

AVANÇOS E INOVAÇÕES NA MEDICINA VETERINÁRIA: CIRURGIA, CARDIOLOGIA, NUTRIÇÃO, GENÉTICA E CUIDADOS NEONATAIS

ADVANCES AND INNOVATIONS IN VETERINARY MEDICINE: SURGERY,
CARDIOLOGY, NUTRITION, GENETICS AND NEONATAL CARE

Ciências Biológicas, Ciências da Saúde • 16/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/792103151](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/792103151)

Priscilla Talamás Sbano¹

Leticia Pereira de Sousa²

Paula Gabriela de Oliveira³

Fernanda Picoli⁴

Rosana Damasceno Pires Domiciano⁵

Andressa Helen Garcia Pereira⁶

Carla Lailane Dias de Lima⁷

Alice Monteiro Louro Trajano⁸

Yasmim Letícia da Silva⁹

Bruna Aguilar Fontes¹⁰

Everaldo Henrique Souza do Vale¹¹

Silvia Regina Carneiro de Oliveira¹²

Isabella Rocha Marchetti Ferreira¹³

Emilly Shara Moschen da Silva¹⁴

Henrique de Souza Nogueira¹⁵

RESUMO

A medicina veterinária contemporânea vem incorporando tecnologias diagnósticas e terapêuticas capazes de ampliar a precisão clínica, reduzir a invasividade de procedimentos e individualizar o cuidado. Este estudo analisou avanços recentes em cirurgia, cardiologia, nutrição, genética e cuidados neonatais, com ênfase na medicina de cães e gatos. Realizou-se revisão integrativa, qualitativa e descritivo-analítica, com literatura publicada entre 2022 e outubro de 2026, consultada em MEDLINE/PubMed e SciELO, complementada por registros bibliográficos verificáveis. Foram selecionadas 50 referências após triagem por aderência temática, atualidade e relevância clínica. Os achados evidenciam expansão da cirurgia minimamente invasiva, planejamento tridimensional e navegação; refinamento da imagem cardiovascular, medicina personalizada e terapias intervencionistas; consolidação da nutrição de precisão e do eixo dieta-microbiota; crescimento da genômica aplicada e dos testes moleculares; e fortalecimento da avaliação sistemática do neonato, do manejo do colostro e da prevenção de distúrbios metabólicos e infecciosos. Conclui-se que a inovação veterinária produz maior valor quando integra tecnologia, julgamento clínico, bem-estar animal, validação de evidências e capacitação profissional, evitando adoção acrítica e ampliando a segurança e a qualidade assistencial.

Palavras-chave: Medicina Veterinária; Inovação Tecnológica; Cirurgia Veterinária; Medicina de Precisão; Neonatologia Veterinária.

ABSTRACT

Contemporary veterinary medicine has increasingly incorporated diagnostic and therapeutic technologies capable of improving clinical precision, reducing procedural invasiveness, and individualizing care. This study analyzed recent advances in surgery,

cardiology, nutrition, genetics, and neonatal care, with emphasis on canine and feline medicine. An integrative, qualitative, descriptive-analytical review was conducted using literature published from 2022 to October 2026, retrieved from MEDLINE/PubMed and SciELO and complemented by verifiable bibliographic records. Fifty references were selected after screening for thematic relevance, recency, and clinical applicability. Findings demonstrate the expansion of minimally invasive surgery, three-dimensional planning, and navigation; refinement of cardiovascular imaging, personalized medicine, and interventional therapies; consolidation of precision nutrition and the diet-microbiota axis; growth of applied genomics and molecular testing; and stronger systematic neonatal assessment, colostrum management, and prevention of metabolic and infectious disorders. The review concludes that veterinary innovation generates greater value when technology is integrated with clinical judgment, animal welfare, evidence validation, and professional training, avoiding uncritical adoption while improving safety and quality of care.

Keywords: Veterinary Medicine; Technological Innovation; Veterinary Surgery; Precision Medicine; Veterinary Neonatology.

1. INTRODUÇÃO

A medicina veterinária atravessa uma fase de transformação caracterizada pela convergência entre técnicas minimamente invasivas, sistemas de imagem avançada, plataformas moleculares e estratégias terapêuticas orientadas por dados. Em cirurgia de pequenos animais, a expansão da laparoscopia, da toracoscopia, do planejamento virtual e da impressão tridimensional modificou a forma de visualizar estruturas, planejar acessos e executar correções complexas, com potencial para reduzir trauma tecidual e tornar o

procedimento mais reprodutível. Ao mesmo tempo, a incorporação de robótica, fluorescência no infravermelho próximo e instrumentos articulados demonstra que inovação cirúrgica depende tanto de dispositivos quanto de treinamento, seleção adequada de casos e avaliação de desfechos clínicos (Altwal *et al.*, 2022; Buote, 2022; Balsa, 2024; Gibson, 2024).

Na cardiologia veterinária, a inovação se expressa pela combinação de métodos tradicionais com ecocardiografia tridimensional, ecocardiografia transesofágica, biomarcadores, monitorização eletrocardiográfica prolongada e abordagens de medicina personalizada. Essas ferramentas ampliam a caracterização estrutural e funcional do coração e permitem estratificar risco em cardiomiopatias e arritmias, especialmente em cães e gatos. A interpretação clínica, entretanto, continua dependente de integração entre história, exame físico, imagem, eletrocardiografia e resposta terapêutica, pois maior sofisticação tecnológica não elimina limitações de sensibilidade, especificidade ou generalização entre raças e populações (Rivas *et al.*, 2023; Fries, 2023; Tidholm *et al.*, 2024; Saunders; Stoner, 2024).

A nutrição também passou a ocupar posição mais estratégica na prática clínica, deixando de ser compreendida apenas como fornecimento de energia e nutrientes. Estudos recentes enfatizam diferenças metabólicas entre cães e gatos, exigências de aminoácidos, qualidade proteica, perfil de ácidos graxos, papel dos carboidratos e relação entre dieta, microbiota e metabólitos intestinais. A consequência clínica é a possibilidade de formular intervenções mais individualizadas para diabetes, doença renal, envelhecimento e distúrbios metabólicos, considerando espécie, fase de vida, composição corporal, comorbidades e resposta ao

tratamento (Parker; Hill, 2023; Li; Wu, 2024; Singh *et al.*, 2024; Burron *et al.*, 2024).

Paralelamente, a genômica veterinária vem alterando a compreensão de doenças hereditárias e complexas. Bancos de genomas caninos, testes de variantes e painéis moleculares ampliam a capacidade de associar genótipo a fenótipo, identificar predisposições e apoiar decisões reprodutivas ou terapêuticas. O crescimento da medicina de precisão torna relevante discutir interpretação de variantes, representatividade populacional, validade analítica e utilidade clínica, uma vez que a disponibilidade comercial de testes não garante que todo resultado seja clinicamente acionável (Pallotti *et al.*, 2022; Leeb; Bannasch; Schoenebeck, 2023; Buckley; Ostrander, 2024; Lyons, 2024).

Os cuidados neonatais constituem outro campo no qual a sistematização de protocolos tem produzido avanços relevantes. Cães e gatos recém-nascidos apresentam particularidades de termorregulação, metabolismo energético, imunidade, hidratação e resposta às infecções que aumentam a vulnerabilidade nas primeiras semanas. Avaliação de vitalidade, peso, reflexos, temperatura, glicemia, ingestão de colostro e crescimento permite reconhecer precocemente neonatos em risco e organizar intervenções antes da deterioração clínica. A literatura recente também reforça a participação da microbiota materna e neonatal na saúde inicial, ampliando o olhar para além de medidas isoladas de suporte (Veronesi; Fusi, 2022; Grundy, 2023; Fuchs *et al.*, 2024; Pereira *et al.*, 2024; Garrigues *et al.*, 2025).

Embora os cinco campos tenham trajetórias próprias, eles compartilham desafios de implementação. Equipamentos

avançados, testes moleculares e dietas terapêuticas podem ampliar precisão, mas também elevam custo, exigem infraestrutura e podem criar dependência tecnológica sem ganho proporcional de desfecho. A inovação clinicamente útil precisa ser comparada a alternativas consolidadas, considerar bem-estar animal e ser acompanhada por indicadores de complicação, recuperação, qualidade de vida, precisão diagnóstica e satisfação dos responsáveis. Em cirurgia, por exemplo, as vantagens de visualização e menor invasividade devem ser confrontadas com curva de aprendizagem e custo; em genética, resultados precisam ser interpretados dentro do fenótipo e da história familiar (Buote, 2024; Stoneburner; Giuffrida; Scott, 2024; Chon *et al.*, 2024; Vaidhya *et al.*, 2024).

