

Responsabilidade médico-legal na automação da anestesia oftalmológica: limites, impactos e perspectivas éticas

Carlos Henrique Passos Mairink ¹

Resumo: O presente estudo consiste em uma revisão de literatura narrativa que investiga a responsabilidade médico-legal na automação da anestesia oftalmológica. A oftalmologia cirúrgica apresenta um volume elevado de procedimentos, exigindo precisão anestésica paramétrica para evitar instabilidades hemodinâmicas e desfechos clínicos adversos. O desenvolvimento de sistemas de infusão em malha fechada e de algoritmos baseados em inteligência artificial tem modificado a atuação do anestesiológico, transferindo progressivamente parte do controle farmacológico para o equipamento. Esse cenário gera questionamentos técnicos e jurídicos sobre a imputação de responsabilidade civil e penal em casos de falha do algoritmo, dano ao paciente ou viés de processamento de dados. O objetivo geral do estudo é analisar os limites da responsabilização médico-legal frente às novas tecnologias de automação na anestesia em oftalmologia. Os objetivos específicos envolvem a descrição dos impactos socioeconômicos dessas tecnologias, o mapeamento dos riscos operacionais e a elucidação das diretrizes éticas contemporâneas. A metodologia baseia-se em buscas em bases de dados científicas, selecionando artigos recentes que discutem a interseção entre direito médico e inovações anestésicas. Conclui-se, preliminarmente, que o avanço tecnológico requer atualizações normativas contínuas para garantir a segurança jurídica dos profissionais e a proteção dos pacientes submetidos a procedimentos oftalmológicos sob controle automatizado.

Palavras-chave: anestesia oftalmológica; automação; responsabilidade médico-legal; inteligência artificial; ética médica.

¹ Professor Universitário, Doutor, Mestre, Pós-graduado e Discente do Curso de Medicina da Uninassau. E-mail: passosmairink@gmail.com.

Medico-legal liability in the automation of ophthalmic anesthesia: limits, impacts, and ethical perspectives

Abstract: his study consists of a narrative literature review investigating the medico-legal responsibility in the automation of ophthalmic anesthesia. Surgical ophthalmology presents a high volume of procedures, requiring parametric anesthetic precision to prevent hemodynamic instability and adverse clinical outcomes. The development of closed-loop infusion systems and artificial intelligence-based algorithms has modified the anesthesiologist's practice, progressively transferring part of the pharmacological control to the equipment. This scenario raises technical and legal questions regarding the imputation of civil and criminal liability in cases of algorithm failure, patient harm, or data processing bias. The general objective of this study is to analyze the limits of medico-legal accountability concerning new automation technologies in ophthalmic anesthesia. The specific objectives involve describing the socioeconomic impacts of these technologies, mapping operational risks, and elucidating contemporary ethical guidelines. The methodology is based on searches in scientific databases, selecting recent articles that discuss the intersection of medical law and anesthetic innovations. It is preliminarily concluded that technological advancement requires continuous normative updates to ensure the legal safety of professionals and the protection of patients undergoing ophthalmic procedures under automated control.

Keywords: ophthalmic anesthesia; automation; medico-legal liability; artificial intelligence; medical ethics.

Submetido em 19/março/2026

Aprovado em 16/julho/2026

1 INTRODUÇÃO

A prevalência de condições oftalmológicas cirúrgicas, com destaque para a catarata senil, impulsiona um volume massivo de procedimentos em escala global, exigindo estruturas de saúde preparadas para essa demanda. No contexto brasileiro, o Sistema Único de Saúde registra anualmente centenas de milhares de cirurgias oftalmológicas, o que reflete o envelhecimento populacional e a

necessidade de políticas públicas voltadas à prevenção da cegueira. A anestesia para tais intervenções necessita de exatidão milimétrica, pois movimentos oculares involuntários ou reflexos sistêmicos indesejados podem comprometer o desfecho operatório. Nesse cenário de alta rotatividade, a eficiência do ato anestésico torna-se uma prioridade para viabilizar o fluxo de pacientes sem comprometer a segurança clínica. As técnicas anestésicas locais e tópicas são amplamente utilizadas, acompanhadas de sedação, para promover conforto e estabilidade ao paciente. O volume crescente dessas abordagens evidencia a magnitude do impacto epidemiológico, indicando que falhas nos processos podem atingir proporções representativas em termos de morbidade. A otimização dos recursos e o monitoramento dos parâmetros vitais tornam-se elementos de interesse para a gestão hospitalar em nível nacional e internacional (Rossi et al., 2024).

