



UNICEPLAC
CENTRO UNIVERSITÁRIO

Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – UNICEPLAC
Curso de Medicina Veterinária
Trabalho de Conclusão de Curso

**Taxas de concepção comparativas entre o uso de sêmen bovino sexado e
sêmen convencional: revisão da literatura**

Gama-DF

2024

Rebeca Lima Fernandes Couto Carneiro

Taxas de concepção comparativas entre o uso de sêmen bovino sexado e sêmen convencional: revisão da literatura

Artigo apresentado como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em medicina veterinária pelo Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – Uniceplac.

Orientadora: Professora Dra. Mariane Leão Freitas.

Gama-DF

2024

REBECA LIMA FERNANDES COUTO CARNEIRO

Taxas de concepção comparativas entre o uso de sêmen bovino sexado e sêmen convencional: revisão da literatura

Artigo apresentado como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em medicina veterinária pelo Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – Uniceplac.

Gama-DF, 12 de novembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

**MARIANE LEAO
FREITAS**

Assinado de forma digital por
MARIANE LEAO FREITAS
Dados: 2024.11.25 20:46:28 -03'00'

Professora Dra. Mariane Leão Freitas
Orientadora

**LUIS FERNANDO
DE OLIVEIRA
VARANDA**

Assinado de forma digital
por LUIS FERNANDO DE
OLIVEIRA VARANDA
Dados: 2024.11.27
20:56:50 -03'00'

Prof. Me. Luís Fernando de Oliveira Varanda

**TULIO CESAR
NEVES**

Assinado de forma digital
por TULIO CESAR NEVES
Dados: 2024.11.25
21:01:10 -03'00'

Prof. Me. Túlio Cesar Neves

Taxas de concepção comparativas entre o uso de sêmen bovino sexado e sêmen convencional: revisão da literatura

Rebeca Lima Fernandes Couto Carneiro¹
Mariane Leão Freitas²

Resumo:

Os avanços nas biotecnologias reprodutivas bovinas têm impulsionado significativamente a produtividade do setor pecuário, com destaque para as técnicas de sêmen sexado e produção *in vitro* de embriões. Este trabalho objetivou realizar uma revisão de literatura sobre as taxas de concepção em bovinos, comparando a eficácia da técnica de PIVE e IATF em combinação com a utilização do sêmen sexado ou do sêmen não sexado. A metodologia consistiu em uma revisão bibliográfica, analisando estudos que investigaram a eficácia dessas técnicas reprodutivas. Os resultados demonstraram que o sêmen não-sexado apresentou taxas de produção *in vitro* de embriões superiores em comparação ao sexado. Alguns autores relataram taxas de blastocistos consideravelmente menores com sêmen sexado *versus* não-sexado, enquanto outros observaram resultados contrastantes, com taxas superiores para sêmen sexado em relação ao convencional. Na comparação entre inseminação artificial em tempo fixo e produção *in vitro* de embriões com sêmen sexado, a produção *in vitro* de embriões se destaca como uma alternativa mais eficiente em comparação à inseminação artificial em tempo fixo. Concluiu-se que, embora o sêmen sexado apresente geralmente taxas de sucesso inferiores ao convencional, sua utilização pode ser vantajosa em contextos específicos, especialmente quando o controle do sexo da progênie é prioritário. A escolha entre as técnicas deve considerar objetivos específicos do produtor, custos envolvidos e condições particulares de cada sistema de produção, sendo fundamental o constante aprimoramento das técnicas para otimizar os resultados.

Palavras-chave: embriões bovinos; produção *In vitro* de embriões; criopreservação de sêmen; sexagem espermática; citômetro de fluxo.

¹ Rebeca Lima Fernandes Couto Carneiro. Graduanda do Curso de Medicina Veterinária no Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – E-mail: rebeca.couto@gmail.com

² Mariane Leão Freitas. Doutora, Docente do Curso de Medicina Veterinária no Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – E-mail: mariane.freitas@uniceplac.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos globais, incluindo as biotecnologias aplicadas à reprodução bovina, têm impulsionado a produtividade no setor pecuário, resultando em alta rentabilidade tanto na pecuária leiteira quanto na de corte. As técnicas reprodutivas modernas desempenham um importante papel no melhoramento genético bovino, promovendo um aumento nas quantidades e padrões de qualidade dos animais. Além disso, essas tecnologias possibilitam o uso de fêmeas pré-púberes, a escolha de características desejadas e a diminuição do intervalo entre gerações (Prata, 2019).

Esses fatores são de extrema importância para sistemas que produzem carne e leite, e técnicas como Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF), Inseminação Artificial (IA), Transferência de Embriões (TE), produção *in vitro* de embriões (PIVE) e a utilização do sêmen sexado têm possibilitado avanços significativos, como a escolha do sexo dos embriões (Reese *et al.*, 2021).

Pesquisas recentes sobre tecnologias reprodutivas bovinas têm evidenciado tanto eficácia quanto lucratividade, como é o caso do sêmen sexado, que possibilita o controle do sexo da progênie. Essa inovação é particularmente valiosa para criadores de gado leiteiro, pois aumenta a quantidade de fêmeas no rebanho. No entanto, também oferece benefícios para pecuaristas de corte, que preferem a reprodução de bezerros do sexo masculino (Moore; Thatcher, 2006).