Outra característica da inovação veterinária é seu potencial translacional. Cães e gatos compartilham ambiente, doenças espontâneas e parte de sua biologia com seres humanos, favorecendo estudos comparativos em cardiologia, genética, oncologia, metabolismo e medicina regenerativa. Essa aproximação não significa equivalência automática entre espécies, mas cria oportunidades para investigação de mecanismos e para desenvolvimento de tecnologias que beneficiem saúde animal e ciência biomédica. A genômica canina e a cardiologia comparada ilustram como fenótipos espontâneos podem informar hipóteses sobre cardiomiopatias, risco genético e resposta terapêutica (Kaur *et al.*, 2023; Rivas *et al.*, 2023; Chon *et al.*, 2024; Isaka *et al.*, 2026).

A diversidade de aplicações também torna necessária uma visão multiprofissional. Cirurgiões, clínicos, cardiologistas, nutrólogos, patologistas, geneticistas, neonatologistas, profissionais de diagnóstico por imagem e equipes de enfermagem veterinária

contribuem para decisões que frequentemente atravessam mais de um eixo tecnológico. Um paciente cardiopata pode demandar ajuste nutricional, interpretação genética e planejamento anestésico; um neonato pode exigir suporte metabólico, microbiológico e nutricional; e um procedimento cirúrgico pode incorporar planejamento tridimensional, imagem intraoperatória e monitorização cardiovascular. Essa integração reduz fragmentação e favorece decisões proporcionais ao risco e às necessidades do animal (Kaplan; Rivas; Connolly, 2023; Summers; Quimby, 2024; Černá; Fontaine, 2025; Mila, 2025).

Diante desse cenário, torna-se pertinente organizar criticamente a produção recente e identificar quais avanços apresentam maior potencial de aplicação, quais permanecem em estágio emergente e quais requisitos condicionam sua adoção segura. O objetivo deste estudo é analisar os principais avanços e inovações recentes na medicina veterinária nos campos da cirurgia, cardiologia, nutrição, genética e cuidados neonatais, discutindo suas aplicações clínicas, benefícios, limitações e perspectivas para qualificação do cuidado animal.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA OU REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Inovação Cirúrgica, Minimamente Invasiva e Planejamento Tridimensional

A cirurgia minimamente invasiva consolidou-se como um dos principais vetores de inovação em pequenos animais. A laparoscopia e a toracoscopia oferecem magnificação, iluminação e acesso por portais reduzidos, favorecendo visualização anatômica e menor agressão às paredes corporal e abdominal. A evolução da área inclui

abordagens retroperitoneais, novos sistemas de acesso e refinamento de técnicas para procedimentos que antes eram predominantemente abertos. Contudo, a superioridade clínica deve ser avaliada por procedimento, pois resultados dependem de experiência, seleção de paciente e capacidade de manejar conversão para cirurgia aberta quando necessário (Buote, 2022; Balsa, 2024; Stoneburner; Giuffrida; Scott, 2024).

A impressão tridimensional e o planejamento cirúrgico virtual ampliaram a capacidade de antecipar osteotomias, reconstruções e correções de deformidades. Modelos físicos permitem avaliação tátil de anatomias complexas, enquanto guias personalizados podem transferir para o campo operatório ângulos e pontos previamente definidos em ambiente virtual. Estudos em ortopedia canina mostram melhora de consistência em procedimentos guiados e demonstram a utilidade de modelos customizados para redução de fraturas e planejamento de implantes. Essas aplicações são especialmente relevantes quando a anatomia tridimensional dificulta a execução por referências bidimensionais convencionais (Altwal *et al.*, 2022; Thatcher; Soukup, 2022; Scheuermann *et al.*, 2023).

A integração entre imagem e cirurgia aparece também na fluorescência no infravermelho próximo, utilizada para destacar vasos, linfáticos, perfusão e determinados tecidos durante procedimentos endoscópicos. Essa tecnologia amplia a informação intraoperatória sem depender apenas da luz branca e pode apoiar dissecação e identificação de estruturas. A inovação, entretanto, exige padronização de protocolos, seleção de fluoróforos, conhecimento de limitações de penetração e estudos que demonstrem impacto em complicações ou margens cirúrgicas,

evitando que melhor visualização seja confundida automaticamente com melhor desfecho (Thomson, 2024; Balsa, 2024; Gibson, 2024).

A robótica representa um estágio adicional de sofisticação, oferecendo instrumentação articulada, filtragem de tremor e potencial melhora ergonômica. Na medicina veterinária, sua adoção permanece limitada por custo, disponibilidade e necessidade de adaptação de plataformas concebidas para humanos, mas o desenvolvimento já demonstra aplicabilidade e permite antecipar cenários de maior precisão. O aspecto central é que tecnologia cirúrgica deve ser incorporada segundo valor clínico: redução de dor, menor morbidade, recuperação mais rápida, precisão técnica ou acesso a procedimentos anteriormente inviáveis. Sem esses critérios, a inovação corre o risco de se tornar apenas incremento de complexidade (Buote, 2024; Gibson, 2024; Monnet, 2025).

2.2. Cardiologia Veterinária: Imagem Avançada, Arritmias e Medicina Personalizada

A cardiologia veterinária apresenta forte integração entre imagem e fisiopatologia. A ecocardiografia bidimensional permanece central, porém métodos tridimensionais permitem reconstrução de câmaras e valvas e podem melhorar a visualização de morfologias complexas. A ecocardiografia transesofágica amplia a avaliação de estruturas e o monitoramento de procedimentos intervencionistas, sobretudo em cardiopatias estruturais. A utilidade prática dessas tecnologias depende de protocolo, qualidade da aquisição e experiência do operador, e não apenas da disponibilidade do equipamento (Tidholm; Menciotti; Borgarelli, 2024; Saunders; Stoner, 2024).

Nas cardiomiopatias felinas, os avanços recentes reforçam a necessidade de abordagem multimodal. A cardiomiopatia hipertrófica pode manifestar fenótipos heterogêneos, e a estratificação clínica envolve ecocardiografia, biomarcadores, eletrocardiografia e, em situações selecionadas, técnicas avançadas de imagem. O desenvolvimento de terapias direcionadas a mecanismos moleculares tem sido estimulado por estudos translacionais e por melhor caracterização genética da doença, embora a evidência de benefício em longo prazo ainda necessite de consolidação em diferentes populações felinas (Fries, 2023; Kaplan; Rivas; Connolly, 2023; Sousa *et al.*, 2025).

As arritmias constituem outro domínio de rápida evolução. Além de fármacos antiarrítmicos, a medicina veterinária começa a incorporar mapeamento eletrofisiológico, ablação por cateter, dispositivos implantáveis e estratégias avançadas para casos refratários. A fibrilação atrial em cães exemplifica a necessidade de reconhecer fatores predisponentes, como aumento atrial e determinadas cardiopatias, e de individualizar metas de controle. A incorporação de tecnologias intervencionistas deve ocorrer em centros com estrutura de monitorização e capacidade de tratar complicações, pois procedimentos especializados acrescentam risco e complexidade (Hsue; Gagnon, 2023; Arcuri *et al.*, 2024).

A medicina personalizada conecta cardiologia e genética ao propor que raça, mutações, fenótipo e resposta terapêutica sejam considerados na tomada de decisão. Em vez de classificar doenças apenas pela aparência ecocardiográfica, busca-se integrar mecanismos moleculares e dados individuais. Essa abordagem ainda enfrenta escassez de variantes clinicamente validadas em cães e gatos e limitações de farmacogenética veterinária, mas

aponta para um futuro em que terapias e monitorização possam ser mais direcionadas. A visão sistêmica da insuficiência cardíaca também amplia o foco para interações com rim, intestino, endotélio e metabolismo (Rivas *et al.*, 2023; Vaidhya *et al.*, 2024; Isaka *et al.*, 2026).

2.3. Nutrição de Precisão, Metabolismo e Eixo Dieta-Microbiota

A nutrição de cães e gatos exige reconhecer diferenças fisiológicas relevantes entre as espécies. Gatos apresentam maior dependência de nutrientes de origem animal e exigências específicas para aminoácidos como taurina e arginina, enquanto cães demonstram maior adaptação ao uso de amido. Essas particularidades sustentam a necessidade de formulação baseada em espécie e fase de vida. A discussão atual sobre qualidade proteica também desloca o foco do teor bruto de proteína para digestibilidade e adequação do perfil de aminoácidos, especialmente em manutenção e envelhecimento (Wu, 2024; Li; Wu, 2024; Singh *et al.*, 2024).

