



TÉCNICAS DE SEXAGEM FETAL EM BOVINOS: APLICABILIDADE DA ULTRASSONOGRAFIA E EFICIÊNCIA A CAMPO

FETAL SEXING TECHNIQUES IN CATTLE: APPLICABILITY OF ULTRASOUND AND EFFICIENCY IN THE FIELD

TÉCNICAS DE SEXADO FETAL EN BOVINOS: APLICABILIDAD DEL ULTRASONIDO Y EFICIENCIA EN EL CAMPO

 <https://doi.org/10.56238/levv17n57-009>

Data de submissão: 05/01/2026

Data de publicação: 05/02/2026

Manuela Stanguerlin

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA)

Gabriela Coutinho Nunes da Costa

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Centro Universitário do Planalto Central Apparecido dos Santos (UNICEPLAC)

Maria Brena Leal dos Santos

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Federal do Cariri (UFCA)

Alice Samara Gomes de Lima

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Karen Barros de Paula

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Michaela Lopes Leseux

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo revisar a aplicabilidade e eficiência em campo de técnicas de sexagem fetal em bovinos, reunindo dados e índices de forma sintetizada, de modo que possa apresentar as evidências científicas mais atualizadas e concisas que dispõem na literatura atual. A sexagem fetal em bovinos tornou-se uma prática estratégica para melhorar índices como produtividade e lucro em rebanhos, de modo que o manejo reprodutivo passa a ser essencial para a produção animal. Deste modo, os métodos para determinação do sexo fetal vem sendo cada vez mais estudados, dentre eles, destaca-se a ultrassonografia transretal, métodos moleculares como reação em cadeia da polimerase (PCR) e amplificação isotérmica mediada por loop (LAMP), análise proteômica de peptídeos de amelogenina (AMELX e AMELY), e, métodos de diagnóstico precoce, como seleção espermática e a influência do ambiente na definição do sexo da prole.

Palavras-chave: Sexagem Fetal. Bovinos. Ultrassonografia. Métodos Moleculares.

ABSTRACT

This study aims to review the applicability and field efficiency of fetal sexing techniques in cattle, compiling data and indices in a synthesized manner, so that it can present the most up-to-date and concise scientific evidence available in the current literature. Fetal sexing in cattle has become a strategic practice to improve indices such as productivity and profit in herds, so that reproductive management becomes essential for animal production. Thus, methods for determining fetal sex are being increasingly studied, among them, transrectal ultrasonography, molecular methods such as polymerase chain reaction (PCR) and loop-mediated isothermal amplification (LAMP), proteomic analysis of amelogenin peptides (AMELX and AMELY), and early diagnostic methods, such as sperm selection and the influence of the environment on the definition of the sex of the offspring, stand out.

Keywords: Fetal Sexing. Cattle. Ultrasonography. Molecular Methods.

RESUMEN

Este estudio busca revisar la aplicabilidad y la eficiencia en campo de las técnicas de sexado fetal en bovinos, recopilando datos e índices de forma sintetizada para presentar la evidencia científica más actualizada y concisa disponible en la literatura actual. El sexado fetal en bovinos se ha convertido en una práctica estratégica para mejorar índices como la productividad y la rentabilidad de los rebaños, por lo que el manejo reproductivo se vuelve esencial para la producción animal. Por ello, los métodos para determinar el sexo fetal se estudian cada vez más, entre los que destacan la ecografía transrectal, métodos moleculares como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la amplificación isotérmica mediada por asa (LAMP), el análisis proteómico de péptidos de amelogenina (AMELX y AMELY) y métodos de diagnóstico precoz, como la selección espermática y la influencia del ambiente en la definición del sexo de la descendencia.

Palabras clave: Sexado Fetal. Bovinos. Ecografía. Métodos Moleculares.

