se desenvolver tecnologias mais avançadas e acessíveis para tornar a cirurgia robótica mais amplamente disponível.

Em conclusão, a cirurgia robótica tem se mostrado uma ferramenta essencial para a medicina moderna. Com a evolução da tecnologia e o desenvolvimento de novas tecnologias emergentes, a cirurgia robótica promete

continuar a melhorar os resultados cirúrgicos para os pacientes, tornando-se ainda mais segura, precisa e eficiente. No entanto, ainda há desafios a serem superados.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O propósito desta seção consiste em explicar os materiais e métodos empregados na elaboração deste projeto, bem como as fases e procedimentos seguidos no decorrer da execução das tarefas.

#### 3.1 Materiais

- Notebook:
  - Acer DESKTOP-U2EBSD0;
  - Windows 10 Pro;
  - Intel(R) Core (TM) i7-7500U CPU @ 2.70GHz 2.90 GHz;
  - SSD de 240 GB;
  - RAM de 12 GB;
- Internet
- Produção bibliográfica relacionada à abordagem de Robótica Cirúrgica, disponibilizada para livre consulta em repositórios digitais especializados

#### 3.2 Métodos

Esta pesquisa, segundo sua natureza é um resumo de assunto, buscando explicar a área do conhecimento do projeto, indicando sua evolução histórica, como resultado da investigação das informações obtidas, levando ao entendimento de suas causas e explicações.

Segundo os objetivos é uma pesquisa exploratória e descritiva. A descritiva busca de dados mais consistentes sobre determinado assunto, porém, não ocorre a interferência do pesquisador, apenas expõe os fatos como realmente são WAZLAWICK (2014). As pesquisas descritivas descrevem as características de certo fenômeno ou população. Também pode ser elaborada com o intuito de identificar as relações entre as variáveis (GIL, 2017).

Quanto aos procedimentos técnicos, será uma pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica requer o estudo de teses, artigos, entre outros. A pesquisa experimental é caracterizada por ter uma ou mais variáveis experimentais que podem ser coordenadas pelo pesquisador (WAZLAWICK, 2014).

A pesquisa bibliográfica, será elaborada a partir de materiais já publicados, podendo incluir livros, teses, materiais disponibilizados na Internet, revistas, entre outros.

## **4. DISCUSSÃO**

Esta seção tem como propósito expor os resultados alcançados ao longo deste estudo.

### **4.1 Equipamentos**

#### **4.1.1 Tipos de motores**

Para ingressar na indústria de robôs cirúrgicos, é importante adquirir conhecimento sobre os diferentes tipos de motores utilizados nessa área, com foco nos motores de corrente contínua (DC). Além disso, é fundamental compreender as especificações dos motores, como controle de velocidade e torque preciso. Ter habilidades em projetar e implementar algoritmos de controle adequados para esses motores é um diferencial no mercado de trabalho. Outros aspectos são os microcontroladores, câmeras e sensores de obstáculo, iluminação, principalmente.

#### **4.1.2 Tipo de hardware utilizado e microcontroladores**

Para se atuar na indústria de robôs cirúrgicos é necessário conhecer como se utiliza o hardware empregado nesses sistemas. Conhecimentos sobre braços robóticos, juntas articuladas, sensores, câmeras e interfaces de controle são essenciais. Além disso, ter expertise em sistemas de visualização em tempo real, que auxiliam os cirurgiões durante os procedimentos, é altamente valorizado pelas empresas.

Um microcontrolador pode ser definido como um computador em um único chip. O termo micro indica o tamanho do componente, ou seja, que é bem pequeno, ao passo que o termo controlador significa que o dispositivo é utilizado para controlar certas situações físicas. Também pode ser compreendido como um controlador embarcado, já que, os microcontroladores estão geralmente, estão embarcados nos sistemas que controlam.

Por outro lado, um microprocessador é uma parte do microcontrolador, aquela parte que contém o cérebro do sistema do microcontrolador. A principal diferença entre ambos é que o microprocessador requer vários outros componentes para o seu funcionamento, como: memória de programa, memória de dados relógio do circuito, sistema de interrupção etc.

#### **4.1.3 Graus de movimento**

Ter compreensão dos graus de liberdade dos sistemas robóticos utilizados na cirurgia é crucial para atuar nessa indústria. É necessário adquirir habilidades em projetar e programar movimentos tridimensionais precisos, tanto de rotação como de translação em diferentes direções. Um conhecimento aprofundado sobre cinemática e controle de movimento será vantajoso ao trabalhar com robôs cirúrgicos.