Os carboidratos permanecem tema de debate, sobretudo quando se generalizam conceitos humanos para cães e gatos. Evidências recentes reforçam que sua função precisa ser interpretada em conjunto com digestibilidade, processamento e contexto clínico. Em paralelo, o balanço de ácidos graxos n-6 e n-3 vem sendo associado a modulação inflamatória e funções metabólicas, sendo relevante distinguir fontes e capacidade de conversão entre espécies. A formulação de dietas deve, portanto, considerar matriz alimentar, nutrientes essenciais e objetivos terapêuticos de modo integrado (Kayser; Finet; De Godoy, 2024; Burron *et al.*, 2024).

O microbioma intestinal tornou-se um dos principais eixos de inovação em nutrição veterinária. A dieta modula composição e função microbiana, e alterações no ecossistema intestinal têm sido associadas a obesidade, distúrbios metabólicos, doença renal e condições imunomediadas. Ainda que muitas associações não estabeleçam causalidade, a possibilidade de modificar produção de metabólitos por fibras, proteínas, prebióticos, probióticos e dietas terapêuticas oferece caminhos clínicos relevantes. A interpretação precisa evitar promessas universais e priorizar intervenções com desfechos mensuráveis no paciente (Ji; Yang; Wu, 2023; Summers; Quimby, 2024).

A individualização nutricional é particularmente evidente no diabetes e no envelhecimento. Pacientes diabéticos exigem objetivos dietéticos adaptados à espécie, condição corporal, tratamento e comorbidades; animais idosos podem apresentar mudanças em massa magra, digestibilidade e demandas metabólicas que justificam reavaliações periódicas. Estratégias com ácidos graxos, triglicerídeos de cadeia média e outros nutracêuticos têm sido estudadas para suporte cognitivo e funcional, mas a qualidade da evidência varia. A nutrição de precisão deve combinar avaliação corporal, ingestão real, exames e resposta longitudinal (Parker; Hill, 2023; Stockman, 2024; Blanchard *et al.*, 2025).

2.4. Genética, Genômica e Medicina de Precisão

A disponibilidade de genomas de alta cobertura transformou a genética canina e ampliou o número de variantes investigadas em doenças hereditárias, morfologia e comportamento. A estrutura de raças, com populações relativamente fechadas, pode facilitar a identificação de variantes de grande efeito, mas também introduz

riscos de redução de diversidade genética quando testes são usados de forma simplista. Estudos genômicos em larga escala mostram que ampliar representatividade de raças e regiões é essencial para melhorar interpretação de variantes e evitar conclusões baseadas em conjuntos de dados restritos (Pallotti *et al.*, 2022; Leeb; Bannasch; Schoenebeck, 2023; Buckley; Ostrander, 2024).

Na clínica, os testes genéticos podem apoiar diagnóstico, aconselhamento reprodutivo e monitoramento, mas precisam ser relacionados ao fenótipo. Variantes com penetrância incompleta, efeitos dependentes de raça ou evidência limitada não devem ser interpretadas como diagnóstico definitivo. Em felinos, o crescimento de painéis comerciais torna ainda mais importante que profissionais conheçam qualidade do laboratório, validação e significado de resultados. O princípio de que 'mais testes' não significa necessariamente 'melhor cuidado' é central para o uso responsável de dados genéticos (Lyons, 2024; Kaur *et al.*, 2023).

A genômica também se aproxima da terapêutica por meio da farmacogenética e da oncologia de precisão. Perfis moleculares podem contribuir para classificar tumores, sugerir alvos e reconhecer diferenças na metabolização ou resposta a fármacos. Contudo, evidências de utilidade clínica precisam ser específicas para espécie e doença, e a transposição direta de achados humanos pode gerar interpretações excessivas. A medicina de precisão veterinária depende de bancos de dados robustos, validação prospectiva e comunicação clara sobre incerteza (Chon *et al.*, 2024; Vaidhya *et al.*, 2024; Sakthikumar *et al.*, 2026).

O campo da oncogenômica felina ilustra o potencial e as limitações dessa abordagem. A caracterização de alterações somáticas e

germinativas pode ampliar entendimento de mecanismos tumorais e oferecer novos biomarcadores, mas a quantidade de dados em gatos permanece menor que em humanos e cães. Esse cenário reforça a necessidade de colaboração entre centros, padronização de coleta e integração entre patologia, clínica e genética. A inovação genômica torna-se relevante quando produz informação acionável e melhora decisão, e não apenas quando gera grande volume de dados (Ludwig *et al.*, 2022; Chon *et al.*, 2024; Sakthikumar *et al.*, 2026).

2.5. Cuidados Neonatais e Prevenção de Mortalidade Precoce

O período neonatal exige protocolos próprios porque mecanismos fisiológicos ainda estão em maturação. Hipotermia, hipoglicemia, desidratação e infecção podem evoluir rapidamente, e sinais clínicos iniciais podem ser discretos. A avaliação sistematizada de vitalidade, reflexos, peso, temperatura e capacidade de sucção cria uma linha de base para o acompanhamento e facilita o reconhecimento de deterioração. A abordagem deve considerar simultaneamente a condição da mãe, o parto, a ninhada e o ambiente, evitando analisar o neonato de forma isolada (Pereira *et al.*, 2022; Grundy, 2023; Pereira *et al.*, 2024).

A hipoglicemia é uma das alterações metabólicas mais importantes em filhotes caninos. Reservas limitadas e mecanismos hepáticos imaturos reduzem a capacidade de manter glicemia durante jejum, doença ou falha de amamentação. Por isso, atraso na ingestão, baixo peso e baixa vitalidade exigem vigilância ativa. A correção deve ser proporcional ao quadro e acompanhada por controle térmico e investigação da causa, pois administração isolada de glicose não

resolve problemas de sucção, infecção ou manejo inadequado (Fuchs *et al.*, 2024; Grundy, 2023).

Em gatos, a neonatologia enfatiza avaliação após o nascimento, oferta de colostro, alimentação e ambiente térmico adequado. A fase entre nascimento e início do desmame concentra riscos importantes, sobretudo em órfãos ou após distocia e cesariana. O suporte deve incluir técnica correta de alimentação, prevenção de aspiração, monitoramento de ganho de peso e socialização compatível com o desenvolvimento. A organização de protocolos práticos torna o cuidado mais seguro tanto em hospitais quanto em criatórios e abrigos (Veronesi; Fusi, 2022; Černá; Fontaine, 2025).

A microbiota materna e neonatal é uma fronteira emergente. A colonização intestinal ocorre intensamente nos primeiros dias, e fatores como parto, colostro, antibioticoterapia e aleitamento podem alterar a trajetória microbiana. Estudos recentes identificaram associações entre microbiota vaginal materna e desfechos neonatais em cães, sugerindo que prevenção de disbiose e manejo materno podem integrar estratégias futuras de redução de mortalidade. Ainda são necessários estudos para definir causalidade, perfis protetores e intervenções seguras (Zakošek Pipan; Podpečan; Mrkun, 2022; Mila, 2025; Garrigues *et al.*, 2025).

2.6. Integração das Inovações, Bem-Estar e Decisão Baseada em Evidências

A análise conjunta dos cinco eixos evidencia que inovação não é sinônimo de substituição imediata de práticas convencionais. Uma técnica minimamente invasiva pode ser preferível em determinado procedimento e desnecessária em outro; um teste genético pode

esclarecer um diagnóstico ou gerar achado de significado incerto; uma dieta pode modificar marcadores metabólicos sem demonstrar benefício clínico sustentado. A decisão baseada em evidências exige relacionar desempenho técnico, relevância do desfecho, aplicabilidade ao paciente e impacto sobre bem-estar e qualidade de vida (Burton, 2023; Chon *et al.*, 2024; Stockman, 2024).

A qualificação profissional é componente estrutural. Curvas de aprendizagem influenciam tempo cirúrgico, complicações e confiança no uso de equipamentos; interpretação de imagem avançada demanda treinamento; e leitura de testes genéticos requer compreensão de penetrância, validade e população de referência. Inovação responsável, portanto, inclui protocolos de capacitação e mecanismos de supervisão, além de avaliação contínua de resultados. Essa dimensão é particularmente importante em tecnologias de alto custo, nas quais pressão por utilização pode induzir indicação inadequada (Stoneburner; Giuffrida; Scott, 2024; Saunders; Stoner, 2024; Lyons, 2024).