As intervenções oftalmológicas, embora frequentemente consideradas de curta duração, apresentam riscos de complicações que requerem avaliação anestésica contínua. As respostas fisiopatológicas adversas durante esses procedimentos variam desde abrasões corneanas e pequenos desconfortos até eventos severos, como bradicardia induzida pelo reflexo oculocardíaco, isquemia retiniana e perda visual irreversível. Adicionalmente, as alterações hemodinâmicas oriundas de comorbidades prévias do paciente, como hipertensão arterial sistêmica e diabetes mellitus, potencializam a instabilidade transoperatória. A anestesia, seja ela tópica associada à sedação ou bloqueios regionais estruturados, pode induzir toxicidade sistêmica, flutuações na pressão intraocular e depressão respiratória. A necessidade de imobilidade ocular exige uma titulação exata dos fármacos, visto que o subdoseamento gera dor e movimentação, enquanto o superdoseamento pode causar eventos hipóxicos de difícil reversão. Diante desses mecanismos fisiopatológicos, a vigilância clínica atenta atua como barreira contra desfechos mórbidos, garantindo a oxigenação

cerebral adequada e a estabilidade cardiovascular. A compreensão dessas cascatas de eventos adversos reforça a exigência de métodos anestésicos rigorosamente controlados, minimizando o impacto negativo no prognóstico (Singh et al., 2021).

Para mitigar os riscos associados à variabilidade da resposta humana aos fármacos, a automação na anestesia tem se estabelecido como uma via tecnológica promissora no manejo de pacientes oftalmológicos. Sistemas de infusão alvo controlada e mecanismos de malha fechada utilizam sensores que aferem continuamente parâmetros neurológicos e cardiovasculares, ajustando a liberação dos anestésicos em tempo real. Essa abordagem baseada em algoritmos avançados e inteligência artificial possibilita a personalização da dosagem, entregando a quantidade exata de medicação para manter o plano anestésico ajustado. Tal precisão terapêutica reduz os eventos de instabilidade hemodinâmica e otimiza a recuperação pós-operatória, diminuindo o tempo de permanência na sala de recuperação e os custos operacionais associados. O manejo anestésico automatizado atua diretamente na atenuação das complicações fisiopatológicas, padronizando a entrega do cuidado em centros cirúrgicos com alta demanda de oftalmologia. A integração dessas ferramentas tecnológicas altera a dinâmica tradicional do centro cirúrgico, reconfigurando a administração anestesiológica para um modelo centrado em processamento de dados e em modelos matemáticos preditivos.

Apesar dos benefícios clínicos promovidos pela tecnologia, a introdução de sistemas autônomos no ambiente cirúrgico levanta questões sobre a responsabilidade médico-legal e os preceitos éticos da prática. Quando um algoritmo assume o controle da infusão de drogas, ocorre um deslocamento parcial da ação direta do médico para a máquina, o que desafia os conceitos consolidados de culpa e negligência civil. Em casos de intercorrências geradas por falhas sistêmicas, vieses de programação ou má interpretação de dados pelos

sensores, a imputação de responsabilidade torna-se difusa. O cenário exige deliberações sobre quem deve responder juridicamente por eventuais danos ao paciente: o anestesiolologista que supervisiona o processo, a instituição hospitalar que fornece o equipamento ou a empresa desenvolvedora do programa. A ausência de marcos regulatórios específicos para essa transição gera insegurança jurídica para os profissionais, que podem ser responsabilizados por decisões tomadas de forma automatizada. Essa nova configuração impõe a necessidade de diretrizes sobre o consentimento informado, a privacidade dos dados de saúde e o limite da autonomia delegada aos computadores (Gupta, 2025).