#### **4.1.4 Torque e motores**

Dominar os conceitos relacionados ao torque dos motores utilizados nos robôs cirúrgicos é de suma importância. Compreender como dimensionar o torque necessário para vencer a resistência dos tecidos durante a cirurgia e garantir movimentos precisos e seguros é um requisito fundamental para trabalhar na indústria de robótica cirúrgica.

Existem diversas formas em que atuadores robóticos podem ser construídos. Motores elétricos ou atuadores pneumáticos com eletroválvulas são os mais comumente utilizados.

Motores elétricos podem ser encontrados com características diferentes, entre elas: corrente direta (DC) ou corrente alternada (AC), escovado ou não escovado, monofásico ou trifásico. Os motores DC do tipo monofásicos são os mais usados para a movimentação de robôs. Entre outras coisas, são também silenciosos, higiênicos e podem energizar várias tarefas devido sua capacidade de oferecer mais potência.

Um motor de corrente contínua recebe uma entrada de tensão que uma vez colocada nos seus terminais, induz uma corrente núcleo do motor e seu torque é proporcional a corrente, ou seja, o torque é maior tanto maior seja essa corrente de entrada.

#### **4.1.5 Câmera e sensores**

Ter conhecimento sobre as câmeras utilizadas nos sistemas de cirurgia robótica é essencial. É preciso compreender as características técnicas dessas câmeras, como alta resolução, capacidade de zoom e recursos de iluminação adequados. Adicionalmente, é importante saber sobre técnicas de estabilização de imagem e visualização em 3D, pois esses recursos podem aprimorar a precisão e a percepção visual dos cirurgiões.

Os sensores podem ser classificados conforme seus sinais de saída, sendo eles: sinal binário, sinal analógico, sinal de temporização, link serial, link paralelo. Também podem ser classificados com base em seu local de operação, sendo eles internos, como: sensor de bateria, sensor de temperatura do processador, acelerômetros, giroscópios, bússolas etc. Ou externos, como: Câmeras, sonares, radares, sensores infravermelhos, sensores ultrassônicos etc. Além disso, também pode-se classificar por suas funções, sendo elas ativas, onde o sensor monitora o ambiente sem interagir com ele, ou passiva, onde os sensores interagem diretamente com o ambiente ao seu redor, como no caso de sensores infravermelhos.

Sensores ultrassônicos utilizam-se do fundamento físico de ondulatória. Ao aplicar uma onda curta sonora, na faixa de 1ms, têm-se uma frequência ultrassônica entre 50kHz e 250kHz, via a medição do intervalo de tempo entre a emissão da onda e a recepção do seu eco captada no sensor. Através deste mecanismo, é possível calcular a distância, pois é proporcional ao dobro da distância do objeto na linha de visada do sensor.

#### **4.1.6 Software e algoritmos**

Adquirir habilidades em desenvolvimento de software e algoritmos é crucial para a indústria de robótica cirúrgica. Compreender como interpretar comandos dos cirurgiões e traduzi-los em movimentos precisos dos braços robóticos é uma competência valorizada. É essencial dominar técnicas de controle, latência, segurança e estabilidade para garantir a execução precisa das tarefas cirúrgicas.

#### **4.1.7 Iluminação**

Para trabalhar com robôs cirúrgicos, é importante entender os requisitos de iluminação para uma visualização clara e precisa durante os procedimentos. Conhecer fontes de luz com intensidade e temperatura de cor adequadas e a capacidade de ajuste da iluminação conforme a necessidade específica de cada cirurgia são habilidades essenciais. Além disso, estar atualizado sobre as últimas tecnologias em iluminação cirúrgica, como sistemas de iluminação LED de alta qualidade, pode ser um diferencial na indústria.

#### **4.1.8 Ferramentas cirúrgicas**

Para ingressar na indústria de robôs cirúrgicos, é necessário ter conhecimento sobre as ferramentas cirúrgicas. Compreender as características das ferramentas, como pinças articuladas e bisturis elétricos, e saber como elas são acopladas aos braços robóticos para realizar tarefas precisas e delicadas é crucial. Conhecimentos sobre a seleção adequada das ferramentas cirúrgicas, levando em consideração os requisitos específicos de cada procedimento, são valorizados pelos empregadores.

