

APLICAÇÃO DE CIÊNCIA DE DADOS PARA CENTROS CIRÚRGICOS: REVISÃO NARRATIVA

Antonio Valerio Netto; EPM/UNIFESP; avnetto@hotmail.com
Gabriel Moreno Marques dos Santos; ICESP HCFMUSP; gabrielm_marques@hotmail.com

RESUMO

Este artigo teve como objetivo revisar o emprego da ciência de dados em saúde para apoiar a gestão de centros cirúrgicos, buscando entender como essa ciência pode melhorar a qualidade da assistência à saúde intervencionista por meio da captura, organização, análise e modelagem de dados. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, na qual se investigou a utilidade e a objetividade da aplicação da ciência de dados em centros cirúrgicos, com o foco no aprimoramento dos procedimentos cirúrgicos. Os artigos foram analisados quanto à aplicação da SDS (*Surgical Data Science*), enfatizando as etapas de treinamento, *feedback*, avaliação e suporte à decisão em cirurgia. Doze artigos foram selecionados, sendo que apenas cinco mencionaram diretamente o uso desses dados para a melhoria de procedimentos e processos na saúde intervencionista. A aplicação da ciência de dados em centros cirúrgicos tem potencial para melhorar os processos e procedimentos na saúde intervencionista. No entanto, deve-se considerar a dificuldade para a obtenção desses dados.

Palavras-chave: Administração Hospitalar; Centro Cirúrgico; Ciência de Dados.

Data de recebimento: 02/09/2024

Data do aceite de publicação: 01/12/2024

Data da publicação: 30/12/2024

APPLICATION OF DATA SCIENCE IN SURGICAL CENTERS: A NARRATIVE REVIEW

ABSTRACT

This article aimed to review the use of data science in healthcare to support the management of surgical centers, seeking to understand how this science can improve the quality of interventional healthcare through data capture, organization, analysis, and modeling. This is a narrative review of the literature, in which the usefulness and objectivity of the application of data science in surgical centers were investigated, with a focus on improving surgical procedures. The articles were analyzed regarding the application of SDS (Surgical Data Science), emphasizing the stages of training, feedback, evaluation, and decision support in surgery. Twelve articles were selected, and only five directly mentioned the use of these data to improve procedures and processes in interventional healthcare. The application of data science in surgical centers has the potential to improve processes and procedures in interventional healthcare. However, the difficulty in obtaining these data should be considered.

Keywords: Hospital Administration; Surgery Center; Data Science.

1 INTRODUÇÃO

Os centros cirúrgicos enfrentam uma série de desafios operacionais que comprometem a eficiência e a qualidade do atendimento. Entre eles estão o agendamento inadequado de procedimentos, alocação ineficiente de recursos e a falta de integração entre sistemas de informações clínicas e administrativas. Tais lacunas não apenas aumentam os custos operacionais, mas também podem resultar em atrasos cirúrgicos e impactos negativos na segurança do paciente (Shilo et al., 2020). Além disso, a dificuldade em prever complicações cirúrgicas e otimizar planos perioperatórios limita a capacidade de personalizar cuidados, uma necessidade crescente em ambientes de saúde moderna (Shortliffe & Sepúlveda, 2018). Esses problemas são agravados pela crescente complexidade dos dados gerados nos hospitais, que muitas vezes não são utilizados de maneira eficaz para apoiar a tomada de decisão (Topol, 2019).

Nesse contexto, tecnologias baseadas em ciência de dados e Inteligência Artificial (IA) apresentam soluções promissoras para área. A ciência de dados é um campo interdisciplinar em rápido crescimento, dedicado à extração de conhecimento a partir de dados (Netto, 2021). Embora a última década tenha testemunhado um avanço significativo nessa área, ainda existe uma lacuna na aplicação em larga escala desse conhecimento nas práticas médicas, como a cirurgia e a saúde intervencionista (Maier-Hein et al., 2017). O avanço exponencial na capacidade de processamento, armazenamento de informações e tecnologia de detecção transformou o nosso mundo, permitindo a coleta e análise de quantidades massivas de dados (August et al., 2022). Entende-se que o objetivo final dessas tecnologias é a medicina personalizada, onde decisões médicas, tratamentos, práticas ou produtos são adaptados às necessidades individuais dos pacientes. A questão que permanece é como a revolução digital será aplicada no campo da cirurgia.