O bem-estar animal funciona como critério transversal para julgar valor. Reduzir dor, tempo de recuperação, exposição a procedimentos invasivos e risco de complicações pode justificar novas abordagens, enquanto intervenções que ampliam complexidade sem benefício mensurável devem ser reconsideradas. Na neonatologia, bem-estar está relacionado à prevenção de sofrimento por frio, fome e doença; na nutrição, ao controle de condições crônicas; na cardiologia, à redução de dispneia e intolerância; e na cirurgia, à recuperação funcional. A tecnologia deve ampliar, e não obscurecer, esses objetivos clínicos (Monnet, 2025; Blanchard *et al.*, 2025; Isaka *et al.*, 2026).

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com abordagem qualitativa, natureza descritivo-analítica e foco em inovações aplicáveis à medicina veterinária contemporânea. A questão orientadora foi: quais avanços recentes em cirurgia, cardiologia, nutrição, genética e cuidados neonatais apresentam relevância para diagnóstico, tratamento, prevenção de agravos e qualificação do cuidado veterinário? O escopo privilegiou cães e gatos por concentrarem grande parte da produção recente nos cinco eixos e por permitirem comparação entre tecnologias já incorporadas e abordagens ainda emergentes.

As buscas foram realizadas entre 1º e 7 de outubro de 2026, contemplando publicações de janeiro de 2022 a outubro de 2026. Foram consultadas MEDLINE, via PubMed, e Scientific Electronic Library Online (SciELO), além de verificação cruzada de registros bibliográficos e páginas oficiais das revistas quando necessário para confirmação de autoria, ano, periódico e identificadores digitais. O recorte temporal foi definido para captar a fase mais recente de expansão da cirurgia minimamente invasiva, impressão tridimensional, cardiologia de precisão, microbioma, genômica e neonatologia aplicada.

Os descritores e termos livres foram organizados em cinco blocos: (1) “veterinary surgery”, “minimally invasive surgery”, laparoscopy, thoracoscopy, “3D printing”, robotics e fluorescence imaging; (2) “veterinary cardiology”, echocardiography, cardiomyopathy, arrhythmia, heart failure e personalized medicine; (3) canine nutrition, feline nutrition, metabolism, microbiome, amino acids, fatty acids e therapeutic diet; (4) canine genomics, feline genomics,

genetic testing, pharmacogenomics e precision medicine; e (5) veterinary neonatology, puppy, kitten, colostrum, neonatal hypoglycemia, neonatal assessment e microbiota. Os termos foram combinados com AND e OR conforme a base.

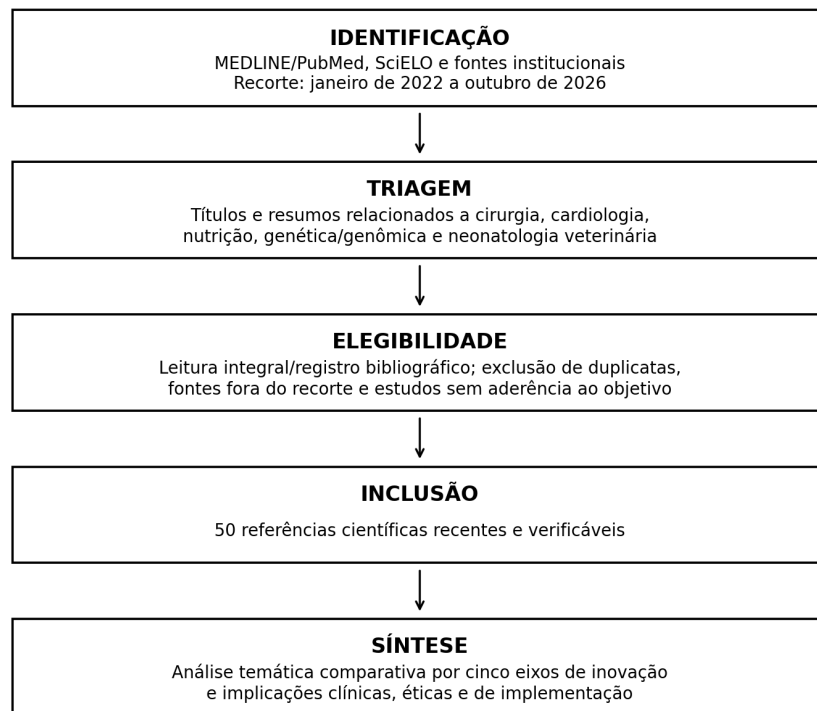
Foram incluídos artigos originais, revisões narrativas, revisões sistemáticas e estudos clínicos publicados em português ou inglês, com texto integral ou registro bibliográfico verificável, dentro do recorte temporal e relacionados diretamente aos eixos do estudo. Foram priorizadas publicações revisadas por pares e de periódicos veterinários ou biomédicos indexados. Estudos foram elegíveis quando apresentavam contribuição para técnica, diagnóstico, mecanismo, manejo, prognóstico, segurança, precisão ou implementação clínica.

Foram excluídas publicações anteriores a 2022; duplicatas; textos de opinião sem base bibliográfica verificável; estudos exclusivamente humanos sem conexão translacional explícita; publicações sobre espécies não relacionadas ao escopo quando não apresentavam contribuição aplicável; e trabalhos cujo foco principal não correspondesse a cirurgia, cardiologia, nutrição, genética/genômica ou cuidado neonatal. Também foram excluídos materiais cuja informação bibliográfica não permitisse verificação suficiente.

A seleção foi conduzida em etapas sucessivas de identificação, triagem por título e resumo, elegibilidade por leitura integral ou conferência detalhada do registro bibliográfico e inclusão na síntese. O corpus final foi constituído por 50 referências científicas recentes e verificáveis, distribuídas entre os cinco eixos. Os dados foram organizados em matriz contendo autoria, ano, campo de inovação, aplicação principal, benefícios potenciais, limitações e implicações

clínicas. A análise temática buscou convergências e diferenças entre tecnologias, evitando atribuir superioridade quando os estudos apenas demonstravam viabilidade técnica.

Figura 1. Fluxograma do processo metodológico da revisão integrativa.



Fonte: elaboração dos autores (2026).

Como a revisão utilizou exclusivamente fontes secundárias de acesso público, sem participação de animais, tutores ou uso de prontuários individualizados, não houve necessidade de submissão a Comitê de Ética. Foram respeitados princípios de integridade acadêmica, rastreabilidade e fidelidade às fontes. As principais limitações metodológicas foram a heterogeneidade de desenhos, o predomínio de estudos em cães e gatos, a rápida evolução tecnológica e a escassez de ensaios comparativos de longo prazo para algumas inovações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS

4.1. Panorama das Evidências e Natureza das Inovações

A síntese evidenciou que as inovações analisadas não avançam no mesmo ritmo. Cirurgia e cardiologia apresentam tecnologias já incorporadas a centros especializados, como laparoscopia, toracoscopia e ecocardiografia avançada, ao lado de soluções emergentes, como robótica e intervenções eletrofisiológicas complexas. Nutrição e genética mostram rápida expansão de ferramentas diagnósticas e de personalização, porém com forte dependência da qualidade dos dados e da interpretação clínica. Na neonatologia, o avanço é menos dependente de equipamentos sofisticados e mais associado à padronização da avaliação, monitoramento e manejo preventivo (Buote, 2022; Rivas *et al.*, 2023; Wu, 2024; Pereira *et al.*, 2024).

Um elemento comum é a migração de abordagens generalistas para decisões mais individualizadas. O planejamento tridimensional adapta guias à anatomia do paciente; a cardiologia personalizada integra genótipo e fenótipo; a nutrição busca adequar formulação a comorbidades e resposta metabólica; a genética permite estratificar risco; e a neonatologia considera peso, vitalidade e contexto materno. Essa individualização pode melhorar precisão, mas também exige validação, porque a multiplicidade de dados pode criar falsa sensação de certeza quando os algoritmos, testes ou marcadores ainda não possuem valor prognóstico bem estabelecido (Scheuermann *et al.*, 2023; Rivas *et al.*, 2023; Singh *et al.*, 2024; Lyons, 2024).

As evidências também mostram deslocamento de uma lógica centrada no procedimento para uma lógica centrada no desfecho. Na cirurgia, não basta executar técnica menos invasiva: é necessário demonstrar dor menor, recuperação funcional ou redução de complicações. Na cardiologia, a imagem sofisticada deve alterar decisão ou prognóstico; na nutrição, mudanças de microbioma precisam ser conectadas à saúde; e na genética, a variante deve ter interpretação clinicamente útil. A mesma premissa orienta cuidados neonatais: protocolos são valiosos quando identificam risco e permitem intervenção eficaz (Burton, 2023; Tidholm; Menciotti; Borgarelli, 2024; Summers; Quimby, 2024; Grundy, 2023).