O impacto socioeconômico e familiar das complicações anestésicas decorrentes de erros ou falhas em procedimentos oftalmológicos atinge proporções extensas, afetando a funcionalidade dos indivíduos e gerando custos ao Estado. A perda temporária ou permanente da visão resultante de uma intercorrência transoperatória retira o paciente de suas atividades laborais, reduzindo a renda familiar e exigindo a mobilização de redes de apoio ou cuidadores. Paralelamente, o sistema de saúde sofre com o aumento dos gastos relacionados a internações prolongadas, tratamentos reabilitadores e litígios judiciais indenizatórios que oneram o erário e as instituições médicas. A implementação de sistemas de anestesia guiados por inteligência artificial apresenta o potencial de reduzir esses encargos ao padronizar o cuidado e evitar erros de dosagem causados por fadiga. Por outro lado, a aquisição dessas tecnologias demanda investimentos financeiros expressivos, o que pode exacerbar a desigualdade no acesso a tratamentos complexos, limitando as inovações a hospitais com maior poderio econômico. A dinâmica econômica da automação reflete a tensão entre a segurança assistencial e o desafio do financiamento na saúde (Baalann et al., 2025).

A escolha desta temática justifica-se pela adoção acelerada de sistemas autônomos na medicina perioperatória sem o correspondente avanço nas

deliberações legislativas e deontológicas. A anestesiologia oftalmológica, por lidar com um grande contingente de idosos e pacientes com múltiplas comorbidades, serve como um modelo representativo dos riscos e das vantagens operacionais da automação clínica. O vazio jurídico atual em torno da responsabilidade civil por decisões baseadas em aprendizado de máquina coloca os profissionais de saúde e os pacientes em posições de vulnerabilidade. Compreender como o sistema judiciário e os conselhos de classe poderão interpretar falhas em algoritmos preditivos mostra-se uma necessidade técnica urgente para orientar a prática médica segura. A ausência de literatura consolidada sobre o compartilhamento de responsabilidades entre agentes humanos e softwares embasa o aprofundamento investigativo deste trabalho. Avaliar essas nuances permite antecipar conflitos nos tribunais e contribuir para a elaboração de protocolos de segurança que alinhem a inovação tecnológica aos princípios do direito médico, assegurando a aplicabilidade dos novos recursos (Srinivasareddy, 2024).

Ainda como justificativa, nota-se que a literatura existente frequentemente aborda a inteligência artificial sob um prisma estritamente computacional, negligenciando a variável humana na interface de controle sistêmico. A redefinição do papel do anestesiológista, que passa de executor manual a supervisor de sistemas paramétricos, altera a dinâmica da vigilância clínica e a formulação do raciocínio médico. Essa mudança de paradigma requer uma análise analítica de como o treinamento profissional deverá ser modificado para lidar com ferramentas de suporte à decisão que abrigam margens de erro estruturais. A dependência excessiva dos algoritmos computacionais pode induzir uma complacência operacional, retardando a identificação de deteriorações fisiológicas que os sensores matemáticos falhem em captar prontamente. Dessa forma, a pesquisa fundamenta-se na necessidade de delinear os limites técnicos e éticos do uso de modelos movidos a dados na

anestesia oftalmológica. A estruturação de uma matriz de responsabilidade auxiliará as instituições hospitalares na implementação dessas inovações sem comprometer o monitoramento humano ativo, mantendo a cognição clínica como instância deliberativa (van Loon et al., 2026).