A cirurgia e outras especialidades procedimentais têm o potencial de se beneficiar dos avanços das novas tecnologias. No entanto, atualmente, não existe uma abordagem padronizada e amplamente aceita para a coleta e compartilhamento de dados cirúrgicos (Wall & Krummel, 2020). A Ciência de Dados Cirúrgicos (SDS - *Surgical Data Science*) é um campo em expansão, no qual um número considerável de pesquisadores e profissionais se dedica a investigar modalidades de emprego de dados com o objetivo de otimizar a qualidade das intervenções médicas oferecidas aos pacientes (Maier-Hein et al., 2018). A SDS tem

como objetivo principal facilitar aprimoramentos fundamentados em evidências nos procedimentos de saúde, desenvolvendo ferramentas para a medição, modelagem e quantificação dos processos ou trajetórias relacionadas ao estado de saúde e aos resultados dos pacientes. Essas informações são utilizadas para embasar melhorias em procedimentos de saúde intervencionista, na tomada de decisões clínicas, no desenvolvimento de diretrizes baseadas em evidências, nas melhores práticas clínicas, nas políticas de saúde e no treinamento médico, resultando em uma melhoria substancial na qualidade e no valor dos serviços de saúde (Vedula et al., 2016). Este trabalho busca revisar a literatura científica para identificar casos que abordem a adoção da ciência de dados em saúde no apoio à gestão de centros cirúrgicos, analisando sua objetividade e impacto.

2 MÉTODO

Este artigo apresenta uma revisão narrativa da literatura, com foco em artigos científicos publicados nos últimos sete anos (2017 a 2023), localizados por meio das seguintes palavras-chave: “Ciência de Dados,” “Data Science,” “Surgical Data Science,” e “Análise de Dados.” As bases de dados utilizadas foram Scielo, LILACS e PUBMED, resultando na identificação de 30, 55 e 68 artigos, respectivamente, totalizando 153 artigos localizados (até dezembro de 2023). Após a avaliação dos títulos, resumos e resultados, foram considerados exclusivamente os artigos originais, tanto em inglês quanto em português, que descrevessem a aplicação da ciência de dados para apoio à gestão de centros cirúrgicos, demonstrando como a análise de dados pode aprimorar os procedimentos, como por exemplo, melhorar a qualidade do cuidado intervencionista por meio da captura e organização de dados.

A análise de dados, ou *data analytics*, é um campo amplo que pode ser subdividido em quatro tipos principais: análise descritiva, análise diagnóstica, análise preditiva e análise prescritiva. A análise descritiva é a forma mais básica, focada na compreensão dos dados históricos para identificar padrões e tendências, utilizando técnicas estatísticas básicas como médias, modas, medianas, gráficos e tabelas. A análise diagnóstica, ou análise exploratória, vai além da simples descrição dos dados para entender as causas dos eventos ou comportamentos observados, analisando as relações entre diferentes variáveis para identificar o porquê de algo ter ocorrido, frequentemente utilizando ferramentas como análise de correlação e regressão (Valerio Netto et al., 2021).

A análise preditiva, por sua vez, usa dados históricos para prever eventos futuros, aplicando modelos estatísticos e de *machine learning* para estimar a probabilidade de resultados futuros com base em dados passados. Esta análise é amplamente utilizada em áreas como previsão de vendas, análise de risco e marketing. Finalmente, a análise prescritiva, uma das formas mais avançadas de análise de dados, não apenas prevê o que pode acontecer, mas também sugere ações para influenciar esses resultados. Combinando *insights* da análise preditiva com regras de negócio e algoritmos, a análise prescritiva oferece recomendações que podem otimizar processos, maximizar a eficiência ou melhorar indicadores de desempenho (Maier-Hein et al., 2022).