Nesse contexto, a utilização do sêmen sexado apresenta relevância global, trazendo benefícios tanto para os índices de prenhez quanto para a economia. Contudo, sua eficácia está atrelada à disponibilidade de mão de obra especializada e a baixos custos operacionais. Além disso, é de suma importância que os índices de prenhez com sêmen sexado superem os alcançadas quando se utiliza o sêmen não sexado (Vilela *et al.*, 2016).

As investigações científicas que analisaram as bases evolutivas e biológicas das diferenças entre os espermatozoides portadores dos cromossomos X e Y apontam que os espermatozoides possuindo o cromossomo X, responsáveis pela produção de fêmeas, possuem aproximadamente 4% mais material genético comparados aos espermatozoides com o cromossomo Y, que geram machos. O método de citometria de fluxo permite a distinção entre esses espermatozoides,

baseando-se nas diferenças observadas nas cabeças dos gametas (Vilela *et al.*, 2016).

O emprego do sêmen sexado em fazendas leiteiras tem mostrado um aumento substancial na produtividade, impulsionado pelo aumento do número de fêmeas no rebanho. Pesquisas indicam que novilhas e vacas prenhes de bezerros do sexo feminino podem produzir uma quantidade significativamente maior de leite, particularmente durante as primeiras lactações (Prata, 2019).

Ao optar pela utilização do sêmen sexado, se faz importante adotar estratégias que garantam resultados comparáveis aos alcançados com o sêmen convencional, especialmente no que tange às taxas de gestação (Vilela *et al.*, 2016). Até 2014, se considerava razoável que os índices de prenhez com sêmen sexado fossem de 20% a 30% inferiores em relação aos obtidos com sêmen convencional (Peres, 2014).

Os impactos e benefícios das biotécnicas reprodutivas são vastos, proporcionando uma contribuição significativa para o bem-estar animal ao possibilitar a adaptação de técnicas específicas a diversas raças. Entre essas biotécnicas, a PIVE tem se destacado por agilizar o aprimoramento genético em um período relativamente curto (Luchiari Filho, 2006).

De acordo com Vilela *et al.* (2016), pesquisas anteriores já avaliaram a eficácia fecundante de amostras seminais, tanto com sêmen sexado quanto com sêmen convencional, utilizando a técnica de produção *in vitro* de embriões (PIVE). Inicialmente, a PIVE não permitia a diferenciação dos espermatozoides por sexo, mas avanços nas pesquisas na década de 1980 superaram essa limitação. No entanto, ainda persistem dúvidas sobre a eficácia comparativa dessas técnicas. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre as taxas de concepção em bovinos, comparando a eficácia da técnica de PIVE e IATF em combinação com a utilização do sêmen sexado ou do sêmen não sexado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TÉCNICA DE PRODUÇÃO *IN VITRO* DE EMBRIÕES

A PIVE iniciou-se na década de 1980, consolidando-se nos anos 1990 com avanços em maturação e cultivo de embriões (Silva *et al.*, 2017). No Brasil, o início comercial ocorreu em 1998, impulsionado por projetos tecnológicos (Souza; Abade, 2018). Apesar de limitada no início, a técnica evoluiu significativamente, enfrentando desafios como criopreservação e taxas de prenhez reduzidas, mas adaptando-se às necessidades da pecuária nacional (Silva *et al.*, 2017).

Entre 2000 e 2016, a PIVE teve um crescimento de 300% no Brasil, com produção que atingiu 666.215 embriões, superando pela primeira vez a produção *in vivo*. Avanços como a vitrificação e a tecnologia IVB Transfer®³ elevaram as taxas de concepção em 2016 (Souza; Abade, 2018). Hoje, a PIVE é consolidada, com o Brasil liderando mundialmente a biotecnologia e contribuindo para o melhoramento genético (Silva *et al.*, 2017).

A PIVE é uma biotecnologia avançada que permite a manipulação do processo reprodutivo, promovendo o aprimoramento genético em rebanhos de forma acelerada. A técnica é composta por diversas etapas, começando com a coleta de oócitos e progredindo pela maturação, fertilização e cultivo dos embriões até o estágio de mórula ou blastocisto, geralmente alcançado ao sétimo dia pós-fecundação. Neste ponto, os embriões podem ser criopreservados ou transferidos para fêmeas receptoras (Peres, 2014).

A primeira etapa envolve a coleta dos oócitos, por meio de uma técnica minimamente invasiva chamada aspiração folicular ou Ovum Pick Up (OPU). Desenvolvida na década de 1980, a OPU é guiada por ultrassom e realizada com uma agulha acoplada a uma probe, que entra em contato com o folículo ovariano, permitindo a aspiração dos oócitos com auxílio de um vácuo. Durante o procedimento, utiliza-se uma solução salina tamponada (PBS – do inglês: Phosphate-Buffered Saline) que preserva a integridade das células, mantendo a osmolaridade adequada e prevenindo danos (Vilela *et al.*, 2016).