Por fim, justifica-se a realização deste estudo pela exigência de sistematizar o conhecimento fragmentado sobre as repercussões jurídicas da automação, estruturando uma base bibliográfica para subsidiar regulações futuras. A integração de tais tecnologias deve ocorrer sob balizas normativas que garantam a transparência processual dos algoritmos e a mitigação de danos eventuais aos submetidos à sedação. Diante desse panorama tecnológico e jurídico, o objetivo geral desta pesquisa é analisar a responsabilidade médico-legal na utilização de sistemas automatizados de anestesia em cirurgias oftalmológicas. Para desdobrar essa diretriz, definem-se os seguintes objetivos específicos: investigar as alterações na dinâmica de responsabilização civil e penal do anestesiológista operante; mapear os impactos socioeconômicos da transição tecnológica nos centros cirúrgicos oftalmológicos; e elucidar as diretrizes éticas voltadas para a proteção jurídica e a redução de vieses algorítmicos. O alcance desses objetivos propõe fornecer ao meio acadêmico, operadores do direito e profissionais da saúde uma visão estruturada sobre a conformidade legal na era da inteligência artificial aplicada.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A transição do controle farmacológico manual para sistemas autônomos na anestesia oftalmológica impõe uma reconfiguração da teoria da responsabilização civil na prática médica. Historicamente, o direito médico fundamenta-se na averiguação da negligência, imprudência ou imperícia humana, exigindo o nexo causal direto entre a ação do médico e o dano ao paciente. Contudo, a inserção de algoritmos preditivos altera essa dinâmica, pois

a máquina passa a atuar como um agente intermediário na administração de drogas, fragmentando a culpa em casos de intercorrências operatórias. Quando um evento adverso ocorre devido a um erro de cálculo do software, a doutrina jurídica debate se o caso deve ser enquadrado como erro médico tradicional ou como responsabilidade pelo fato do produto. Essa incerteza gera um cenário de vulnerabilidade para as instituições de saúde e para os profissionais, que podem ser demandados judicialmente por falhas de programação das quais não detinham controle técnico ou conhecimento estrutural interno (Gerke et al., 2020).

Nos procedimentos oftalmológicos, a manutenção de um plano anestésico estável configura uma exigência técnica, e o uso de sistemas de infusão em malha fechada atende a essa demanda por meio da leitura contínua de parâmetros vitais. A complexidade surge quando esses sistemas autônomos falham na interpretação de artefatos de movimento ou de sinais elétricos, induzindo o fornecimento inadequado de anestésicos. O modelo opaco desses algoritmos, frequentemente descrito como uma caixa preta, dificulta a auditoria técnica pós-operatória para identificar a raiz do evento adverso. O julgador enfrenta obstáculos para discernir se a instabilidade hemodinâmica resultou de uma condição fisiológica imprevisível do paciente, de uma calibração incorreta dos sensores ou de um defeito no código fonte da inteligência artificial. Essa opacidade algorítmica exige que o perito médico detenha conhecimentos transversais em bioengenharia para atestar a verdadeira causa do dano, complicando a justa aplicação de sanções cíveis no âmbito dos tribunais.

Na esfera penal, a automação anestésica levanta o debate acerca da figura da culpa in vigilando, aplicada aos anesthesiologistas que supervisionam os equipamentos no centro cirúrgico. A confiança excessiva nas leituras fornecidas pelas máquinas pode gerar o fenômeno do viés de automação, caracterizado pela redução do nível de alerta do profissional em relação ao paciente físico. Caso

ocorra uma depressão respiratória durante uma cirurgia de catarata e o algoritmo não emita um alarme imediato, o retardo na intervenção humana pode culminar em lesões hipóxicas severas ou óbito. Nesses cenários, o Ministério Público pode denunciar o médico por homicídio ou lesão corporal culposa, sob o argumento de que a delegação de vigilância ao computador não exime o dever legal de cuidado. A adaptação da jurisprudência torna-se uma necessidade premente para delimitar até que ponto o anesthesiologista deve intervir nas decisões da máquina sem descaracterizar a própria utilidade do sistema (Rajkomar et al., 2019).

A incorporação de tecnologias avançadas de sedação guiada por computadores apresenta um potencial expressivo de otimização na gestão macroeconômica dos centros cirúrgicos oftalmológicos. Sistemas automatizados calculam a dosagem medicamentosa exata necessária para atingir o alvo terapêutico, evitando o desperdício de drogas venosas de alto custo e reduzindo o acúmulo de metabólitos no organismo do paciente. Esse refinamento posológico rigoroso acelera o despertar anestésico, diminuindo significativamente o tempo de permanência na sala de recuperação e permitindo um giro de leitos mais ágil. Do ponto de vista econômico e organizacional, a ampliação do número de cirurgias realizadas por turno gera um impacto financeiro positivo e direto para as instituições hospitalares, contribuindo para mitigar as longas filas de espera no sistema público de saúde. A eficiência operacional proporcionada por essas ferramentas preditivas atua como um mecanismo de sustentabilidade administrativa, alinhando a alta resolutividade clínica à racionalização metódica dos recursos materiais disponíveis no ambiente hospitalar (Topol, 2019).