Cada um desses tipos de análise desempenha um papel crucial no processo de tomada de decisão baseada em dados, oferecendo *insights* que variam desde descrições básicas até recomendações estratégicas. *Big data* na saúde refere-se a grandes volumes de dados eletrônicos no setor de saúde, que são tão extensos e complexos que desafiam o gerenciamento por meio de *softwares* e *hardwares* convencionais. Esses dados não podem ser processados ou manipulados eficientemente com as ferramentas e técnicas tradicionais de gerenciamento de dados (Raghupathi & Raghupathi, 2014). Foram excluídos artigos de revisão, análises econômicas e artigos duplicados, resultando na seleção de 12 artigos para análise (Tabela 1).

Tabela 1: Artigos selecionados.

Artigos selecionados	Tipo de análise	Objetivo do artigo	Área aplicada
Lukaszewski et al., 2019	Análise preditiva	O artigo utiliza uma combinação de ferramentas e tecnologias de ciência de dados para analisar dados extensivos de pacientes em circulação extra-corpórea.	Medicina Extracorpórea
Maier-Hein et al., 2017	Análise preditiva	O artigo se concentra na melhoria da qualidade e valor da assistência à saúde intervencionista por meio da captura, organização, análise e modelagem de dados.	Saúde intervencionista
Maier-Hein et al., 2022	Análise preditiva	O artigo aborda principalmente a análise preditiva no contexto da ciência de dados cirúrgica. Ele se concentra em melhorar a qualidade e o valor da assistência à saúde intervencionista por meio da captura, organização, análise e modelagem de dados. Especial ênfase é dada à análise preditiva, visando melhorar a tomada de decisões e prever resultados em contextos cirúrgicos.	Saúde intervencionista
August et al., 2021	Não aborda nenhum tipo	O artigo não se concentra especificamente em um único tipo de análise de dados, como Análise Descritiva, Análise Diagnóstica ou Análise Preditiva. Em vez disso, ele aborda a importância dos dados cirúrgicos no avanço da inovação cirúrgica e no desenvolvimento de novas tecnologias.	Inovação cirúrgica
Salati et al., 2021	Análise preditiva	O artigo tem por objetivo o uso da análise preditiva, aplicando a inteligência artificial e o aprendizado de máquina para prever complicações cardiopulmonares pós-operatórias em pacientes submetidos a ressecções pulmonares. Ele utiliza um algoritmo de <i>machine learning</i> , especificamente o XGBOOST, para desenvolver um modelo preditivo baseado em 50 características pré-operatórias dos pacientes.	Pneumologia/ Medicina Pulmonar
Derathé et al., 2021	Análise preditiva	O artigo explora a aplicação de modelos de <i>machine learning</i> na interpretação da qualidade da prática cirúrgica. O estudo utiliza análise preditiva para avaliar e interpretar práticas cirúrgicas com base em dados de vídeo laparoscópicos, oferecendo <i>insights</i> sobre como a inteligência artificial pode auxiliar na compreensão e melhoria das práticas cirúrgicas.	Cirurgia laparoscópica