Quadro 1. Síntese dos principais eixos de inovação em medicina veterinária

Eixo	Avanços recentes	Requisitos para uso responsável
Cirurgia	Laparoscopia, toracoscopia, 3D, fluorescência e robótica	Seleção de caso, treinamento, avaliação de dor e complicações
Cardiologia	Imagem 3D/TEE, biomarcadores, arritmias intervencionistas	Validação, integração multimodal e monitoramento longitudinal
Nutrição	Precisão nutricional, aminoácidos, lipídios e microbioma	Avaliação individual, desfechos clínicos e revisão periódica
Genética	Sequenciamento, painéis, farmacogenômica e oncogenômica	Validade analítica, interpretação fenotípica e aconselhamento
Neonatologia	APGAR/reflexos, glicemia, colostro e microbiota	Monitoramento seriado, manejo materno e intervenção precoce

Fonte: elaboração dos autores a partir da síntese das evidências (2026).

4.2. Cirurgia: Precisão, Menor Invasividade e Tecnologias de Suporte

Nos estudos cirúrgicos, os ganhos mais consistentes estão relacionados à visualização, planejamento e redução do acesso. A cirurgia minimamente invasiva oferece campo ampliado e pode reduzir trauma de parede, enquanto tecnologias de fluorescência acrescentam informação funcional sobre perfusão e anatomia vascular ou linfática. Esses benefícios são particularmente importantes em cavidades em que estruturas profundas ou pequenas são difíceis de identificar por visão direta. A literatura, entretanto, reforça que os desfechos dependem de domínio técnico e que a conversão para abordagem aberta deve permanecer disponível como estratégia de segurança (Balsa, 2024; Thomson, 2024; Gibson, 2024).

A impressão tridimensional apresenta aplicação distinta: transforma imagens em objetos ou guias que auxiliam planejamento. Em ortopedia e cirurgia oromaxilofacial, a tecnologia pode melhorar compreensão espacial e permitir simulação antes do ato operatório. Em fraturas femorais, guias e modelos foram estudados para facilitar redução minimamente invasiva, demonstrando que a integração entre tomografia, planejamento virtual e manufatura pode alterar o fluxo de preparação cirúrgica. O principal desafio é equilibrar tempo de produção, custo e necessidade clínica, reservando personalização para casos em que anatomia complexa justifique o processo (Altwal *et al.*, 2022; Thatcher; Soukup, 2022; Scheuermann *et al.*, 2023).

As abordagens minimamente invasivas também são relevantes em ortopedia além da impressão 3D. Fixadores externos aplicados com menor exposição do foco de fratura e procedimentos artroscópicos exemplificam a busca por preservar vascularização e tecidos. Contudo, revisão sobre doença do processo coronoide medial mostra que a disponibilidade de uma técnica cirúrgica não implica superioridade sobre manejo não cirúrgico em todos os contextos. Essa constatação é importante para evitar indicação orientada pela tecnologia em vez da evidência (Sherman *et al.*, 2023; Burton, 2023).

Robótica e visão tridimensional representam tendências de próxima geração. A robótica pode ampliar amplitude de movimento e ergonomia, enquanto a laparoscopia 3D busca melhorar percepção de profundidade. Ainda assim, a evidência veterinária é menor do que na cirurgia humana e a adoção permanece concentrada. O caminho de implementação deve incluir treinamento, simulação, seleção gradual de procedimentos e avaliação de indicadores como tempo, complicações, conversão e dor. A tecnologia deve ser interpretada como amplificadora de competência cirúrgica, e não como substituta de fundamentos anatômicos e técnicos (Buote, 2024; Monnet, 2025; Stoneburner; Giuffrida; Scott, 2024).

4.3. Cardiologia: Estratificação de Risco e Terapias Orientadas por Fenótipo

A cardiologia mostrou forte desenvolvimento de métodos de imagem. A ecocardiografia tridimensional permite análise volumétrica e morfológica mais detalhada, especialmente de câmaras e valvas, enquanto a ecocardiografia transesofágica é útil para caracterização anatômica e orientação de procedimentos. Entretanto, os dados não demonstram que toda medida

tridimensional substitua métodos bidimensionais bem validados. A melhor aplicação ocorre quando a modalidade responde a uma pergunta clínica que não pode ser adequadamente solucionada por exames mais simples (Tidholm; Mencioti; Borgarelli, 2024; Saunders; Stoner, 2024).

Na cardiomiopatia hipertrófica felina, inovação diagnóstica e terapêutica caminham juntas. Técnicas de imagem, biomarcadores e dados genéticos ajudam a caracterizar risco, mas a heterogeneidade do fenótipo limita generalizações. Pesquisas com terapias alvo e modelos experimentais buscam atuar sobre mecanismos moleculares em vez de apenas controlar consequências hemodinâmicas. O avanço mais importante, portanto, é a mudança de uma classificação exclusivamente morfológica para uma visão integrada da doença, ainda que muitos tratamentos inovadores permaneçam em avaliação (Fries, 2023; Kaplan; Rivas; Connolly, 2023; Sousa *et al.*, 2025).

A área de arritmias demonstra como tecnologia pode mudar a perspectiva terapêutica. Casos refratários à medicação podem ser avaliados por mapeamento eletrofisiológico, ablação e outros recursos intervencionistas. A identificação de fatores de risco para fibrilação atrial em cães contribui para monitoramento mais direcionado e reforça o papel do tamanho atrial e de cardiopatias estruturais. Essas estratégias exigem integração entre eletrocardiografia, ecocardiografia, biomarcadores e seguimento longitudinal, pois o objetivo clínico é reduzir sintomas, eventos e mortalidade, e não apenas normalizar um traçado (Hsue; Gagnon, 2023; Arcuri *et al.*, 2024).

A medicina personalizada amplia esse modelo ao incorporar genética e resposta individual. Em cardiomiopatias herdáveis, variantes conhecidas podem contribuir para compreensão do risco, embora poucas tenham validade ampla em todas as raças. A insuficiência cardíaca também passa a ser interpretada como síndrome multissistêmica, conectando inflamação, rim, intestino, endotélio e regulação autonômica. Essa visão pode estimular terapias futuras, mas exige validação cuidadosa para separar mecanismos plausíveis de intervenções efetivas (Rivas *et al.*, 2023; Shimoda; Osuga; Nakamura, 2025; Isaka *et al.*, 2026).

4.4. Nutrição: Do Nutriente Isolado à Nutrição de Precisão

A literatura nutricional recente reforça que cães e gatos não devem ser tratados como uma única categoria de animais de companhia. Diferenças na síntese de nutrientes, metabolismo proteico e utilização de carboidratos orientam formulações distintas e têm impacto clínico direto. A avaliação de qualidade proteica deve considerar aminoácidos indispensáveis e digestibilidade, enquanto recomendações de gordura devem observar fontes e capacidade metabólica de formar derivados de cadeia longa. A inovação reside menos em ingredientes isolados e mais na formulação baseada em fisiologia e necessidade individual (Wu, 2024; Li; Wu, 2024; Singh *et al.*, 2024; Burron *et al.*, 2024).

O papel dos carboidratos ilustra a importância de evitar simplificações. Cães possuem maior adaptação ao amido do que gatos, mas isso não significa que qualquer nível ou fonte produza o mesmo efeito. Processamento, fibra, densidade energética e composição global interferem na resposta metabólica. Em pacientes diabéticos, a estratégia deve considerar espécie, condição corporal e

esquema terapêutico, e não apenas excluir um macronutriente. O manejo nutricional é mais eficaz quando associado a metas objetivas de peso, controle glicêmico e ingestão (Kayser; Finet; De Godoy, 2024; Parker; Hill, 2023).

O eixo dieta-microbiota amplia a compreensão sobre como nutrição influencia saúde. Metabólitos derivados de fermentação podem afetar barreira intestinal, inflamação e órgãos distantes. Na doença renal, por exemplo, a disbiose e a produção de toxinas urêmicas constituem alvos potenciais para intervenções dietéticas e moduladoras do microbioma. Em doenças metabólicas, a relação entre microbiota e imunidade também sugere mecanismos além do balanço energético. Apesar do potencial, é necessário distinguir alterações de composição microbiana de benefícios clínicos sustentados (Ji; Yang; Wu, 2023; Summers; Quimby, 2024).