1 INTRODUÇÃO

A determinação precoce do sexo fetal em bovinos é uma ferramenta estratégica de gestão que permite aos produtores otimizar o planejamento reprodutivo e maximizar a rentabilidade das propriedades (Kim et al., 2025). No setor de corte, a preferência por bezerros machos é impulsionada pelo seu maior potencial de ganho de peso e valor de mercado para produção de carne, enquanto na pecuária leiteira a produção de fêmeas é essencial para a reposição do rebanho (Kim et al., 2025; Huang et al., 2024). Estima-se que a identificação correta do sexo possa elevar o valor dos ativos de uma fazenda em centenas de dólares por animal, dependendo da raça e do mercado local (Kim et al., 2025).

Historicamente, a sexagem baseava-se em métodos labororiais ou no nascimento, mas a evolução das tecnologias de imagem e moleculares transformou essa realidade. A ultrassonografia transretal consolidou-se como o método de escolha a campo pela sua rapidez e precisão, embora novas fronteiras em biomarcadores moleculares e proteômicos estejam sendo exploradas para oferecer diagnósticos ainda mais precoces e menos invasivos (Kim et al., 2025; Sánchez et al., 2021). Além das técnicas de diagnóstico, a compreensão de fatores biológicos, como a influência do muco do trato reprodutivo na seleção espermática, abre caminhos para o controle da proporção de sexos antes mesmo da concepção (Huang et al., 2024).

O presente estudo tem como objetivo revisar as técnicas atuais de sexagem fetal em bovinos, contrastando a aplicabilidade prática e econômica da ultrassonografia com as inovações moleculares e biológicas que prometem redefinir o manejo reprodutivo nos próximos anos.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica narrativa, desenvolvida com o objetivo de sintetizar e analisar as evidências científicas mais recentes relacionadas às Técnicas de Sexagem Fetal em Bovinos. A pesquisa foi realizada por meio de consulta a bases de dados acadêmicas, utilizando os descritores "Sex Determination", "Analysis" e "Cattle", combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, conforme a terminologia do Medical Subject Headings (MeSH). Foram incluídos artigos publicados nos últimos cinco anos, disponíveis integralmente e redigidos nos idiomas português ou inglês, que abordassem de forma direta o tema. Excluíram-se estudos que não apresentavam relação direta com o tema central, publicações duplicadas, revisões narrativas com baixo rigor metodológico e artigos não indexados na base de dados utilizada. A seleção dos estudos foi conduzida em duas etapas: triagem de títulos e resumos, seguida pela avaliação dos textos completos para confirmar a relevância. As informações extraídas foram organizadas de forma descritiva.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ACURÁCIA E APLICABILIDADE DA ULTRASSONOGRAFIA

A ultrassonografia transretal para determinação do sexo fetal baseia-se na identificação da posição do tubérculo genital ou de estruturas genitais secundárias (escroto, glândula mamária). Estudos recentes indicam que esta técnica atinge uma acurácia elevada de aproximadamente 96,2% quando realizada por técnicos experientes (Kim et al., 2025). A eficiência desta ferramenta a campo é notável, permitindo ajustes rápidos no manejo nutricional das vacas e a comercialização diferenciada de animais ainda no útero (Kim et al., 2025). Embora métodos moleculares (como PCR e LAMP) ofereçam precisão próxima a 100%, a ultrassonografia oferece o “resultado em tempo real”, o que elimina a logística de envio de amostras e custos laboratoriais, tornando a ferramenta mais viável para o manejo de grandes rebanhos comerciais. Mesmo apresentando elevado desempenho diagnóstico, a utilização da ultrassonografia para a determinação do sexo fetal exige operadores devidamente capacitados para a correta interpretação das imagens, especialmente em vacas que apresentam maior atenuação do feixe ultrassônico já que essa condição pode dificultar a visualização das estruturas genitais fetais em estágios gestacionais mais avançados. No entanto, o custo inicial do equipamento e essa necessidade de mão de obra altamente qualificada ainda são barreiras para a adoção universal em pequenas propriedades.