³ A tecnologia IVB Transfer® otimiza a transferência de embriões congelados, aumentando a eficiência e viabilidade na reprodução bovina (Souza; Abade, 2018).

Por ser minimamente invasiva, a OPU permite a obtenção de oócitos de fêmeas a partir dos seis meses de idade, de vacas prenhes até o terceiro mês de gestação, e quinze dias após o parto. Além disso, a técnica pode ser repetida quinzenalmente, garantindo um grande número de oócitos viáveis para o processo de PIVE (Vilela *et al.*, 2016).

A PIVE também permite a escolha de animais com elevado valor genético, tanto machos quanto fêmeas, para maximizar a eficiência reprodutiva. O uso dessa técnica é amplamente adotado em fazendas de alto desempenho, especialmente em programas de seleção genética focados na produtividade de carne ou leite. Uma das suas vantagens é que a vaca doadora pode continuar com sua produção leiteira, enquanto os embriões são gerados *in vitro*, ampliando a capacidade reprodutiva de animais com superioridade genética (Prata, 2019).

Outro ponto positivo da PIVE é a redução de intervalos entre gestações, permitindo a produção de múltiplos embriões a partir de uma única coleta de oócitos. Em um contexto de seleção genética, isso acelera a inserção de características preferíveis no rebanho. Além disso, essa técnica é especialmente útil em animais com problemas de fertilidade, uma vez que possibilita a coleta de oócitos mesmo em vacas com baixa capacidade reprodutiva natural (Vilela *et al.*, 2016).

Para exemplificar a aplicação prática da PIVE, é possível citar fazendas especializadas em produzir leite de alta qualidade que utilizam essa técnica para selecionar animais com maior eficiência na conversão alimentar. Esse tipo de seleção genética reflete diretamente na produtividade, aumentando o retorno financeiro dos produtores. Em fazendas voltadas para produzir carne, a técnica tem sido fundamental na criação de animais com melhores características de carcaça e ganho de peso (Fonseca, 2018).

Apesar das diversas vantagens da PIVE, existem algumas dificuldades e complicações que devem ser consideradas. A coleta de oócitos por meio da técnica OPU, apesar de ser considerada minimamente invasiva, ainda pode causar desconforto e estresse nos animais. Além disso, o procedimento requer mão de obra especializada e cuidados rigorosos para evitar contaminações e danos aos oócitos (Vilela *et al.*, 2016).

A execução de cada etapa do processo, desde a coleta de oócitos até a transferência embrionária, requer precisão e conhecimento técnico, o que demanda investimentos em capacitação e infraestrutura. Portanto, é essencial que os

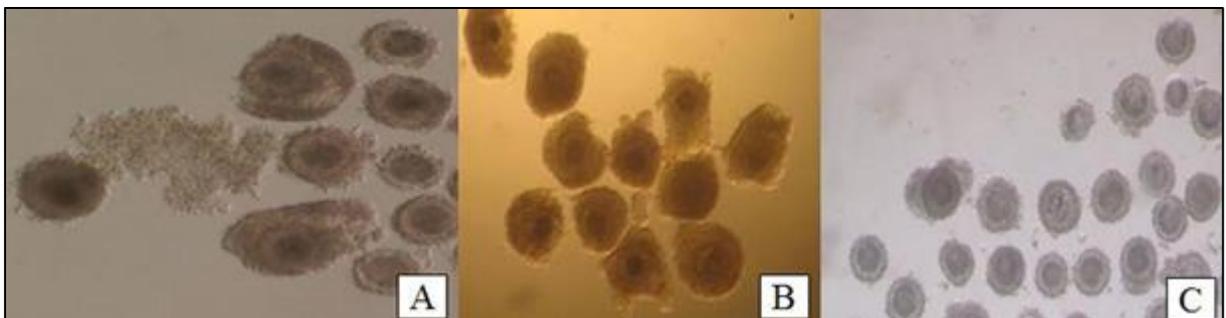
profissionais envolvidos estejam atualizados sobre as melhores práticas laboratoriais e de manejo animal (Peres, 2014).

Além disso, no decorrer do processo de maturação e cultivo *in vitro*, os embriões ficam expostos a um ambiente artificial que, apesar de controlado, pode não reproduzir perfeitamente as condições ideais do trato reprodutivo. Isso pode levar a alterações no desenvolvimento embrionário, com impactos na qualidade e viabilidade dos embriões produzidos. Outro desafio é a criopreservação, pois o congelamento e descongelamento podem causar danos celulares, reduzindo as taxas de sobrevivência dos embriões (Luedke *et al.*, 2019).

Assim, embora o impacto da PIVE no melhoramento genético bovino possa ser observado em diversas propriedades, onde a aplicação contínua dessa técnica tem permitido o desenvolvimento de rebanhos mais homogêneos e com melhor desempenho produtivo, a técnica ainda não é amplamente acessível a todos os produtores devido aos custos envolvidos, o que limita sua aplicação principalmente às fazendas com maior capacidade financeira (Prata, 2019).