No envelhecimento, a prioridade nutricional inclui preservar massa magra, apoiar função cognitiva e adaptar densidade energética. Revisões recentes apontam potencial de ácidos graxos n-3, triglicerídeos de cadeia média e outros componentes, mas destacam heterogeneidade de protocolos e escassez de diretrizes específicas para animais idosos. Assim, a nutrição de precisão deve ser dinâmica: dieta e suplementos precisam ser reavaliados conforme idade, função renal, peso, massa muscular, apetite e resposta clínica (Stockman, 2024; Blanchard *et al.*, 2025).

4.5. Genética e Genômica: Da Descoberta de Variantes à Utilidade Clínica

A genômica canina alcançou escala que permite estudar milhões de variantes e comparar raças, cães de aldeia e canídeos selvagens.

Esses bancos de dados aumentam a capacidade de descobrir variantes raras e mapear predisposições, mas também revelam lacunas de representatividade. A interpretação clínica melhora à medida que genomas de referência e coleções populacionais se tornam mais diversos. Esse processo é essencial para diferenciar variantes patogênicas de polimorfismos comuns e evitar decisões reprodutivas desnecessariamente restritivas (Pallotti *et al.*, 2022; Buckley; Ostrander, 2024).

Doenças monogênicas permanecem um campo de aplicação mais direta, pois uma variante com forte associação pode apoiar diagnóstico ou seleção reprodutiva. Já doenças complexas exigem considerar múltiplos genes e ambiente. A estrutura das raças caninas facilita algumas descobertas, mas aumenta a necessidade de aconselhamento genético para preservar diversidade. A contribuição da genética à clínica, portanto, envolve tanto identificar risco quanto comunicar incerteza e evitar interpretação determinista de características probabilísticas (Leeb; Bannasch; Schoenebeck, 2023; Kaur *et al.*, 2023).

Em gatos, a disponibilidade de testes genéticos comerciais cresceu e amplia possibilidades de manejo de doenças hereditárias. Entretanto, painéis com grande número de variantes podem incluir achados pouco relevantes para determinada raça ou indivíduo. O profissional deve verificar evidência científica, penetrância e propósito do teste. Esse princípio também vale para oncogenômica, na qual alterações tumorais podem servir como biomarcadores, mas a relação com escolha terapêutica precisa ser demonstrada em estudos específicos (Ludwig *et al.*, 2022; Lyons, 2024).

A medicina de precisão e a farmacogenômica conectam dados genéticos a decisões de tratamento. A perspectiva é ajustar seleção e dose de fármacos ou direcionar terapia oncológica segundo perfis moleculares, reduzindo toxicidade e aumentando chance de resposta. Contudo, a incorporação rotineira ainda é limitada por custo, tamanho das coortes, padronização e ausência de validação para muitos alvos. O avanço tecnológico deverá ser acompanhado por critérios de desempenho laboratorial, bancos de evidência e diretrizes de interpretação (Chon *et al.*, 2024; Vaidhya *et al.*, 2024; Sakthikumar *et al.*, 2026).

4.6. Neonatologia: Monitoramento Precoce, Metabolismo e Microbiota

A principal inovação em neonatologia veterinária está na sistematização do reconhecimento de risco. O uso de avaliação clínica estruturada, associado a peso, reflexos, temperatura e glicemia, permite identificar filhotes que necessitam de intervenção. A lógica preventiva é particularmente importante porque neonatos possuem pouca reserva fisiológica e podem deteriorar rapidamente. O acompanhamento seriado é mais informativo que uma observação isolada, já que tendência de ganho de peso, capacidade de mamar e resposta ao ambiente refletem adaptação pós-natal (Pereira *et al.*, 2022; Grundy, 2023; Pereira *et al.*, 2024).

A prevenção da hipoglicemia demonstra a necessidade de integrar metabolismo e manejo. Filhotes caninos apresentam reservas limitadas, e jejum curto pode ser suficiente para desencadear queda da glicose. Intervenções eficazes incluem garantir aleitamento, corrigir hipotermia, avaliar infecção e monitorar glicemia quando há fatores de risco. Protocolos devem evitar administração

indiscriminada de soluções concentradas e buscar a causa da incapacidade de manter energia, especialmente em filhotes de baixo peso ou com sucção reduzida (Fuchs *et al.*, 2024).

Na espécie felina, cuidados com colostro, alimentação artificial, ambiente térmico e avaliação após distocia ou cesariana são centrais. Órfãos exigem atenção adicional para técnica de alimentação, estímulo de eliminação e desenvolvimento comportamental. A literatura reforça que o cuidado neonatal não se resume à sobrevivência imediata, pois práticas iniciais podem influenciar crescimento e adaptação posterior. A participação do médico-veterinário na orientação de criadores e cuidadores é decisiva para reduzir erros de manejo (Veronesi; Fusi, 2022; Černá; Fontaine, 2025).

O microbioma surge como dimensão inovadora porque relaciona parto, mãe, colostro e ambiente ao desenvolvimento do neonato. A colonização inicial é sensível a intervenções e pode influenciar maturação imune e digestiva. Estudos sobre microbiota materna demonstram associações entre perfis vaginais e mortalidade neonatal, enquanto revisões sobre o microbioma canino destacam possíveis efeitos de cesariana, alimentação artificial e antimicrobianos. O campo ainda precisa definir intervenções seguras e resultados de longo prazo antes de recomendar manipulação rotineira (Zakošek Pipan; Podpečan; Mrkun, 2022; Mila, 2025; Garrigues *et al.*, 2025).

4.7. Desafios de Implementação e Perspectivas Futuras

A adoção de inovação na medicina veterinária é condicionada por custo, infraestrutura e distribuição desigual de especialistas. Centros

de referência podem incorporar robótica, imagem avançada e sequenciamento, enquanto clínicas menores dependem de redes de encaminhamento. A solução não é exigir a mesma tecnologia em todos os contextos, mas criar fluxos que permitam acesso proporcional à necessidade e protocolos que definam quando o encaminhamento modifica prognóstico. Teleconsultoria, laudos especializados e colaboração interinstitucional podem ampliar a utilidade de tecnologias sem reproduzir sua infraestrutura integralmente em cada serviço (Buote, 2024; Saunders; Stoner, 2024; Chon *et al.*, 2024).

Outro desafio é a velocidade de obsolescência. Equipamentos, painéis genéticos e evidências nutricionais se atualizam rapidamente, tornando necessária educação continuada e revisão de protocolos. O profissional precisa diferenciar inovação validada de novidade comercial e reconhecer conflitos de interesse quando estudos envolvem dispositivos, dietas ou serviços diagnósticos. A transparência sobre limitações é parte da segurança clínica, pois tutores podem interpretar tecnologia avançada como garantia de sucesso (Gibson, 2024; Lyons, 2024; Blanchard *et al.*, 2025).

Do ponto de vista ético, decisões devem equilibrar benefício ao animal, invasividade, prognóstico, custo e objetivos do tutor. Técnicas mais sofisticadas podem ser justificadas quando reduzem sofrimento ou ampliam chance de recuperação, mas não quando prolongam intervenções sem benefício plausível. A mesma análise se aplica a rastreamentos genéticos e terapias nutricionais: informações e produtos devem apoiar decisões compartilhadas e não criar culpabilização ou expectativas irreais. A inovação veterinária deve permanecer subordinada ao bem-estar e à

proporcionalidade terapêutica (Monnet, 2025; Vaidhya *et al.*, 2024; Černá; Fontaine, 2025).

As perspectivas futuras apontam para maior integração entre áreas. Dados de imagem podem alimentar planejamento cirúrgico; genômica pode auxiliar estratificação cardiológica; microbioma pode orientar nutrição; e informações perinatais podem ser integradas a modelos de risco. A força dessa convergência está na capacidade de combinar dados sem perder o exame clínico e a observação individual. A medicina veterinária de alta qualidade continuará dependendo de profissionais capazes de contextualizar tecnologia, reconhecer incerteza e adaptar evidências às necessidades do paciente (Buckley; Ostrander, 2024; Rivas *et al.*, 2023; Wu, 2024; Isaka *et al.*, 2026).

5. CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão demonstra que cirurgia, cardiologia, nutrição, genética e cuidados neonatais constituem frentes complementares de inovação na medicina veterinária. Em cirurgia, a combinação de mínima invasividade, planejamento tridimensional, fluorescência e robótica amplia possibilidades de precisão e redução de trauma. Na cardiologia, imagem avançada, monitorização e medicina personalizada tornam a caracterização de cardiopatias mais detalhada e estimulam terapias orientadas por fenótipo e mecanismo.