A identificação do tubérculo genital por ultrassonografia transretal geralmente ocorre após o 36º dia de gestação, sendo impossibilitado a visualização antes desse período, a melhor janela de tempo gestacional para a localização e sexagem fetal precoce se situa entre o 59º e 68º, o qual proporciona melhor nitidez e confiabilidade das imagens obtidas pelo aparelho ultrassonográfico em estágios mais precoces em bovinos e equinos (Prestes et al., 2022).

A realização da ultrassonografia transretal em estágio gestacional mais avançado promove maior praticidade ao técnico no momento da sexagem fetal, sendo possível pelo maior desenvolvimento fetal, a visualização não apenas das gônadas fetais, como dos órgãos sexuais acessórios, possibilitando a avaliação da integridade fetal e placentária (Bucca, 2005 Apud. Prestes et al., 2022).

Após localização fetal, definição, visualização da caixa torácica e de batimentos cardíacos, pode-se identificar as gônadas sexuais em região Ventro Caudal do abdome fetal, as principais gônadas sexuais visíveis em machos são o pênis, prepúcio e bolsa escrotal (a qual apresenta duas estruturas ovaladas e simétricas, de baixa ecogenicidade), sendo o pênis visualizado após o local de implantação do cordão umbilical, já nas fêmeas é possível a identificação das glândulas mamárias, vulva e clitóris, sendo esta última estrutura visualizada em região perineal, proximamente à base da cauda (Prestes et al., 2022).

Apesar da tecnologia do ultrassom ser precisa, sua precisão deixa a desejar quando a visualização se torna desafiadora por causa de obstrução de imagem causada por cotilédones uterinos, além da posição do feto que impedia a identificação de partes anatômicas essenciais. Ademais, como citado antes, é necessário arcar com custos de profissionais qualificados para ter um resultado correto (Kim et al., 2025). Portanto, a ultrassonografia apresenta variáveis que devem ser consideradas ou até mesmo ser substituídas por outros métodos que serão analisados neste trabalho.

3.2 FRONTEIRAS MOLECULARES: MICRORNAS E PROTEÔMICA

Enquanto a ultrassonografia depende da visualização anatômica e habilidade técnica para a visualização e identificação do tubérculo genital, novos estudos buscam biomarcadores que antecedem a diferenciação morfológica. Pesquisas avançadas têm investigado o uso de MicroRNAs (miRNAs) presentes no líquido amniótico e no plasma sanguíneo materno como biomarcadores de dimorfismo sexual (Sánchez et al., 2021). A expressão diferencial de miRNAs específicos, como o bta-miR-122, está ligada aos processos de diferenciação gonadal precoce, oferecendo uma perspectiva de sexagem molecular que poderia, no futuro, ser realizada através de uma simples coleta de sangue da mãe antecipando o diagnóstico em semanas se comparado aos métodos de diagnóstico por imagem.

Complementarmente, a análise proteômica de peptídeos de amelogenina (AMELX e AMELY) tem se mostrado eficaz para a estimativa de sexo em restos biológicos, consolidando marcadores genéticos que podem ser adaptados para diagnósticos rápidos de DNA fetal livre (Blacka et al., 2025) evidenciando que, mesmo com foco forense, a alta sensibilidade da espectrometria de massa para a diferenciação de proteínas do cromossomo X e Y supera as limitações de degradação que afetam os métodos baseados somente em PCR convencional.

O maior desafio para a sexagem não invasiva em bovinos é na sensibilidade de detecção do DNA fetal livre circulante (cffDNA) no sangue materno. A evolução das técnicas de amplificação de ácidos nucleicos, saindo da PCR convencional (qPCR) para a PCR digital em gotas (ddPCR), representa um grande salto tecnológico, o método foi recentemente validado por Sharma et al. (2025) por meio de um modelo sobre a sexagem de estágios imaturos de *Ixodes scapularis* e *Rhipicephalus microplus*. Por meio desse estudo ficou comprovado que as abordagens baseadas na Variação do Número de Cópias (CNV) via ddPCR conseguiram determinar o sexo com precisão, mesmo em amostras com material genético escasso. Ainda que aplicado em vetores este refinamento metodológico demonstra um caminho que pode ser aplicado em bovinos: capacidade do ddPCR de quantificar sequências alvo permitindo distinguir o traço genético masculino (Y) do vasto *background* de DNA materno no plasma, superando falhas de detecção de “falsos negativos” observados quando é utilizado unicamente a PCR convencional a campo.