Uma vez coletados, os oócitos são selecionados em laboratório com o uso de um microscópio estereoscópico. A seleção leva em consideração o número de células do *cumulus* e a aparência do citoplasma, com os oócitos sendo classificados em cinco graus. Os oócitos de graus I a III são considerados viáveis (Figura 1), enquanto os de grau IV apresentam sinais de degeneração e os de grau V são inviáveis devido à sua aparência escura e irregular (Silva *et al.*, 2017).

Figura 1 - Classificação de oócitos considerados viáveis, após a OPU, na técnica de produção *in vitro* de embriões.



Fonte: Silva *et al.* (2017). A: oócitos de grau I. B: oócitos de grau II. C: oócitos de grau III.

Os oócitos selecionados são cuidadosamente lavados e transferidos para um meio de maturação *in vitro*, onde são mantidos em criotubos gaseificados com uma atmosfera controlada de 5% de CO₂, 5% de O₂ e 90% de N₂. Esses oócitos são

cobertos com óleo mineral para prevenir a evaporação e garantir a estabilidade do pH e da temperatura durante o processo (Silva *et al.*, 2017).

A maturação dos oócitos é um processo crítico e ocorre em duas fases: nuclear e citoplasmática. Na fase nuclear, o oócito progride da fase de diplóteno até a metáfase II, com a extrusão do primeiro corpúsculo polar, o que indica que o oócito está pronto para ser fertilizado. Na fase citoplasmática, ocorrem mudanças bioquímicas e estruturais, como a migração de grânulos corticais e a reorganização das organelas, essenciais para a viabilidade embrionária (Souza; Abade, 2018).

Esse processo de maturação é suportado por meios de cultivo específicos, como o *Tissue Culture Medium* 199 (TCM 199), amplamente utilizado nos laboratórios de produção *in vitro*. Esse meio é enriquecido com soro fetal bovino (SFB), gonadotrofinas, como o hormônio folículo-estimulante (FSH – do inglês: *Follicle-Stimulating Hormone*), o hormônio luteinizante (LH – do inglês: *Luteinizing Hormone*) e o estradiol-17 β , aminoácidos, como L-glutamina, bicarbonato de sódio, piruvato de sódio, lactato, antibióticos e vitaminas. Durante a maturação, as junções do tipo *gap* permitem a troca de nutrientes e proteínas reguladoras entre as células do *cumulus* e o oócito, favorecendo o desenvolvimento adequado em um ambiente controlado de temperatura e atmosfera gasosa (Luedke *et al.*, 2019).

A qualidade dos oócitos é fundamental para o sucesso da produção *in vitro* de embriões. Fatores como a idade, o estado nutricional e o ambiente hormonal da doadora podem afetar diretamente a viabilidade dos oócitos e as taxas de desenvolvimento embrionário, sendo essenciais para maximizar os resultados do processo (Silva *et al.*, 2017).

Na etapa de fertilização, os espermatozoides são capacitados, um processo que envolve a remoção de proteínas da membrana e a ativação de vias bioquímicas necessárias para a reação acrossômica. A capacitação permite que os espermatozoides adquiram a capacidade de fertilizar o oócito. Após esse processo, os espermatozoides são colocados em contato com os oócitos, promovendo a fecundação. A concentração de espermatozoides e o tempo de exposição são ajustados para otimizar as taxas de fertilização, sendo essencial o uso de sêmen de alta qualidade (Luedke *et al.*, 2019).

Após a fertilização, os embriões entram na fase de cultivo *in vitro*, onde são mantidos em condições controladas que imitam o ambiente uterino. Durante esse estágio, os embriões são incubados em um meio específico contendo nutrientes

essenciais, como glicose, aminoácidos, vitaminas e fatores de crescimento. Além disso, o ambiente é gaseificado com 5% de CO₂ e a temperatura é mantida em torno de 38,5°C, simulando a temperatura corporal das vacas (Vilela *et al.*, 2016).

A principal vantagem do cultivo *in vitro* (Figura 2) é a capacidade de acompanhar o desenvolvimento embrionário em tempo real, permitindo a seleção dos embriões mais viáveis para transferência ou criopreservação. A criopreservação pode ser realizada através de técnicas como o congelamento lento ou a vitrificação, sendo esta última preferida devido às menores taxas de danos celulares. No entanto, o ambiente de cultivo deve ser cuidadosamente controlado para evitar alterações que possam impactar negativamente as taxas de sucesso (Silva *et al.*, 2017; Souza; Abade, 2018).

Figura 2 - Fertilização *in vitro*



Como visto, a PIVE oferece um método eficaz para o aprimoramento genético, acelerando a produção de embriões viáveis. Embora técnicas como a OPU e a criopreservação permitam maior controle do processo, elas também exigem rigor técnico e mão de obra especializada para evitar danos aos oócitos e embriões. O sucesso depende de um ambiente de cultivo cuidadosamente controlado, além de fatores como a qualidade do sêmen e dos oócitos, garantindo altas taxas de fertilização e desenvolvimento embrionário.