Zhou et al., 2020	Análises preditiva e diagnóstica	O artigo aborda vários aspectos das aplicações de IA em procedimentos cirúrgicos, focando no planejamento pré-operatório, orientação intraoperatória e integração de robôs cirúrgicos. Ele examina o papel da IA na melhoria de imagens, navegação e intervenção robótica em cirurgias.	Melhoria de processos cirúrgicos
MaierHein et al., 2017	Análise preditiva	O artigo tem por objetivo demonstrar como a ciência de dados pode ser utilizada para melhorar a qualidade e eficiência dos cuidados de saúde intervencionistas, empregando técnicas avançadas de análise e modelagem de dados. Especificamente, o artigo destaca a importância da análise preditiva em apoiar a tomada de decisão e melhorar os resultados dos procedimentos cirúrgicos.	Saúde intervencionista
Eckhoff et al., 2023	Análise preditiva	O artigo discute a integração da IA à prática clínica cirúrgica, com ênfase na capacidade de processar grandes volumes de dados e na melhoria da tomada de decisões cirúrgicas. O artigo explora como a IA e o aprendizado de máquina podem ser usados para detectar e prever características clinicamente relevantes, o que é fundamental na análise preditiva.	Melhoria de processos cirúrgicos
Solanki et al., 2021	Análises preditiva e diagnóstica	O artigo aborda a utilização da IA em diferentes fases do manejo perioperatório em cirurgias gastrointestinais maiores. O foco principal é na aplicação de IA para análise preditiva e diagnóstica, sobre o uso de IA para previsão de riscos, complicações cirúrgicas e anestésicas, e resultados pós-operatórios.	Cirurgias gastrointestinais
Lisacek-Kiosoglous et al., 2023	Análise preditiva	Aborda principalmente a Análise Preditiva no contexto da inteligência artificial (IA) na cirurgia ortopédica. Este tipo de análise é usado para prever resultados futuros com base em dados históricos e tendências. O artigo detalha como a IA e seus subcampos, como aprendizado de máquina e aprendizado profundo, é aplicado em várias áreas da cirurgia ortopédica, incluindo diagnósticos, reconhecimento de imagens e previsão de resultados cirúrgicos.	Cirurgia ortopédica
Varas et al., 2023 ⁽²¹⁾	Análise preditiva	O artigo tem por objetivo explorar o papel da IA e modelos de linguagem avançados no treinamento cirúrgico. O documento discute como essas tecnologias podem ser utilizadas	Formação/treinamento cirúrgico

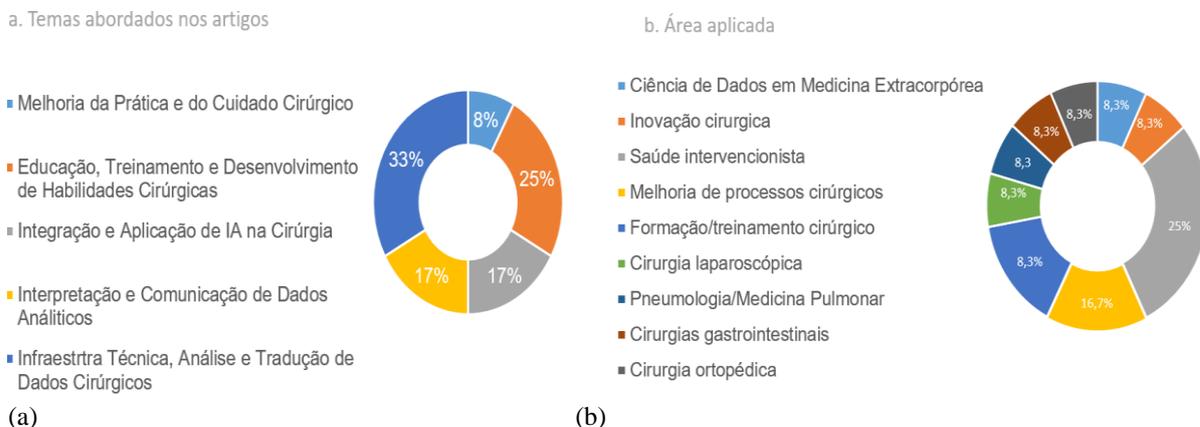
		para melhorar a comunicação, personalizar o <i>feedback</i> e promover o desenvolvimento de habilidades em contextos de treinamento cirúrgico. A ênfase está na aplicação de IA e análise preditiva para aprimorar métodos de ensino e avaliação em cirurgia.	
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Fonte: elaborado pelos autores.

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Dos doze artigos selecionados que tratam da utilização da ciência de dados para apoiar a gestão de centros cirúrgicos, onze se concentram em modelos de análise de dados preditivos, e dois combinam a análise preditiva com a análise diagnóstica. Apenas um artigo não foca em nenhum tipo de análise, mas sim na importância dos dados cirúrgicos e no avanço das inovações cirúrgicas e das novas tecnologias no campo da Inteligência Artificial (IA). Entre as temáticas abordadas pelos artigos estão: a utilização da ciência de dados para melhorar a prática e o cuidado cirúrgico; a educação e o treinamento em práticas cirúrgicas por meio da ciência de dados; a integração e aplicação da IA em procedimentos cirúrgicos; a infraestrutura técnica, análise e tradução dos dados obtidos; e a interpretação e comunicação adequada dos dados analíticos de cirurgias (Figura 1a). Dentre as áreas de aplicação, a saúde intervencionista foi a mais frequentemente abordada (Figura 1b).