Em contrapartida aos benefícios organizacionais, a implantação dessas plataformas algorítmicas de malha fechada exige investimentos financeiros robustos para aquisição e manutenção dos equipamentos, além do treinamento

da equipe assistencial. Esse fator restritivo cria um cenário de desigualdade tecnológica, no qual apenas hospitais de grande porte ou situados em polos econômicos conseguem oferecer os padrões mais modernos de monitoramento. Pacientes atendidos em regiões periféricas ou em instituições com limitações orçamentárias permanecem expostos aos riscos inerentes à titulação manual de anestésicos, perpetuando disparidades nos desfechos oftalmológicos. A barreira do custo de aquisição representa um desafio socioeconômico de grandes proporções para gestores públicos, que devem equilibrar a introdução de inovações com a garantia do princípio da equidade em saúde. A formulação de políticas de financiamento para subsidiar a compra de tecnologias seguras torna-se uma exigência para evitar que a modernização acentue a segregação na qualidade do cuidado perioperatório (Ting et al., 2019).

O reflexo socioeconômico da automação anestésica também se manifesta diretamente na recuperação precoce e na reinserção laboral do indivíduo submetido à cirurgia oftalmológica especializada. Complicações anestésicas tradicionais, como delírio pós-operatório, náuseas prolongadas ou picos hipertensivos, ampliam o afastamento do paciente de suas atividades profissionais e demandam a atenção contínua de familiares durante a convalescença. Ao minimizar a ocorrência dessas reações sistêmicas por meio de infusões parametrizadas e ajustadas em tempo real, os algoritmos colaboram para uma reabilitação visual sem intercorrências clínicas associadas. Esse desfecho favorável diminui o impacto econômico suportado pelas redes de previdência estatal, que registram um volume menor de concessões de auxílio-doença por morbidades perioperatórias. O restabelecimento rápido da capacidade produtiva, aliado à ausência de sequelas decorrentes da sedação inadequada, preserva a estabilidade financeira do núcleo familiar e atesta o valor pragmático da integração de computadores na rotina dos blocos cirúrgicos oftalmológicos (Amisha et al., 2019).

No campo da ética e da bioética, o uso de algoritmos para guiar o ato anestésico apresenta desafios relacionados ao treinamento dos dados e ao risco de perpetuação de vieses discriminatórios. Muitos modelos de aprendizado de máquina são desenvolvidos utilizando bases de informações coletadas de populações com características demográficas e étnicas específicas, o que limita a generalização dos resultados. Quando aplicados em pacientes com biotipos, genéticas ou metabolismos divergentes do padrão estudado, esses sistemas podem subestimar ou superestimar a dosagem anestésica requerida. Tal discrepância fere o princípio da justiça na prestação de cuidados, pois expõe minorias populacionais a riscos desproporcionais durante a realização de uma intervenção oftalmológica. A elaboração de normas regulatórias demanda a obrigatoriedade de testes de validação multicêntricos e diversificados antes da comercialização desses equipamentos. A mitigação dessas distorções computacionais consiste em uma etapa técnica obrigatória para garantir que a inovação contemple todos os extratos da sociedade de modo seguro (Char et al., 2018).

Outro dilema ético reside na obtenção do consentimento informado frente à inserção da inteligência artificial nas decisões intraoperatórias oftalmológicas. O princípio da autonomia estabelece que o paciente possui o direito inalienável de ser instruído sobre os riscos, os métodos e os agentes envolvidos em seu tratamento médico. A delegação de funções vitais a um software operante em malha fechada exige que o termo de consentimento descreva, de forma transparente e compreensível, o papel exato da máquina e os limites da supervisão humana. O anestesiológista deve esclarecer a possibilidade de falhas algorítmicas e a estratégia de reversão para o comando manual em situações de emergência hemodinâmica. A omissão dessas informações caracteriza uma violação do dever de lealdade e afeta a validade jurídica da autorização concedida pelo paciente. O estabelecimento de protocolos claros de

comunicação consolida a relação médico-paciente e fortalece a segurança jurídica da equipe cirúrgica em cenários de litígio decorrentes do uso da automação (Esteve et al., 2019).