2.2 TÉCNICA DE PRODUÇÃO DO SÊMEN SEXADO

O sêmen convencional começou a ser utilizado amplamente na reprodução bovina a partir da década de 1940, com a introdução da inseminação artificial como técnica de melhoramento genético. Esse método ofereceu maior acesso a touros geneticamente superiores e, ao longo das décadas, apresentou um crescimento constante em eficiência e popularidade (Loiola *et al.*, 2015). Atualmente, permanece como uma ferramenta essencial, destacando-se por sua aplicação em larga escala na pecuária.

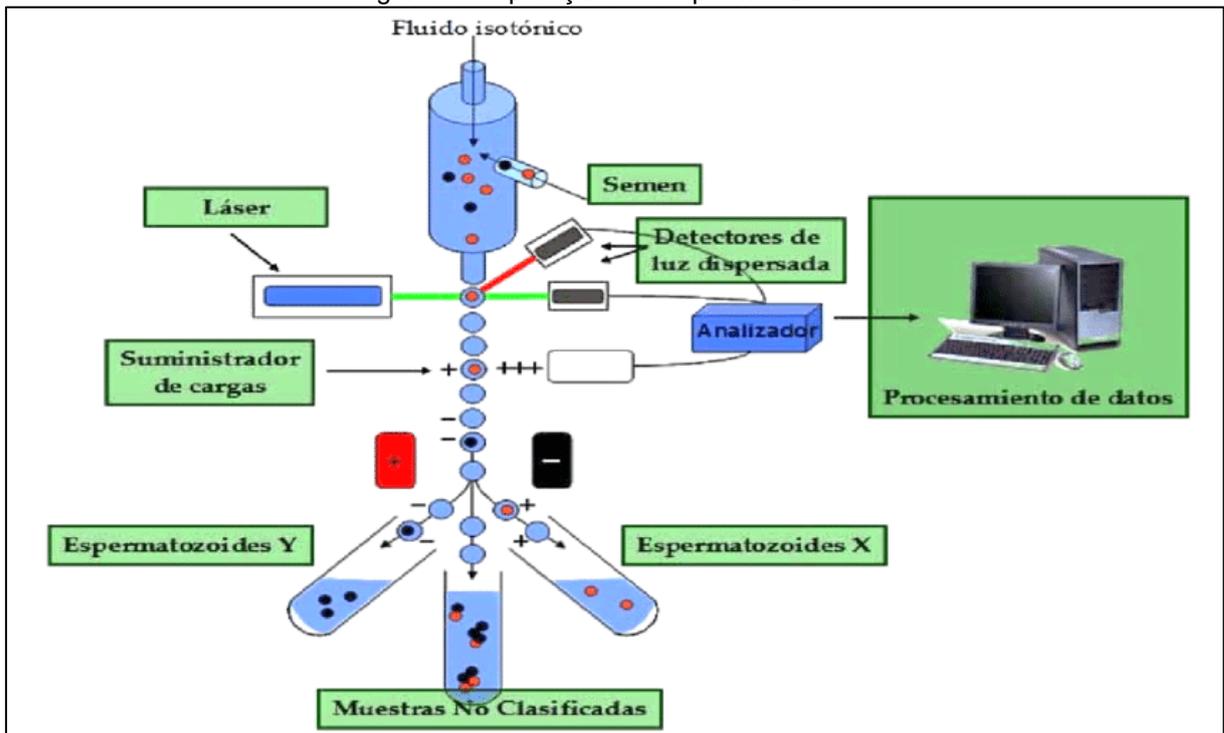
Com o advento de tecnologias como a FIV, o sêmen convencional mostrou-se altamente eficiente na produção de embriões. Estudos recentes revelam que ele oferece melhores taxas de clivagem e desenvolvimento embrionário em comparação ao sêmen sexado, que apresenta menor concentração espermática e resultados menos consistentes (Gregianini *et al.*, 2017). Assim, sua relevância permanece consolidada tanto em sistemas de produção de carne quanto de leite.

O método de sexagem do sêmen bovino, que surgiu no final dos anos 80 e foi comercialmente disponível no Brasil a partir da década de 2000 (Vilela *et al.*, 2016), tem sido amplamente estudada devido às suas implicações significativas na pecuária leiteira. Essa biotecnologia, que separa espermatozoides X e Y utilizando a citometria de fluxo, possibilita produzir um número predeterminado de bezerras do sexo desejado (Reese *et al.*, 2021). A eficácia da técnica, embora evidente, apresenta variações dependendo do contexto e do uso específico.

No decorrer do processo da sexagem (Figura 3), os espermatozoides são tingidos com uma substância fluorescente que se liga ao ácido desoxirribonucleico

(DNA – do inglês: *Deoxyribonucleic Acid*). Como os espermatozoides que carregam o cromossomo X possuem mais material genético, eles emitem um sinal de fluorescência mais intenso. Esse diferencial é detectado e os espermatozoides são então separados de acordo com seu sexo (Vilela *et al.*, 2016).