Figura 1: (a) Temas abordados nos artigos; (b) Área de aplicação.



Fonte: elaborado pelos autores.

Atualmente, com o crescente valor dos dados, a coleta e análise cuidadosa de dados no âmbito cirúrgico tornam-se fundamental. Aproximadamente 30% dos dados armazenados no mundo são gerados por setores de assistência médica (Netto, 2021). Esse aspecto é particularmente relevante na cirurgia, onde a complexidade na organização e interpretação dos dados exige tecnologias avançadas e um conhecimento profundo dos procedimentos cirúrgicos e seus desfechos (August et al., 2022). Nos últimos 10 anos, as práticas cirúrgicas passaram por mudanças radicais devido aos avanços em técnicas operacionais, ao aumento do uso de tecnologias assistidas, à aplicação de pesquisas científicas na tomada de decisões médicas e ao crescimento significativo na quantidade de dados (Mack et al., 1997; Kehlet & Wilmore, 2008). A implementação de tecnologias emergentes no ambiente cirúrgico tem

mostrado influenciar positivamente tanto o desempenho quanto a satisfação dos profissionais, como evidenciado por um estudo publicado na revista *Surgery* em 2005 (Stahl et al., 2005).

Além disso, desafios significativos no campo cirúrgico, como vazamentos anastomóticos, estão sendo progressivamente enfrentados por meio do uso de tecnologias avançadas e análise de dados, conforme indicado em um artigo de 2018 nos *Annals of Laparoscopic and Endoscopic Surgery* (Maier-Hein et al., 2022; Stamos & Brady, 2018). Esses progressos sublinham a importância crescente da ciência de dados na cirurgia, cuja trajetória está em constante desenvolvimento e refinamento. A recente evolução tecnológica no campo da cirurgia levanta questões importantes sobre a manipulação de grandes quantidades de dados cirúrgicos, incluindo desafios na integração desses dados com sistemas de informação hospitalar, especialmente em relação à coleta, armazenamento e organização de dados diversos. Existe uma necessidade crescente de capturar informações cirúrgicas de forma eficiente em ambientes dinâmicos, onde decisões críticas dependem de uma variedade de dados (August et al., 2022).

A criação de padrões e ferramentas para gerenciar e analisar esses dados é crucial, mas a infraestrutura de tecnologia da informação necessária para isso ainda é limitada (Maier-Hein et al., 2022). No entanto, a integração progressiva de métodos de aprendizado de máquina e análise de dados no campo da cirurgia demonstra grande promessa na superação das limitações atuais. A aplicação de IA, especialmente por meio de algoritmos avançados de aprendizado profundo, está se tornando cada vez mais comum e possibilita o reconhecimento de padrões e a análise de tendências em conjuntos de dados cirúrgicos complexos. O potencial dessas tecnologias para automatizar certos aspectos da prática cirúrgica pode melhorar significativamente a precisão e a eficiência dos procedimentos (Zhou et al., 2020). Além disso, a IA desempenha um papel crucial na customização do treinamento cirúrgico, ajustando-se especificamente às necessidades de cada aprendiz e proporcionando simulações cada vez mais realistas para a experiência do cirurgião (Park et al., 2022). Foram destacadas três potenciais aplicações: melhoria na tomada de decisões e eficiência clínica; transformação no ensino e prática cirúrgica; e aprimoramento na qualidade do tratamento.