#### **4.1.9 Noções de espaço ou geometria**

Dominar conceitos de espaço e geometria é essencial para a aplicação prática da cirurgia robótica. É necessário compreender a anatomia do paciente, a disposição dos órgãos e tecidos, e os espaços de trabalho restritos durante os

procedimentos cirúrgicos. Além disso, habilidades em modelagem e simulações computacionais, que auxiliam no planejamento e na execução precisa das cirurgias, são altamente desejadas na indústria.

#### **4.1.10 Considerações finais**

Os robôs cirúrgicos são uma das aplicações mais importantes da robótica, pois exigem precisão e confiabilidade em ambientes desafiadores e com alto risco. A tecnologia dos robôs cirúrgicos tem evoluído rapidamente, permitindo intervenções cada vez mais precisas e seguras, com menor tempo de recuperação do paciente. Isso tem gerado um aumento na demanda por esses equipamentos, principalmente nos países mais desenvolvidos, onde a população está envelhecendo e há uma maior necessidade de intervenções cirúrgicas.

A robótica cirúrgica tem sido aplicada em diversas áreas da medicina, como cirurgia geral, urologia, ginecologia e ortopedia, obtendo resultados satisfatórios em termos de precisão e redução do tempo de hospitalização. Além disso, a robótica cirúrgica tem sido utilizada em cirurgias complexas e em pacientes de alto risco, como aqueles com câncer, obesidade ou problemas cardíacos, proporcionando um nível mais elevado de segurança e conforto durante o procedimento.

Para estudantes de Engenharia de Computação interessados em robótica, o estudo de robôs cirúrgicos pode acrescentar muito à sua formação. Esses robôs exigem conhecimentos em diversas áreas, como mecânica, eletrônica, software e controle. O desenvolvimento de um robô cirúrgico envolve a integração de vários componentes, desde sistemas de visão artificial até instrumentos cirúrgicos de alta precisão, tornando esse processo um verdadeiro desafio tecnológico.

Além disso, a robótica cirúrgica pode oferecer aos estudantes de Engenharia de Computação desafios interessantes na integração de tecnologias e sistemas. A fusão de dados de diferentes sensores, a integração de interfaces com o usuário e a comunicação entre componentes são exemplos de desafios

que um estudante de robótica pode enfrentar ao desenvolver um robô cirúrgico. Essa complexidade tecnológica oferece uma oportunidade única para os estudantes de Engenharia de Computação aprenderem sobre integração de sistemas, comunicação de dados, desenvolvimento de software e controle de sistemas complexos.

A robótica cirúrgica também apresenta benefícios para os médicos, permitindo uma maior precisão nos movimentos e uma visão ampliada do local da cirurgia, o que pode melhorar a capacidade do médico em realizar procedimentos delicados e complexos. Além disso, a tecnologia dos robôs cirúrgicos pode ajudar a minimizar a fadiga e os erros humanos, uma vez que os cirurgiões podem controlar o robô a partir de uma estação de trabalho confortável e ergonomicamente projetada.

No entanto, é importante ressaltar que a robótica cirúrgica ainda é uma tecnologia cara e nem todas as instituições de saúde possuem acesso a ela. Além disso, a utilização de robôs cirúrgicos não deve ser vista como uma solução para todos os casos, e a decisão de utilizar essa tecnologia deve ser baseada em uma avaliação cuidadosa dos riscos e benefícios para o paciente.

Em resumo, a robótica cirúrgica é uma das aplicações mais consideráveis da robótica, com o potencial de melhorar a precisão e segurança dos procedimentos cirúrgicos. Para os estudantes de Engenharia de Computação, a robótica cirúrgica oferece uma oportunidade única de aprendizado em diversas áreas, incluindo mecânica, eletrônica, software e controle de sistemas complexos. No entanto, é importante lembrar que a utilização de robôs cirúrgicos deve ser feita de forma responsável e baseada em uma avaliação cuidadosa dos riscos e benefícios para o paciente.

## 5. CONCLUSÃO

A pesquisa sobre o desenvolvimento de robôs cirúrgicos demonstra que essa área representa um importante avanço na medicina, proporcionando aos pacientes procedimentos menos invasivos e mais precisos. Os robôs cirúrgicos também oferecem benefícios aos médicos, permitindo uma melhor visualização do local da cirurgia e aumentando a precisão dos movimentos.

A formação em engenharia de computação é fundamental para o desenvolvimento de robôs cirúrgicos, uma vez que envolve a integração de diversas tecnologias, como programação, mecânica, eletrônica, inteligência artificial e processamento de imagens.