Figura 3 - Separação dos espermatozoides



Fonte: Izquierdo *et al.* (2016)

O uso do citômetro de fluxo para sexagem do sêmen permite uma separação precisa de espermatozoides X e Y, apresentando precisão superior a 90% em alguns estudos (Magata *et al.*, 2020). Esse nível de precisão é importante para atender à demanda específica da indústria leiteira, em que a produção de fêmeas é geralmente mais desejável (Jo *et al.*, 2014). No entanto, a técnica enfrenta desafios relacionados à qualidade e fertilidade dos espermatozoides depois de realizada a sexagem.

Um exemplo prático do uso dessa inovação pode ser observado em fazendas leiteiras que buscam maximizar o número de fêmeas para produzir leite. Ao optar por usar o sêmen sexado, é possível garantir que a maioria dos bezerros nascidos serão do sexo feminino, o que eleva a eficiência do rebanho. Em outro contexto, fazendas de corte utilizam sêmen sexado para produzir machos que, por suas características genéticas, apresentam maior potencial de ganho de peso e valor de mercado, otimizando o retorno sobre o investimento (Reese *et al.*, 2021).

Embora a tecnologia permita uma escolha de sexo altamente eficiente, o impacto na qualidade seminal é uma preocupação significativa. O estresse mecânico, químico e térmico no decorrer do processo de citometria pode comprometer a motilidade e a integridade dos espermatozoides (Nascimento *et al.*, 2015). Essa redução na qualidade espermática resulta em menores índices de concepção e produção embrionária, destacando uma limitação importante da técnica.

Como detalham Pirez *et al.* (2020), a sexagem do sêmen bovino causa diversos problemas aos espermatozoides, devido ao estresse químico e físico, incluindo danos significativos à sua integridade. Os espermatozoides sexados apresentam deformações na cabeça e na cauda, redução da motilidade, danos mitocondriais com perda de crista e aumento da fragmentação do DNA. Essas alterações comprometem sua capacidade de ligação ao epitélio oviductal e à fertilização.

A interação dos espermatozoides com o oviduto é essencial para formar o reservatório espermático, mantendo motilidade e capacidade fertilizadora. Porém, a sexagem do sêmen reduz sua ligação ao epitélio oviductal, altera movimentos e causa comportamentos anormais, como rotações de 360°, não vistos em espermatozoides convencionais. Essas alterações, associadas ao estresse da sexagem, diminuem a fertilidade, especialmente em vacas, destacando a importância de otimizar técnicas reprodutivas na produção animal (Pirez *et al.*, 2020).

Vilela *et al.* (2016) mencionam que, apesar das limitações, o sêmen sexado tem sido particularmente útil na PIVE, em que a redução na fertilidade é menos impactante. Essa observação é corroborada por Sun *et al.* (2021), que destacam que o sêmen sexado é mais eficiente na PIVE devido à menor concentração espermática, o que é uma vantagem em sistemas de produção onde a demanda por fêmeas é alta.

Os custos associados ao sêmen sexado são notoriamente mais elevados comparados ao sêmen convencional, o que pode limitar sua adoção em algumas operações (Reese *et al.*, 2021). A necessidade de equipamentos especializados e o processo complexo de sexagem contribuem para esses custos. Essa questão é relevante ao comparar a viabilidade econômica da técnica, especialmente quando aplicada em grande escala.

Em termos de criopreservação, a literatura aponta que o sêmen sexado pode ser congelado, mas o processo de congelamento e descongelamento pode afetar sua viabilidade (Nogueira *et al.*, 2021). A redução da qualidade após a criopreservação é uma preocupação que não é amplamente detalhada nos estudos, mas é importante

considerar para a efetividade da técnica em diferentes contextos de armazenamento e uso.

Pirez *et al.* (2020) referem que a qualidade do sêmen é medida pela capacidade dos espermatozoides de fertilizarem óvulos e garantirem um desenvolvimento embrionário saudável, sendo avaliada por motilidade, morfologia e integridade do DNA. Sêmen de alta qualidade apresenta espermatozoides com boa motilidade e forma adequada, importante para a formação de blastocistos viáveis. Já a redução dessa qualidade, como em sêmen sexado, pode prejudicar a fertilização e o desenvolvimento embrionário.

Dessa maneira, a produção de embriões usando sêmen sexado, embora promissora, enfrenta desafios relacionados à integridade espermática e ao desenvolvimento embrionário (Magata *et al.*, 2020). A diminuição na qualidade do sêmen pode levar a taxas inferiores de formação de blastocistos e maior incidência de problemas embrionários, o que é uma preocupação destacada por vários autores (Jo *et al.*, 2014; Nogueira *et al.*, 2021).

2.3 PIVE VERSUS IATF NA UTILIZAÇÃO DO SÊMEN SEXADO

A associação da PIVE com sêmen sexado se destaca como uma alternativa mais eficiente em comparação à IATF com sêmen sexado. A principal razão para isso reside na capacidade da PIVE de superar as limitações impostas pelo processo de sexagem dos espermatozoides, o qual compromete a fertilidade (Jo *et al.*, 2014).

A técnica de PIVE permite a utilização de um número reduzido de espermatozoides para fecundar os oócitos, minimizando assim os impactos prejudiciais da sexagem (Nonato, 2014). Por outro lado, a IATF requer uma quantidade muito maior de espermatozoides, o que amplifica as dificuldades associadas à redução da qualidade do sêmen sexado (Lima; Nociti, 2019).