3 METODOLOGIA

O percurso metodológico adotado neste trabalho caracteriza-se como uma revisão de literatura narrativa, estruturada para promover uma análise descritiva e crítica sobre a interseção entre o direito médico e a engenharia clínica. A estratégia de investigação buscou congregiar publicações científicas indexadas nas bases de dados da National Library of Medicine (PubMed), da Scientific Electronic Library Online (SciELO) e da Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS). O levantamento bibliográfico foi conduzido mediante o cruzamento de descritores padronizados, combinando termos referentes à especialidade oftalmológica, monitoramento anestésico, inteligência artificial e jurisdição penal. Como critérios de inclusão, delimitaram-se artigos originais, estudos de coorte, ensaios clínicos e revisões sistemáticas publicados na última década, nos idiomas português, inglês e espanhol. Os critérios de exclusão abrangeram resumos de congressos, cartas ao editor, publicações sem revisão por pares e textos que tangenciavam a temática sem focar nas repercussões médico-legais das ferramentas autônomas.

A extração e a síntese das informações seguiram um protocolo rigoroso de triagem, assegurando a validade técnica do escopo amostral e a conformidade com os objetivos propostos. Inicialmente, o universo de busca retornou dezenas de artigos, os quais foram submetidos a uma leitura exploratória dos títulos e dos resumos para verificar o alinhamento primário com a automação e o erro médico. Em seguida, os textos pré-selecionados passaram por uma leitura analítica na íntegra, culminando na composição final de uma amostra composta por quinze artigos científicos de alto impacto acadêmico. A avaliação metodológica dos

estudos selecionados levou em consideração a robustez das evidências jurídicas apresentadas e a aplicabilidade prática das conclusões nos ambientes cirúrgicos hospitalares. O agrupamento dos dados extraídos permitirá a elaboração de uma matriz discursiva coesa e a estruturação de uma tabela sinóptica, facilitando a visualização das correntes doutrinárias que balizam a responsabilidade civil e os desfechos oftalmológicos modernos.

4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

A análise sistêmica da inserção de tecnologias autônomas na prática anestesiológica revela uma transformação estrutural na condução de cirurgias oftalmológicas. A dinâmica intraoperatória, que outrora dependia exclusivamente da observação clínica humana e de ajustes farmacológicos manuais, passa a ser mediada por sensores e sistemas preditivos de precisão paramétrica. Essa mudança no padrão de cuidado proporciona uma administração terapêutica mensurável, mitigando os riscos fisiológicos inerentes à manipulação do globo ocular e garantindo a estabilidade hemodinâmica do paciente. Contudo, o repasse de decisões operatórias para o software gera um distanciamento entre o médico e o ato de infusão, configurando uma delegação parcial da vigilância. Observa-se que a consolidação tecnológica não substitui o raciocínio médico, mas atua como um suporte avançado que demanda uma supervisão ativa. A eficácia desses sistemas em manter a profundidade anestésica exata contrasta com a opacidade interna de seus algoritmos, criando um hiato entre o funcionamento da máquina e a compreensão clínica imediata. Esse cenário exige que o anestesiológista desenvolva novas competências de monitoramento, adaptando sua conduta para atuar em sinergia com o equipamento, ao invés de adotar uma postura de dependência técnica estrita.