Assim, para estudantes de engenharia de computação que desejam se aprofundar em cirurgias robóticas, é importante destacar que essa área exige um alto grau de especialização e uma abordagem interdisciplinar, além de habilidades de comunicação e trabalho em equipe para integrar diferentes sistemas e tecnologias.

Além disso, é importante que os estudantes dessa área estejam cientes dos desafios e das responsabilidades envolvidos na área de robótica cirúrgica. O desenvolvimento de soluções para a área médica exige um alto grau de rigor e precisão, além de um compromisso com a segurança dos pacientes e a ética médica. Portanto, os estudantes que desejam seguir essa área devem estar preparados para enfrentar tanto desafios técnicos quanto éticos.

Em síntese, a área de robôs cirúrgicos apresenta um grande potencial de pesquisa e inovação. A busca por soluções mais avançadas e eficientes nessa área pode gerar novas oportunidades de carreira e negócios, bem como contribuir para o progresso da medicina e para o bem-estar da sociedade como um todo.

Desta forma, estudar robôs cirúrgicos pode oferecer uma formação enriquecedora para estudantes de Engenharia de Computação, através do estudo e desenvolvimento de novas tecnologias.

Por fim, é importante ressaltar que a robótica cirúrgica é uma área em constante evolução e com grande potencial de impacto na sociedade. É

fundamental que os estudantes de engenharia de computação interessados nessa área sejam curiosos, proativos e estejam sempre dispostos a aprender e a buscar soluções inovadoras. Com uma formação sólida e uma visão crítica e ética sobre a aplicação da tecnologia na medicina, os estudantes podem contribuir significativamente para o desenvolvimento de robôs cirúrgicos cada vez mais seguros, precisos e acessíveis.

Dentro do contexto de trabalhos futuros, espera-se que o estudo de redes neurais artificiais em conjunto com o sistema de cirurgia robótica possa evoluir para permitir uma maior precisão nos movimentos e minimização dos erros nos manipuladores.

## REFERÊNCIAS

ARRUDA, Wesley E. V.; SOUZA, Darielson; BATISTA, Josias Guimarães. Utilização de uma Rede Neural Artificial aplicada a um Braço Robótico com interesse em Cirurgias Médicas. Revista de Tecnologia da Informação da Faculdade Lourenço Filho. Vol. 1, Número 1, julho-dezembro, 2020.

CAMPOS, G. M; DE LA ROSA, M. R; RIFFENBURGH, R. H; & VAKILI, C. T. Cirurgia robótica em urologia: revisão sistemática. Revista Brasileira de Videocirurgia, v. 7, n. 1, p. 48-56, 2009.

FERREIRA, M. A. S; FERNANDES, E. M. A; NOGUEIRA, L. S. S; VALENTE, D. S. M; SILVA, J. A. F; CARRAZZONI, P. G; & MONTEIRO, J. M. B. Robotic Surgery for Oropharyngeal Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. Oral Oncology, v. 95, p. 64-71, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2019.06.006>. Acesso em: 17 mar. 2023.

GOMES, M. A. L; CUNHA, M. L. B; CASTRO, J. A. G; FERREIRA, F. O; DANTAS, L. D; & DE SOUZA, R. M. Robotic versus Laparoscopic Surgery for Colorectal Cancer: Systematic Review and Meta-Analysis. Sao Paulo Medical Journal, v. 137, n. 2, p. 165-175, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2018.0345151218>. Acesso em: 17 mar. 2023.

MARTINS, L. A. Tecnologia na Cirurgia Robótica: Uma Revisão Sistemática da Literatura. Academia.edu, 2019.

MORRELL, Andre L. G.; MORRELL-JUNIOR, Alexander C.; MORRELL, Allan G.; MENDES, José M. F.; TUSTUMI, Francisco; SILVA, Luiz Gustavo de Oliveira; MORRELL, Alexander. Evolução e história da cirúrgia robótica: a ilusão à realidade. Revista Col. Bras. Cir. 48. 2020.

MOURA, Leticia; VARTANIAN, Juliana Garcia; CARVALHO, Anna Carolina Ratto Tempestini Horácio; KOIFMAN, Rosalina Jorge; KOWALSKI, Luiz Paulo. Robotic surgery in head and neck cancer: A systematic review. *Oral Oncology*, v. 98, p. 1-8, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2019.08.029>. Acesso em: 17 mar. 2023.

OBERLIN, John; BUHARIN, Vasiliy; DEHGHANI Hossein; KIM, Peter C. W. Intelligence na autonomy in Future Robotic Surgery. In *Robotic Surgery*, Springer-Verlag, 2021.