Adicionalmente, a PIVE com sêmen sexado permite obter embriões com o sexo predeterminado, apresentando uma taxa de sucesso maior e menos variável quando comparada com a IATF (Becher *et al.*, 2018). Isso é particularmente vantajoso na pecuária de corte e leiteira, onde a precisão na escolha do sexo é determinante para otimizar a eficiência produtiva (Cabral *et al.*, 2023). Jo *et al.* (2014) corroboram, ao afirmar que produzir embriões com sexo predeterminado na PIVE é realizada com alta precisão, o que representa uma vantagem significativa em relação à IATF.

A eficiência econômica da PIVE também é um fator importante. O uso do sêmen sexado na PIVE reduz a necessidade de grandes volumes de sêmen, o que se traduz em uma alternativa mais econômica, especialmente considerando as limitações de fertilidade associadas à sexagem (Jo *et al.*, 2014). Em comparação, a IATF com sêmen sexado pode não justificar o custo adicional devido às taxas reduzidas de concepção (Ifran, 2014).

Cabral *et al.* (2023) indicam que a associação da PIVE com sêmen sexado pode oferecer melhores resultados do que a IATF, especialmente em termos de taxas de prenhez e qualidade embrionária. Portanto, a combinação de PIVE e sêmen sexado supera a IATF com sêmen sexado por fornecer uma alternativa mais eficiente e econômica para produzir embriões. A PIVE não só maximiza os benefícios da sexagem dos espermatozoides, mas também minimiza os impactos negativos sobre a fertilidade, tornando-se a escolha preferida para programas de melhoramento genético (Ifran, 2014).

A literatura atual é clara ao indicar que a PIVE associada ao sêmen sexado é uma opção mais racional e vantajosa, especialmente para rebanhos onde a precisão na seleção do sexo é crítica para o sucesso produtivo (Lima; Nociti, 2019). A capacidade da PIVE de superar as limitações impostas pela sexagem reforça sua superioridade em relação à IATF com sêmen sexado., no que tange as taxas de gestação (Nonato, 2014).

2.3 TAXAS DE SUCESSO EM PIVE/IATF E TAXA DE GESTAÇÃO COM A ASSOCIAÇÃO DO SÊMEN SEXADO

O uso de sêmen sexado tem se tornado uma prática frequente devido ao desejo de controlar o sexo dos descendentes. No entanto, sua aplicação é acompanhada de desafios relacionados à viabilidade espermática e ao sucesso na fertilização, o que pode impactar as taxas de PIVE e o desenvolvimento embrionário subsequente. Diferentes estudos analisaram os efeitos da sexagem no desempenho reprodutivo, com resultados que variam dependendo das técnicas empregadas e das condições laboratoriais (Tabela 1 e 2).

Tabela 1 - Comparação das taxas de sucesso de PIVE e gestação com sêmen sexado e não sexado em diferentes estudos obtidos a partir de revisão de literatura.

AUTOR	TAXA DE EMBRIÕES (CONVENCIONAL)	TAXA DE EMBRIÕES (SEXADO)	TAXA DE GESTAÇÃO (CONVENCIONAL)	TAXA DE GESTAÇÃO (SEXADO)	NÚMERO DE OÓCITOS	NÚMERO DE VACAS UTILIZADAS
Peres (2014)	24% (Vacas)	--	72% (Vacas)	44% (Vacas)	--	50 (Vacas)
	28% (Novilhas)		68% (Novilhas)	52% (Novilhas)		50 (Novilhas)
Nascimento et al. (2015)	31,06%	21,10%	--	--	959	--
Gregianini et al. (2017)	29,52	22,34	--	--	--	3.542
Pinheiro et al. (2017)	60%	50%	57%	53%	238	30
Álvarez Gallardo et al. (2022)	54,45	58,10% (sexed ultra 4M)	--	--	4000	--
Barrozo, Nascimento e Dias (2022)	53,55%	30,64%	90,55%	90,68%	2440	--
Serafim (2018)	--	30% (Touro 1)	--	77,78% (Touro 1)	30	29
		33,33% (Touro 2)		55,56% (Touro 2)	54	
		35,29% (Touro 3)		45,83% (Touro 3)	68	
		32,91% (Touro 4)		42,31% (Touro 4)	79	
Loiola (2015)	1.081	238	37,74	35,71	--	87

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa da autora (2024)

Tabela 2 - Comparação das taxas de sucesso de IATF e gestação com sêmen sexado e não sexado em diferentes estudos obtidos a partir de revisão de literatura.