Em linhas gerais, os doze artigos selecionados compartilham uma visão comum sobre o potencial transformador da ciência de dados no contexto cirúrgico, especialmente no uso da análise preditiva para otimizar decisões clínicas e melhorar os desfechos cirúrgicos. A maioria dos estudos enfatiza a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina para identificar padrões em dados complexos, permitindo prever complicações e personalizar tratamentos. Além disso, destaca-se a relevância de integrar ciência de dados e IA no treinamento cirúrgico, aprimorando as habilidades dos profissionais de saúde. Outra semelhança é a ênfase na coleta e organização de grandes volumes de dados como um pré-requisito para melhorar processos e procedimentos. Esses aspectos reforçam a convergência entre as iniciativas de ciência de dados e a prática clínica, evidenciando a necessidade de abordagens baseadas em dados para apoiar decisões mais precisas e eficazes.

Apesar dessas similaridades, os artigos divergem em suas áreas de aplicação e no tipo de análise utilizado. Enquanto alguns estudos focam na saúde intervencionista, outros exploram campos mais específicos, como pneumologia, cirurgia laparoscópica e ortopedia. Em termos metodológicos, embora a análise preditiva seja predominante, dois artigos combinaram abordagens preditivas e diagnósticas, ampliando a compreensão sobre os fatores que influenciam os desfechos cirúrgicos. Além disso, um estudo aborda a importância da inovação tecnológica no ambiente cirúrgico sem se aprofundar em métodos analíticos específicos. Essas diferenças refletem a diversidade de abordagens dentro do campo da ciência de dados cirúrgica, sublinhando tanto a amplitude quanto a profundidade das suas possíveis aplicações.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta revisão narrativa, foi analisada a utilização da ciência de dados em saúde como apoio à gestão de centros cirúrgicos, com ênfase na acessibilidade e objetividade de suas aplicações. Compreende-se que a adoção de tecnologias emergentes no ambiente cirúrgico demonstra um enorme potencial para impactar positivamente o desempenho e a satisfação dos profissionais. Os desafios significativos na área cirúrgica estão sendo progressivamente superados, evidenciando o potencial transformador da tecnologia e da análise avançada de dados. A ciência de dados, em particular, está emergindo como um campo de potencial incalculável na cirurgia, com desenvolvimentos contínuos que estão redefinindo o padrão de cuidado cirúrgico. O aprimoramento da integração de dados cirúrgicos com sistemas de informação hospitalares representa um desafio significativo, mas também uma oportunidade para inovações na coleta, armazenamento e organização de dados.

Este artigo de revisão investiga esses avanços e discute as possíveis consequências futuras da integração entre ciência de dados e IA no âmbito cirúrgico, que prometem melhorar significativamente a qualidade dos cuidados ao paciente. A aplicação dessas tecnologias permite diagnósticos mais precisos, tratamentos personalizados e melhor monitoramento pós-operatório, contribuindo para uma recuperação mais rápida e eficaz dos pacientes. A fusão dessas áreas tecnológicas representa um passo importante na evolução da medicina cirúrgica, visando resultados mais favoráveis e uma experiência aprimorada para pacientes e profissionais de saúde.

Além disso, a utilização da ciência de dados juntamente com a IA no treinamento cirúrgico expande as possibilidades para diagnósticos mais precisos e tratamentos mais personalizados. Com a capacidade de processar e aprender com grandes volumes de dados, a IA pode fornecer *insights* valiosos e atualizados que podem ser incorporados ao treinamento, preparando os futuros cirurgiões para lidar com uma variedade de situações clínicas, inclusive envolvendo tecnologias emergentes e procedimentos complexos. Essa integração está transformando a jornada do paciente, oferecendo procedimentos mais precisos, personalizados e eficazes. No entanto, essa transformação traz consigo uma consideração crucial: a segurança dos dados dos pacientes. A segurança é um aspecto fundamental, especialmente no setor de saúde. Com o aumento do volume e da complexidade dos dados coletados no âmbito cirúrgico, as preocupações com a privacidade e a proteção desses dados tornam-se cada vez mais importantes. São destacados quatro desafios principais envolvendo a ciência de dados em centros cirúrgicos: a precisão e completude dos dados; preocupações éticas e de privacidade; desafios na interpretabilidade da IA e na integração clínica; e, por fim, o equilíbrio entre automação e controle humano.