3.3 INFLUÊNCIA DO AMBIENTE MATERNO E SELEÇÃO ESPERMÁTICA

Além do diagnóstico pós-concepcional, evidências recentes sugerem que o muco do trato reprodutivo da fêmea pode influenciar a proporção de machos e fêmeas ao nascimento, atuando como um microambiente biologicamente capaz de modular mecanismos celulares fundamentais à fertilização.

Estudos com vacas classificadas como produtoras de descendentes de sexo único (*single-sex Offspring - SSO*) revelam que o muco cervical não é um abarreira passiva e sim um filtro seletivo ativo. Foi observado que o muco de vacas SSO altera a proporção de espermatozoides X e Y que conseguem penetrar as barreiras cervicais, o que sugere que, com base em métodos independentes de quantificação, como o qPCR TaqMan duplo e a citometria de fluxo, a seletividade observada ocorre mesmo na ausência de diferenças significativas no pH do muco, indicando que componentes bioquímicos do muco do trato reprodutivo interagem diferencialmente com as populações espermáticas X e Y, influenciando diretamente sua capacidade de progressão, sobrevivência e, consequentemente, de fecundação (Huang et al., 2024). Essa seletividade sugere um dimorfismo funcional entre os gametas masculinos que vai além da carga genética, envolvendo diferenças na sinalização de superfície e no metabolismo energético basal (Huang et al., 2024). O elo molecular dessa seleção está na expressão diferencial de receptores nas membranas espermáticas, o cromossomo X codifica receptores específicos como o Toll-like 7 e o TLR7/8, que estão ausentes ou são minimamente expressos em espermatozoides Y. A ativação desses receptores por ligantes específicos no ambiente uterino, que também pode ser mimetizado em laboratório por compostos como o Resiquimod (R848), desencadeia uma cascata de sinalização que resulta na redução da síntese de ATP mitocondrial, diminuindo drasticamente a motilidade dos espermatozoides X sem comprometer sua viabilidade ou capacidade de fertilização (Huang et al., 2024; Wen et al., 2023). Isso permite separar os dois grupos sem precisar de máquinas de alto valor (como as de sêmen sexado tradicional), usando apenas uma reação química que mexe na velocidade de nado.

Esta descoberta redefine o entendimento sobre uma “aleatoriedade” da sexagem mostrando que o sexo da prole depende de uma interação complexa entre biologia da fêmea e biotecnologia aplicada, (Huang et al., 2024). Enquanto o muco age como um filtro natural/regulador endógeno, a manipulação farmacológica desses receptores TLR7/8 permite a produção de sêmen sexado com alta eficiência, sem a necessidade de procedimentos físicos agressivos como o *sorting* por citometria de fluxo convencional, que pode reduzir a longevidade dos gametas. A compreensão do ambiente uterino como um modulador pré-concepcional abre novas perspectivas para o ajuste da proporção sexual em rebanhos comerciais através do manejo nutricional ou hormonal da matriz, visando otimizar a composição do muco e, consequentemente, o resultado genético da progênie.

3.4 IMPACTO ECONÔMICO E DECISÃO NO CAMPO

A aplicabilidade das técnicas de sexagem fetal reflete-se diretamente na economia da fazenda. Bezerros machos de raças como a Hanwoo podem incrementar o valor dos ativos da propriedade em cerca de USD 760 em comparação com fêmeas, devido ao rendimento de carcaça (Kim et al., 2025). Assim, a sexagem ultrassonográfica não é apenas uma curiosidade clínica, mas um componente essencial da análise de lucratividade e dinâmica de mercado, permitindo que o produtor tome decisões baseadas em dados sobre vendas antecipadas e reposição de matrizes (Kim et al., 2025).