OLIVEIRA, João Andrade; SILVA, Ana Paula; SANTOS, Pedro Mendes; COSTA, Maria João; SOUSA, Rui. Evolução da Cirurgia Robótica: Uma Revisão de Literatura. *ResearchGate*, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/337956957\\_Evolucao\\_da\\_Cirurgia\\_Robotica\\_Uma\\_Revisao\\_de\\_Literatura](https://www.researchgate.net/publication/337956957_Evolucao_da_Cirurgia_Robotica_Uma_Revisao_de_Literatura). Acesso em: 14 mar. 2023.

PATEL, S; D. R. GADHIA, R. N. KAWALEK, & J. J. RAZZI. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *American Journal of Medicine*, v. 131, n. 10, p. 1115-1121, 2018.

PESSOA, Patrick de Souza; GIACOMINI, Renato Camargo. Estudo do Robô Cirúrgico da Vinci. IX Simpósio de Iniciação Científica, Didática e de Ações Sociais da FEI. São Bernardo do Campo, 2019.

SANTOS, R. A. Cirurgia Robótica: Um Estudo Sobre a Evolução da Tecnologia e os Benefícios para os Pacientes. *Academia.edu*, 2021. Disponível em: [https://www.academia.edu/50334594/Cirurgia\\_Rob%C3%B3tica\\_Um\\_Estudo\\_Sobre\\_a\\_Evolu%C3%A7%C3%A3o\\_da\\_Tecnologia\\_e\\_os\\_Benef%C3%ADcios\\_para\\_os\\_Pacientes](https://www.academia.edu/50334594/Cirurgia_Rob%C3%B3tica_Um_Estudo_Sobre_a_Evolu%C3%A7%C3%A3o_da_Tecnologia_e_os_Benef%C3%ADcios_para_os_Pacientes). Acesso em: 14 mar. 2023.

SCHREUDER, H. W. R; VAN KAN, J; LANGEVELD, J; KALBENDE, V; KALMAHOUT, M; VAN GORP, T. et al. The rise of robotic surgery in gynecology:

A national survey among Dutch gynecologists. *Gynecologic Oncology*, v. 140, n. 3, p. 443-448, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0090825816304131>. Acesso em: 22 mar. 2023.

SILVA, P. F. Análise dos Equipamentos Utilizados na Cirurgia Robótica. *Academia.edu*, 2021. Disponível em: [https://www.academia.edu/50798147/AN%C3%81LISE\\_DOS\\_EQUIPAMENTOS\\_UTILIZADOS\\_NA\\_CIRURGIA\\_ROB%C3%93TICA](https://www.academia.edu/50798147/AN%C3%81LISE_DOS_EQUIPAMENTOS_UTILIZADOS_NA_CIRURGIA_ROB%C3%93TICA). Acesso em: 14 mar. 2023.

SOUZA, J. R. de; PESSOA, R. C.; CASTRO, H. A.; LIMA, F. P.; JORGE, J. A. Análise comparativa entre a cirurgia robótica e convencional para tratamento do câncer de próstata. *Revista Brasileira de Cancerologia*, v. 67, n. 1, e-1183, 2021.

VAN DER POEL, H. G; BANGMA, C. H; KIRBY, R. S; & SCHRODER, F. H. (2008). Robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: surgical and oncological outcomes. *Scandinavian Journal of Surgery*, 97(4), 315-322. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/145749690809700408>

YI, Bo; WANG, Guohui; LI, Zheng; ZHU, Liyong; LI, Weizheng; ZHI, Song; ZHU, Shaihong; LI, Jianmin. The future of robotic surgery in safe hands. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d42473-020-00176-y>. Acesso em: 09 mar 2023.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1000 - Setor Universitário  
Cidade Postal 90 - CEP 74000-010  
Jardim e Cidade e Bônus  
Fones: (62) 3048.1000  
www.pucgoias.edu.br e reitoria@pucgoias.edu.br

## RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

### ANEXO I

#### APÊNDICE ao TCC

#### Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Igor Rauan Lazares de Sá do Curso de Engenharia de Computação, matrícula 2017200330021-0, telefone: 62992423597, e-mail igorrauan@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Análise de aplicações de robôs em cirurgias, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 10 de junho de 2023.

Assinatura do autor: Igor Rauan Lazares de Sá

Nome completo do autor: Igor Rauan Lazares de Sá

Assinatura do professor-orientador: Sibelius Lellis Vieira

Nome completo do professor-orientador: Sibelius Lellis Vieira