Na nutrição, o avanço mais relevante é a transição de recomendações genéricas para estratégias fundamentadas em fisiologia de espécie, composição corporal, comorbidades e interação com microbiota. A genética e a genômica ampliam

diagnóstico e estratificação, mas exigem interpretação responsável, validação e comunicação de incerteza para evitar determinismo ou decisões reprodutivas inadequadas.

Os cuidados neonatais mostram que inovação nem sempre depende de alta tecnologia. Protocolos de avaliação, controle térmico, monitoramento metabólico, manejo do colostro e vigilância de crescimento podem produzir grande impacto quando aplicados precocemente. A pesquisa sobre microbiota materna e neonatal acrescenta novas hipóteses para prevenção de mortalidade, embora ainda requeira validação antes da aplicação rotineira.

O objetivo do estudo foi atingido ao identificar benefícios e limitações dos principais avanços recentes nesses cinco campos. Os achados indicam que o valor clínico da inovação depende da integração entre evidência, competência profissional, infraestrutura, bem-estar animal e avaliação de resultados. Tecnologias devem ser selecionadas por sua capacidade de resolver problemas concretos e não apenas por representarem novidade.

Conclui-se que a medicina veterinária tende a tornar-se progressivamente mais precisa, integrada e individualizada. O desenvolvimento futuro deve priorizar estudos comparativos, validação multicêntrica, formação profissional e acesso proporcional às tecnologias, garantindo que os avanços científicos se traduzam em cuidado mais seguro, efetivo e humanizado para os animais e seus responsáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTWAL, Johnny; WILSON, Caroline H.; GRIFFON, Dominique J. Applications of 3-dimensional printing in small-animal surgery: a

review of current practices. *Veterinary Surgery*, v. 51, n. 1, p. 34-51, 2022. DOI: 10.1111/vsu.13739. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34633081/>. Acesso em: 3 set. 2026.

ARCURI, Giulia; VALENTE, Carlotta; PERINI, Caterina; GUGLIELMINI, Carlo. Risk factors for atrial fibrillation in the dog: a systematic review. *Veterinary Sciences*, v. 11, n. 1, p. 47, 2024. DOI: 10.3390/vetsci11010047. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38275929/>. Acesso em: 18 set. 2026.

BALSA, Ingrid M. Advances in minimally invasive procedures of the thoracic cavity. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 54, n. 4, 2024. DOI: 10.1016/j.cvsm.2024.02.005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38575454/>. Acesso em: 9 set. 2026.

BLANCHARD, Tiphaine et al. Enhancing cognitive functions in aged dogs and cats: a systematic review of enriched diets and nutraceuticals. *GeroScience*, v. 47, n. 3, p. 2925-2947, 2025. DOI: 10.1007/s11357-025-01521-z. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39827310/>. Acesso em: 25 set. 2026.

BUCKLEY, Reuben M.; OSTRANDER, Elaine A. Large-scale genomic analysis of the domestic dog informs biological discovery. *Genome Research*, v. 34, n. 6, p. 811-821, 2024. DOI: 10.1101/gr.278569.123. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38955465/>. Acesso em: 12 set. 2026.

BUOTE, Nicole J. Looking to the future: veterinary robotic surgery. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 54, n. 4, p. 735-751, 2024. DOI: 10.1016/j.cvsm.2024.02.008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38538406/>. Acesso em: 21 set. 2026.

BUOTE, Nicole J. Updates in laparoscopy. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 52, n. 2, p. 513-529, 2022. DOI: 10.1016/j.cvsm.2021.12.007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35082094/>. Acesso em: 6 set. 2026.

BURRON, Scarlett et al. The balance of n-6 and n-3 fatty acids in canine, feline, and equine nutrition: exploring sources and the significance of alpha-linolenic acid. *Journal of Animal Science*, v. 102, p. skae143, 2024. DOI: 10.1093/jas/skae143. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38776363/>. Acesso em: 14 set. 2026.

BURTON, Neil J. Review of minimally invasive surgical procedures for assessment and treatment of medial coronoid process disease. *Veterinary Surgery*, v. 52, n. 6, p. 790-800, 2023. DOI: 10.1111/vsu.13986. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37592746/>. Acesso em: 28 set. 2026.

ČERNÁ, Petra; FONTAINE, Emmanuel. Feline neonatal care. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 55, n. 5, p. 769-785, 2025. DOI: 10.1016/j.cvsm.2025.05.005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40973418/>. Acesso em: 29 set. 2026.

CHON, Esther et al. Precision medicine in veterinary science. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 54, n. 3, p. 501-521, 2024. DOI: 10.1016/j.cvsm.2023.12.006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38212188/>. Acesso em: 2 set. 2026.

FRIES, Ryan. Hypertrophic cardiomyopathy: advances in imaging and diagnostic strategies. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 53, n. 6, p. 1325-1342, 2023. DOI: 10.1016/j.cvsm.2023.05.010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37423845/>. Acesso em: 16 set. 2026.

FUCHS, Kárita da Mata et al. Neonatal hypoglycemia in dogs: pathophysiology, risk factors, diagnosis and treatment. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 11, p. 1345933, 2024. DOI: 10.3389/fvets.2024.1345933. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38756508/>. Acesso em: 7 set. 2026.

GARRIGUES, Quentin et al. Composition of the fecal, vaginal and colostrum microbiotas of dams at parturition and their relationship with neonatal outcomes in dogs. *Animal Microbiome*, v. 7, n. 1, p. 23, 2025. DOI: 10.1186/s42523-025-00384-1. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40050995/>. Acesso em: 23 set. 2026.

GIBSON, Erin A. Augmenting veterinary minimally invasive surgery: evidence-based review of foundational and novel devices and technology. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 54, n. 4, p. 721-733, 2024. DOI: 10.1016/j.cvsm.2024.02.007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38519369/>. Acesso em: 11 set. 2026.

GRUNDY, Sophie A. Canine neonatal health. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 53, n. 5, p. 1161-1193, 2023. DOI: 10.1016/j.cvsm.2023.05.008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37423840/>. Acesso em: 30 set. 2026.

HSUE, Weihow; GAGNON, Allison L. Treating stubborn cardiac arrhythmias: looking toward the future. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 53, n. 6, p. 1415-1428, 2023. DOI: 10.1016/j.cvsm.2023.06.003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37541824/>. Acesso em: 4 set. 2026.

ISAKA, Mitsuhiro et al. Reframing heart failure as a multiorgan network disorder: translational and regenerative perspectives in

veterinary cardiology. Veterinary Sciences, v. 13, n. 5, p. 435, 2026. DOI: 10.3390/vetsci13050435. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/42188906/>. Acesso em: 19 set. 2026.

JI, Yun; YANG, Ying; WU, Zhenlong. Programming of metabolic and autoimmune diseases in canine and feline: linkage to the gut microbiome. Microbial Pathogenesis, v. 185, p. 106436, 2023. DOI: 10.1016/j.micpath.2023.106436. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37913827/>. Acesso em: 13 set. 2026.

KAPLAN, Joanna L.; RIVAS, Victor N.; CONNOLLY, David J. Advancing treatments for feline hypertrophic cardiomyopathy: the role of animal models and targeted therapeutics. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice, v. 53, n. 6, p. 1293-1308, 2023. DOI: 10.1016/j.cvsm.2023.05.011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37414693/>. Acesso em: 26 set. 2026.

KAUR, Bhawanpreet et al. A comprehensive review of genomic perspectives of canine diseases as a model to study human disorders. Canadian Journal of Veterinary Research, v. 87, n. 1, p. 3-8, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36606040/>. Acesso em: 8 set. 2026.

KAYSER, Emanuela; FINET, Shannon E.; DE GODOY, Maria R. C. The role of carbohydrates in canine and feline nutrition. Animal Frontiers, v. 14, n. 3, p. 28-37, 2024. DOI: 10.1093/af/vfae017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38910951/>. Acesso em: 22 set. 2026.

LEEB, Tosso; BANNASCH, Danika; SCHOENEBECK, Jeffrey J. Identification of genetic risk factors for monogenic and complex canine diseases. Annual Review of Animal Biosciences, v. 11, p. 183-205, 2023. DOI: 10.1146/annurev-animal-050622-055534. Disponível

em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36322969/>. Acesso em: 5 set. 2026.

LI, Peng; WU, Guoyao. Characteristics of nutrition and metabolism in dogs and cats. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, v. 1446, p. 55-98, 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-54192-6_4. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38625525/>. Acesso em: 17 set. 2026.

LUDWIG, Latasha et al. Feline oncogenomics: what do we know about the genetics of cancer in domestic cats? *Veterinary Sciences*, v. 9, n. 10, p. 547, 2022. DOI: 10.3390/vetsci9100547. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36288160/>. Acesso em: 29 set. 2026.