Sob a ótica do direito médico, os achados apontam para um vazio regulatório no que tange à imputação de responsabilidades cíveis e penais em contextos de falha algorítmica. O ordenamento jurídico vigente encontra barreiras metodológicas para enquadrar os danos oriundos de softwares preditivos nas categorias consolidadas de imperícia, imprudência ou negligência. Quando ocorre um desfecho adverso decorrente de uma leitura imprecisa do equipamento, a cadeia de culpabilidade fragmenta-se entre o profissional de saúde, a instituição hospitalar e a empresa desenvolvedora da tecnologia. A indefinição sobre o limite da autonomia delegada à máquina instaura uma insegurança jurídica que afeta diretamente o exercício profissional. Os dados levantados demonstram que a formulação de normativas específicas torna-se uma exigência administrativa para resguardar as equipes cirúrgicas de responsabilizações indevidas, especialmente em casos caracterizados por vieses de programação ou defeitos sistêmicos de difícil detecção visual no monitor. Além disso, a obrigatoriedade do termo de consentimento livre e esclarecido ganha novos contornos, requerendo que os pacientes sejam integralmente informados sobre a coparticipação da inteligência artificial nas decisões referentes à sedação, preservando o princípio da autonomia.

No âmbito socioeconômico e estrutural, a integração de sistemas de malha fechada apresenta resultados divergentes que merecem avaliação técnica. Por um lado, a otimização do plano anestésico reduz o tempo de permanência na sala de recuperação, diminui o desperdício de insumos intravenosos e minimiza as intercorrências pós-operatórias. Esse ganho de eficiência permite o aumento do volume cirúrgico diário, favorecendo a gestão hospitalar e agilizando o fluxo de atendimento em procedimentos oftalmológicos. Por outro lado, o investimento financeiro exigido para a aquisição, manutenção e atualização dessas plataformas estabelece uma restrição orçamentária para instituições com recursos limitados. Essa disparidade de acesso exacerba as assimetrias no

sistema de saúde, concentrando o uso de tecnologias preditivas em polos assistenciais de maior arrecadação. Para solucionar essa distorção, torna-se necessária a estruturação de políticas de financiamento que subsidiem a modernização dos blocos cirúrgicos de forma equitativa. A sustentabilidade desse modelo de monitoramento depende de um planejamento macroeconômico que equilibre a inovação assistencial com a viabilidade orçamentária das secretarias de saúde.

7 CONCLUSÃO

A automação na anestesia oftalmológica representa um avanço tecnológico estrutural que redefine as fronteiras do cuidado perioperatório, exigindo uma reestruturação imediata dos paradigmas de responsabilização médico-legal. O estudo evidenciou que a transferência do controle farmacológico para sistemas baseados em inteligência artificial gera lacunas jurídicas complexas, desafiando a aplicação das normativas de erro médico vigentes. A fragmentação da culpa entre o anestesiológista, a instituição hospitalar e os desenvolvedores do software demonstra a necessidade de uma atualização legislativa que estabeleça limites formais para a delegação de vigilância. A ausência de um marco regulatório específico expõe o profissional de saúde a riscos penais e cíveis por falhas sistêmicas que frequentemente fogem ao seu controle direto ou capacidade de previsão imediata. Para resguardar a prática clínica, torna-se necessária a adoção de protocolos institucionais rigorosos que definam o momento exato em que a intervenção humana deve sobrepor-se aos comandos da máquina, garantindo a segurança do paciente e a defesa jurídica do médico. Dessa maneira, a transição tecnológica necessita de um acompanhamento doutrinário constante para evitar que a inovação resulte em vulnerabilidades legais no ambiente operatório oftalmológico.

Além das repercussões jurídicas, a inserção dessas ferramentas autônomas nos centros cirúrgicos impõe debates éticos e socioeconômicos que demandam deliberação técnica por parte dos gestores de saúde. A revisão de literatura demonstrou que a otimização dos recursos financeiros e a redução do tempo de internação são benefícios operacionais da precisão algorítmica, contribuindo ativamente para a sustentabilidade hospitalar. Entretanto, a barreira imposta pelo alto custo de aquisição dos equipamentos cria um cenário de desigualdade estrutural que restringe o acesso a essa tecnologia preditiva no âmbito da saúde pública. Somado a isso, o risco de vieses de processamento de dados e a necessidade de transparência no consentimento informado reforçam a exigência de princípios bioéticos no processo de validação clínica desses sistemas computadorizados. Conclui-se, portanto, que a inteligência artificial não atua como uma substituta da cognição humana, mas sim como uma ferramenta de suporte que exige avaliação contínua. A elaboração de políticas públicas e de diretrizes deontológicas atualizadas promoverá um ambiente cirúrgico seguro, alinhando a eficiência da automação à equidade no atendimento oftalmológico especializado e garantindo a preservação dos direitos civis dos pacientes assistidos.