Adentrando o tópico de análises, pode-se usar como exemplo dois tipos de produção: a que é focada na carne e a que é focada na reprodução. A técnica de sexagem fetal permite que estratégias como a venda de vacas que estão gestando um macho seja feita por um valor mais elevado para fazendas de produção de carne, enquanto vacas gestando fêmeas podem ser vendidas para locais que visam aumentar a reprodução com uma nova matriz.. Dessa maneira, é imprescindível que os métodos aplicados para sexagem fetal sejam tanto precisos quanto rentáveis. Um exemplo é a ultrassonografia juntamente com o sêmen sexado (Kim et al., 2025).

4 CONCLUSÃO

Em suma, a revisão das técnicas de sexagem fetal em bovinos demonstra um cenário de avanços crescentes, pautado pela otimização do manejo reprodutivo e maximização da rentabilidade. A ultrassonografia transretal se consolida como a ferramenta de eleição a campo, devido à sua alta acurácia (aproximadamente 96,2%) e ao fornecimento de resultados em tempo real, conferindo uma vantagem logística e econômica sobre os métodos laboratoriais, apesar de depender da capacitação do operador e das limitações na janela gestacional.

Paralelamente, as fronteiras moleculares — como a análise de MicroRNAs e a Proteômica com ddPCR — representam o futuro do diagnóstico, prometendo precisão próxima a 100% e métodos menos invasivos de detecção de DNA fetal livre, superando as barreiras de visualização ultrassonográfica, mas ainda enfrentando desafios de custo e logística laboratorial para a adoção massiva em fazendas comerciais.

Adicionalmente, esta pesquisa evidenciou a emergência de estratégias pré-concepcionais, como a manipulação do microambiente do trato reprodutivo da fêmea e a seleção espermática por meio de receptores (TLR7/8), redefinindo a "aleatoriedade" da sexagem e abrindo novas perspectivas para o controle da proporção de sexos por manejo nutricional e hormonal.

Em última análise, a decisão sobre a técnica ideal no campo é uma equação de custo-benefício, onde a ultrassonografia oferece praticidade e retorno imediato para grandes rebanhos, enquanto as inovações moleculares e biológicas oferecem um planejamento estratégico e precisão superior para o futuro da zootecnia de precisão.



REFERÊNCIAS

- BLACKA, C. et al. Rapid proteomic amelogenin sex estimation of human and cattle remains using untargeted Evosep-timsTOF mass spectrometry. Preprint, 2025.
- HUANG, F. et al. Reproductive Tract Mucus May Influence the Sex of Offspring in Cattle: Study in Cows That Have Repeatedly Calved Single-Sex Offspring. *Veterinary Sciences*, v. 11, n. 11, 572, 2024.
- KIM, D. et al. Economic Impacts of Ultrasonographic Fetal Sex Determination on Hanwoo Cattle Profitability and Market Dynamics. *Veterinary Sciences*, v. 12, n. 3, 201, 2025.
- PRESTES, Nereu C.; LANDIM-ALVARENGA, Fernanda da C. *Obstetrícia Veterinária* . 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2022. E-book. pág.43-58. ISBN 9788527730990. Disponível em: [https://integrada\[minhabiblioteca\].com.br/reader/books/9788527730990/](https://integrada[minhabiblioteca].com.br/reader/books/9788527730990/). Acesso em: 02 fev. 2026.
- SÁNCHEZ, J. M. et al. MicroRNAs in amniotic fluid and maternal blood plasma associated with sex determination and early gonad differentiation in cattle. *Biology of Reproduction*, v. 105, n. 2, p. 345-358, 2021.
- SHARMA, A. et al. Copy Number Variation-Based Molecular Sexing of *Ixodes scapularis* and *Rhipicephalus microplus* Immature Stages Using qPCR and ddPCR Approaches. Preprint, 2025.