LYONS, Leslie A. Genetic testing: practical dos and don'ts for cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, v. 26, n. 12, p. 1098612X241303603, 2024. DOI: 10.1177/1098612X241303603. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39648935/>. Acesso em: 10 set. 2026.

MILA, Hanna. Gut microbiota in the canine neonate: role, early colonization, and shaping. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 55, n. 5, p. 805-814, 2025. DOI: 10.1016/j.cvsm.2025.04.003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40973419/>. Acesso em: 24 set. 2026.

MONNET, Eric. Three-dimensional versus two-dimensional laparoscopy: what is the evidence? *Veterinary Surgery*, v. 54, n. 7, p. 1298-1304, 2025. DOI: 10.1111/vsu.14329. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40767363/>. Acesso em: 1 set. 2026.

PALLOTTI, Stefano; PIRAS, Ignazio S.; MARCHEGIANI, Andrea; CERQUETELLA, Matteo; NAPOLIONI, Valerio. Dog-human

translational genomics: state of the art and genomic resources. Journal of Applied Genetics, v. 63, n. 4, p. 703-716, 2022. DOI: 10.1007/s13353-022-00721-z. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36074326/>. Acesso em: 15 set. 2026.

PARKER, Valerie J.; HILL, Richard C. Nutritional management of cats and dogs with diabetes mellitus. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice, v. 53, n. 3, p. 657-674, 2023. DOI: 10.1016/j.cvsm.2023.01.007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36858905/>. Acesso em: 27 set. 2026.

PEREIRA, Keylla Helena Nobre Pacífico et al. Neonatal clinical assessment of the puppy and kitten: how to identify newborns at risk? Animals, v. 14, n. 23, p. 3417, 2024. DOI: 10.3390/ani14233417. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39682383/>. Acesso em: 6 set. 2026.

PEREIRA, Keylla Helena Nobre Pacífico et al. Neonatology: topics on puppies and kittens neonatal management to improve neonatal outcome. Animals, v. 12, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36496947/>. Acesso em: 20 set. 2026.

RIVAS, Victor N.; STERN, Joshua A.; UEDA, Yu. The role of personalized medicine in companion animal cardiology. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice, v. 53, n. 6, p. 1255-1276, 2023. DOI: 10.1016/j.cvsm.2023.05.016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37423841/>. Acesso em: 18 set. 2026.

SAKTHIKUMAR, Sharadha et al. Critical questions in genomic diagnostics for veterinary oncology: what we need to know. Veterinary and Comparative Oncology, 2026. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41995460/>. Acesso em: 9 set. 2026.

SAUNDERS, Ashley B.; STONER, Claire H. Current use of transesophageal echocardiography in animals. *Journal of Veterinary Cardiology*, v. 51, p. 35-52, 2024. DOI: 10.1016/j.jvc.2023.11.013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38071799/>. Acesso em: 25 set. 2026.

SCHEUERMANN, Logan M. et al. Minimally invasive plate osteosynthesis of femoral fractures with 3D-printed bone models and custom surgical guides: a cadaveric study in dogs. *Veterinary Surgery*, v. 52, n. 6, p. 827-835, 2023. DOI: 10.1111/vsu.13925. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36511300/>. Acesso em: 3 set. 2026.

SHERMAN, Alec H. et al. Linear external skeletal fixation applied in minimally invasive fashion for stabilization of nonarticular tibial fractures in dogs and cats. *Veterinary Surgery*, v. 52, n. 2, p. 249-256, 2023. DOI: 10.1111/vsu.13911. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36382668/>. Acesso em: 14 set. 2026.

SHIMODA, T.; OSUGA, T.; NAKAMURA, K. Diagnosis of congestive heart failure by combining echocardiography and blood biomarkers in cats with cardiomyopathy. *Journal of Veterinary Cardiology*, v. 60, p. 70-78, 2025. DOI: 10.1016/j.jvc.2025.05.007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40513197/>. Acesso em: 28 set. 2026.

SINGH, Pawanpreet et al. Beyond the bowl: understanding amino acid requirements and digestibility to improve protein quality metrics for dog and cat foods. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, v. 1446, p. 99-134, 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-54192-6_5. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38625526/>. Acesso em: 11 set. 2026.

SOUSA, Felipe Gaia de et al. Clinical-diagnostic and therapeutic advances in feline hypertrophic cardiomyopathy. *Veterinary Sciences*, v. 12, n. 3, p. 289, 2025. DOI: 10.3390/vetsci12030289. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40267000/>. Acesso em: 22 set. 2026.

STOCKMAN, Jonathan. Nutrition and aging in dogs and cats. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, v. 1446, p. 203-215, 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-54192-6_9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38625530/>. Acesso em: 7 set. 2026.

STONEBURNER, Regan M.; GIUFFRIDA, Michelle A.; SCOTT, Jacqueline E. Laparoscopy and thoracoscopy in small animal surgery: a 2020 survey of small animal diplomate and resident veterinary surgeons. *Veterinary Surgery*, v. 53, n. 5, p. 824-833, 2024. DOI: 10.1111/vsu.14123. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38877654/>. Acesso em: 19 set. 2026.

SUMMERS, Stacie; QUIMBY, Jessica. Insights into the gut-kidney axis and implications for chronic kidney disease management in cats and dogs. *The Veterinary Journal*, v. 306, p. 106181, 2024. DOI: 10.1016/j.tvjl.2024.106181. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38897377/>. Acesso em: 30 set. 2026.

THATCHER, Graham P.; SOUKUP, Jason W. Virtual surgical planning and 3D printing in veterinary dentistry and oromaxillofacial surgery. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 52, n. 1, p. 221-234, 2022. DOI: 10.1016/j.cvsm.2021.09.009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34838251/>. Acesso em: 4 set. 2026.

THOMSON, Chris. Augmenting laparoscopic surgery with fluorescence imaging. *Veterinary Clinics of North America: Small*

Animal Practice, v. 54, n. 4, p. 671-683, 2024. DOI: 10.1016/j.cvsm.2024.02.004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38508967/>. Acesso em: 16 set. 2026.

TIDHOLM, Anna; MENCIOTTI, Giulia; BORGARELLI, Michele. Current use of real-time three-dimensional transthoracic echocardiography in animals. Journal of Veterinary Cardiology, v. 51, p. 97-104, 2024. DOI: 10.1016/j.jvc.2023.11.009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38118235/>. Acesso em: 26 set. 2026.

VAIDHYA, Ayushi et al. Relevance of pharmacogenetics and pharmacogenomics in veterinary clinical practice: a review. Animal Genetics, v. 55, n. 1, p. 3-19, 2024. DOI: 10.1111/age.13376. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37990577/>. Acesso em: 12 set. 2026.

VERONESI, Maria Cristina; FUSI, Jasmine. Feline neonatology: from birth to commencement of weaning - what to know for successful management. Journal of Feline Medicine and Surgery, v. 24, n. 3, p. 232-242, 2022. DOI: 10.1177/1098612X221079709. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35209772/>. Acesso em: 23 set. 2026.

WU, Guoyao. Recent advances in the nutrition and metabolism of dogs and cats. Advances in Experimental Medicine and Biology, v. 1446, p. 1-14, 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-54192-6_1. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38625522/>. Acesso em: 5 set. 2026.

ZAKOŠEK PIPAN, Maja; PODPEČAN, Ožbalt; MRKUN, Janko. The fascinating microbes and their impact on neonatal dogs and cats - a review. Acta Veterinaria Hungarica, v. 70, n. 3, p. 175-183, 2022. DOI: 10.1556/004.2022.00022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35976733/>. Acesso em: 17 set. 2026.

- ¹ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID:
<https://orcid.org/0009-0007-2489-1310>.
- ² E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID:
<https://orcid.org/0009-0001-6437-0137>.
- ³ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID:
<https://orcid.org/0009-0002-4187-5148>.
- ⁴ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID:
<https://orcid.org/0000-0003-1631-9430>.
- ⁵ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID:
<https://orcid.org/0000-0003-1878-0087>.
- ⁶ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID:
<https://orcid.org/0000-0003-3151-4357>.
- ⁷ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes:
3583827986855719.
- ⁸ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes:
9928641234745598.
- ⁹ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes:
0236402555858731.
- ¹⁰ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes:
3051730480699931.

¹¹ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-8171-4245>.

¹² E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

¹³ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

¹⁴ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes:
9224641302459083.

¹⁵ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes:
513F3B86C29BD8BF935438D845038BE2.