REFERÊNCIAS

- AMISHA, V. *et al.* Overview of artificial intelligence in medicine. **Journal of Family Medicine and Primary Care**, v. 8, n. 7, p. 2328-2331, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31463251/>. Acesso em: 07 jul. 2026.
- BAALANN, K. *et al.* Economic impacts of automated anesthesia systems in healthcare. **International Journal of Clinical Anesthesia**, v. 12, n. 2, p. 45-53, 2025. Disponível em: <https://ijca.in/archive/volume/12/issue/2/article/20436>. Acesso em: 10 jul. 2026.
- BAETHGE, C. *et al.* SANRA—a scale for the quality assessment of narrative review articles. **Research Integrity and Peer Review**, v. 4, n. 1, p. 5, 2019.

Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30962953/>. Acesso em: 09 jul. 2026.

CAI, M. *et al.* Advances in automated anesthesia: a comprehensive review. **ResearchGate**, 2025. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/388111662_Advances_in_automated_anesthesia_a_comprehensive_review. Acesso em: 24 jul. 2026.

CHAR, D. S. *et al.* Implementing machine learning in health care — addressing ethical challenges. **The New England Journal of Medicine**, v. 378, n. 11, p. 981-983, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29539284/>. Acesso em: 04 jul. 2026.

ESTEVA, A. *et al.* A guide to deep learning in healthcare. **Nature Medicine**, v. 25, n. 1, p. 24-29, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41591-018-0316-z>. Acesso em: 24 jul. 2026.

GERKE, S. *et al.* Ethical and legal challenges of artificial intelligence-driven healthcare. **Artificial Intelligence in Healthcare**, p. 295-336, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7332220/>. Acesso em: 11 jul. 2026.

GUPTA, Lalit. Ethical considerations of AI-driven content in anesthesia practice. **Indian Journal of Clinical Anaesthesia**, v.12, n.1, 2025. Disponível em: <https://ijca.in/archive/volume/12/issue/1/article/20405>. Acesso em: 11 jul. 2026.

HASHIMOTO, D. A. *et al.* Artificial intelligence in surgery: promises and perils. **Annals of Surgery**, v. 268, n. 1, p. 70-76, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322878441_Artificial_Intelligence_in_Surgery_Promises_and_Perils. Acesso em: 15 jul. 2026.

RAJKOMAR, A. *et al.* Machine learning in medicine. **The New England Journal of Medicine**, v. 380, n. 14, p. 1347-1358, 2019. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra1814259>. Acesso em: 09 jul. 2026.

ROSSI, L. *et al.* Ophthalmic anesthesia in high-volume settings: an epidemiological review. **Medical Research Archives**, v. 12, n. 3, 2024. Disponível em: <https://esmed.org/MRA/mra/article/view/5113>. Acesso em: 13 jul. 2026.

SINGH, R. *et al.* Complications of ophthalmic regional blocks: a systematic review. **PubMed**, v. 45, n. 2, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33625566/>. Acesso em: 10 jul. 2026.

SRINIVASAREDDY, M. Artificial intelligence in anesthesia: what might the future hold. **ResearchGate**, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/385632602_Artificial_Intelligence_in_Anesthesia_What_Might_the_Future_Hold. Acesso em: 03 jul. 2026.

TING, D. S. W. *et al.* Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology. **British Journal of Ophthalmology**, v. 103, n. 2, p. 167-175, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30361278/>. Acesso em: 23 jul. 2026.

TOPOL, E. J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. **Nature Medicine**, v. 25, n. 1, p. 44-56, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30617339/>. Acesso em: 01 jul. 2026.

VAN LOON, K. *et al.* Comment on advances in automated anesthesia: a comprehensive review. **Springer Medizin**, 2026. Disponível em: <https://www.springermedizin.de/comment-on-advances-in-automated-anesthesia-a-comprehensive-revi/51989412>. Acesso em: 01 jul. 2026.