A implementação de ciência de dados em centros cirúrgicos enfrenta desafios consideráveis, sendo um dos mais críticos a integração entre diferentes sistemas hospitalares e fontes de dados heterogêneas. Os dados cirúrgicos frequentemente residem em silos e são gerados em formatos variados, o que dificulta sua padronização e interoperabilidade. Além disso, a resistência cultural e organizacional à adoção de novas tecnologias, combinada com a necessidade de treinamento especializado para equipes multidisciplinares, amplia a complexidade do processo. Esses obstáculos demandam investimentos substanciais em infraestrutura, capacitação e desenvolvimento de políticas robustas que promovam uma transição harmoniosa e eficaz. Sem uma abordagem coordenada, a integração da ciência de dados em centros cirúrgicos pode falhar em alcançar seu potencial transformador.

Paralelamente, a segurança dos dados representa outro grande desafio, considerando o alto volume e a sensibilidade das informações processadas no ambiente cirúrgico. Vazamentos de dados ou acessos não autorizados podem comprometer a privacidade dos pacientes e a confiabilidade dos sistemas, gerando consequências éticas e legais significativas.

Além disso, algoritmos de IA utilizados para análise de dados clínicos precisam ser interpretáveis e auditáveis para garantir decisões éticas e transparentes. Portanto, é essencial que sejam implementados protocolos rigorosos de segurança cibernética, alinhados a regulamentações como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), assegurando a proteção contra ameaças enquanto se promove um ambiente de confiança entre os profissionais de saúde e os pacientes. A superação desses desafios requer não apenas avanços tecnológicos, mas também um compromisso institucional e regulatório em priorizar a segurança e a eficiência na jornada rumo à transformação digital na cirurgia.

Conclui-se que, ao contemplar o futuro da cirurgia na era digital, é essencial encontrar um equilíbrio entre o avanço tecnológico e a rigorosa preservação da segurança e privacidade dos dados dos pacientes. Essa abordagem equilibrada não apenas amplifica a eficácia dos procedimentos cirúrgicos, mas também fortalece a confiança dos pacientes no sistema de saúde. Garantir uma jornada cirúrgica segura, protegida e centrada no paciente é crucial. A convergência entre ciência de dados, IA e práticas cirúrgicas sinaliza um futuro promissor, onde o progresso tecnológico avança em harmonia com a segurança dos dados. Esse avanço conjunto assegura não apenas a melhoria dos cuidados de saúde, mas também o bem-estar e a plena satisfação dos pacientes (Jiang et al., 2017).

5 REFERÊNCIAS

- August, A. T., Sheth, K., Brandt, A., Ruijter, V., Fuerch, J. H., & Wall, J. (2022). The value of surgical data - impact on the future of the surgical field. *Surgical innovation*, 29(1), 98-102.
- Derathé, A., Reche, F., Jannin, P., Moreau-Gaudry, A., Gibaud, B., & Voros, S. (2021). Explaining a model predicting quality of surgical practice: a first presentation to and review by clinical experts. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*.
- Eckhoff, J. A., & Meireles, O. (2023). A Inteligência Artificial poderia guiar as mãos dos cirurgiões? *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias*, 50, e20233696EDIT01.
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., ... & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: Past, present, and future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4), 230-243.
- Kehlet, H., & Wilmore, D. W. (2008). Evidence-based surgical care and the evolution of fast-track surgery. *Annals of surgery*, 248(2), 189-198.
- Lisacek-Kiosoglous, A. B., Powling, A. S., Fontalis, A., Gabr, A., Mazomenos, E., & Haddad, F. S. (2023). Artificial intelligence in orthopaedic surgery. *Bone Joint Research*, 12(7), 447-454.
- Lukaszewski, M., Lukaszewski, R., Kosiorowska, K., & Jasinski, M. (2019). The use of data science to analyse physiology of oxygen delivery in the extracorporeal circulation. *BMC Cardiovascular Disorders*, 19, Article 292.
- Mack, M. J., Scruggs, G. R., Shennib, H., & Landreneau, R. J. (1997). Video-assisted thoracic surgery: has technology found its place? *The Annals of thoracic surgery*, 64(1), 211-215.
- Maier-Hein, L., Eisenmann, M., Feldmann, C., Feussner, H., Forestier, G., Giannarou, S., & Vedula, S. S. (2018). Surgical data science: A consensus perspective. *arXiv preprint arXiv:1806.03184*.

- Maier-Hein, L., Eisenmann, M., Sarikaya, D., März, K., Collins, T., Malpani, A. & Speidel, S. (2022). Surgical data science—from concepts toward clinical translation. *Medical image analysis*, 76, 102306.
- Maier-Hein, L., Vedula, S. S., Speidel, S., Navab, N., Kikinis, R., Park, A., & Jannin, P. (2017). Surgical data science for next-generation interventions. *Nature Biomedical Engineering*, 1(9), 691-696.
- Maier-Hein, L., Vedula, S., Speidel, S., Navab, N., Kikinis, R., Park, A. & Jannin, P. (2017). Surgical data science: enabling next-generation surgery. arXiv preprint arXiv:1701.06482.
- Netto, A. V. (2021). Ciência de dados em saúde: contribuições e tendências para aplicações. *saude.com*, 17(3), 2249-2253.
- Park, J. J., Tiefenbach, J., & Demetriades, A. K. (2022). The role of artificial intelligence in surgical simulation. *Frontiers in Medical Technology*, 4, 1076755.
- Raghupathi, W., & Raghupathi, V. (2014). Big data analytics in healthcare: promise and potential. *Health information science and systems*, 2, 1-10.
- Salati, M., Migliorelli, L., Moccia, S., Andolfi, M., Roncon, A., Guiducci, G. M., & Refai, M. (2021). A Machine Learning Approach for Postoperative Outcome Prediction: Surgical Data Science Application in a Thoracic Surgery Setting. *World J Surg*, 45, 1585-1594.
- Shilo, S., Rossman, H., & Segal, E. (2020). Axes of a revolution: Challenges and promises of big data in healthcare. *Nature Medicine*, 26(1), 29-38.
- Shortliffe, E. H., & Sepúlveda, M. J. (2018). Clinical decision support in the era of artificial intelligence. *JAMA*, 320(21), 2199-2200.
- Solanki, S. L., Pandrowala, S., Nayak, A., Bhandare, M., Ambulkar, R. P., & Shrikhande, S. V. (2021). Artificial intelligence in perioperative management of major gastrointestinal surgeries. *World Journal of Gastroenterology*, 27(21), 2758-2770.
- Stahl, J. E., Egan, M. T., Goldman, J. M., Tenney, D., Wiklund, R. A., Sandberg, W. S., Gazelle, S., & Rattner, D. W. (2005). Introducing new technology into the operating room: Measuring the impact on job performance and satisfaction. *Surgery*, 137(5), 518-526.
- Stamos, M. J., & Brady, M. T. (2018). Anastomotic leak: are we closer to eliminating its occurrence? *Annals of Laparoscopic and Endoscopic Surgery*, 3(8).
- Valerio Netto, A., Berton, L., & Takahata, A. K. (2021). Ciência de Dados e a Inteligência Artificial na Área da Saúde. Editora dos Editores.
- Varas, J., Valencia Coronel, B., Villagrán, I., Escalona, G., Hernandez, R., Schuit, G., & Achurra, P. (2023). Innovations in surgical training: Exploring the role of artificial intelligence and large language models (LLM). *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 50, e20233605.
- Topol, E. (2019). Deep medicine: How artificial intelligence can make healthcare human again. *Basic Books*.
- Vedula, S. S., Ishii, M., & Hager, G. D. (2016). Perspectives on surgical data science. arXiv preprint arXiv:1610.04276.
- Wall, J., & Krummel, T. (2020). The digital surgeon: How big data, automation, and artificial intelligence will change surgical practice. *Journal of pediatric surgery*, 55, 47-50.
- Zhou, X. Y., Guo, Y., Shen, M., & Yang, G.-Z. (2020). Artificial Intelligence in Surgery. *Frontiers of Medicine*, 14(4), 417-430.