AUTOR	TAXA DE GESTAÇÃO (CONVENCIONAL)	TAXA DE GESTAÇÃO (SEXADO)	NÚMERO DE VACAS UTILIZADAS	TEMPO DE GESTAÇÃO AVALIADO
Kurykin et al. (2016)	51,6%	41,7%	3206 novilhas	45 a 60 dias após IATF
Thomas et al.(2018)	65%	48%	808	84 – 95 dias após IATF
Munhoz (2019)	35,6% (31 dias)	25,7% (31 dias)	116 novilhas	31 e 59 dias após IATF
	28,7% (59 dias)	20,7 (59 dias)	978 vacas em lactação	
Diniz (2020)	Fazenda 1	Fazenda 1	703	30 dias após IATF
	47,9% (touro 1)	18,2% (touro 1)		
	40,8% (touro 2)	24,4% (touro 2)		
	Fazenda 2	Fazenda 2		
	51% (touro 3)	29,2% (touro 3)		
	57% (touro 4)	31,4% (touro 4)		
Drake et al. (2020)	61,1%	51,3%	2175	35 a 40 dias após a IATF
McMurray et al. (2021)	47,90% (30 dias)	39,67% (30 dias)	240	30 e 45 dias após IATF
	54,62% (45 dias)	48,76% (45 dias)		
Diniz et al. (2022)	43.8%	21.5%	348	30 dias após IATF
Magopa, Mphaphathi e Mulaudzi (2022)	Dia 35: 62.0% (vacas leiteiras), 52.2% (vacas de corte)	Dia 35: 61.9% (vacas leiteiras), 56.0% (vacas de corte)	227	35, 65 e 95 após a IATF
	Dia 65: 51.4% (vacas leiteiras), 37.0% (vacas de corte)	Dia 65: 43.3% (vacas leiteiras), 40.0% (vacas de corte)		
	Dia 95: 48.5% (vacas leiteiras), 37.0% (vacas de corte)	Dia 95: 41.4% (vacas leiteiras), 38.0% (vacas de corte)		

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa da autora (2024)

O estudo de Nascimento *et al.* (2015), que se concentrou exclusivamente em PIVE, observou uma taxa de produção de embriões de 31,06% com sêmen convencional e 21,10% com sêmen sexado. Esses dados sugerem uma redução significativa na eficiência ao utilizar sêmen sexado, possivelmente devido aos danos no espermatozoide durante o processo de sexagem.

Pirez *et al.* (2020) corroboram que o desempenho reduzido do sêmen sexado deve-se ao impacto negativo do processo de sexagem, que envolve estresse mecânico, químico e térmico, afetando a viabilidade dos espermatozoides. Esses fatores levam a alterações estruturais, como deformidades na cabeça e cauda, menor motilidade e danos ao DNA. Além disso, a capacidade limitada de ligação ao epitélio oviductal e a fragmentação do DNA são fatores que contribuem para a menor eficiência reprodutiva associada ao uso desse sêmen.

Da mesma forma, Gregianini *et al.* (2017) relataram uma diminuição na taxa de produção com sêmen sexado (22,34%) em comparação ao convencional (29,52%), o que corrobora com os resultados de Nascimento *et al.* (2015) quanto à menor viabilidade de sêmen sexado em PIVE.

Em contraponto, Alvarez-Gallardo *et al.* (2022) apresentaram um desempenho superior na clivagem com sêmen SexedULTRA-4M, que alcançou 58,10% comparado aos 54,45% do sêmen convencional. Esses dados indicam que avanços na tecnologia de sexagem, como o SexedULTRA-4M, podem mitigar parte dos prejuízos na qualidade do sêmen sexado, sugerindo uma perspectiva otimista quanto à evolução tecnológica para futuras pesquisas na área.

Considerando a IATF, Munhoz (2019) observou uma taxa de gestação de 35,6% com sêmen convencional e 25,7% com sêmen sexado aos 31 dias pós-inseminação. Essa diferença também foi vista por Diniz (2020), que relatou taxas de 41% para o convencional e 28,3% para o sexado. Esses achados indicam uma consistente vantagem do sêmen convencional na obtenção de prenhez, sugerindo que o sêmen sexado, apesar dos benefícios de controle de gênero, ainda apresenta desafios de viabilidade e eficácia.

Contudo, estudos de Thomas *et al.* (2018) demonstram a possibilidade de taxas de gestação mais equilibradas, com resultados de 65% para o sêmen convencional e 48% para o sexado. Embora o sêmen sexado continue mostrando uma taxa inferior, esse estudo mostra uma variação menor, destacando a importância de fatores

adicionais, como a qualidade do manejo reprodutivo e as características individuais das vacas.

Por fim, Peres (2014) destaca a diferença entre novilhas e vacas na receptividade ao sêmen sexado, com novilhas alcançando uma taxa de gestação ligeiramente superior (52%) em relação às vacas (44%). Essa observação sugere que a resposta ao sêmen sexado pode variar conforme o estado fisiológico do animal, destacando a necessidade de estratégias diferenciadas no uso de sêmen sexado para maximizar a eficiência da reprodução.

Esses estudos evidenciam um consenso de que o sêmen sexado apresenta taxas de prenhez inferiores, tanto em IATF quanto em PIVE, embora técnicas como SexedULTRA-4M possam melhorar o desempenho. A aplicabilidade do sêmen sexado deve considerar tanto os avanços tecnológicos quanto as peculiaridades dos animais envolvidos.

Na comparação entre IATF e PIVE com sêmen sexado, a PIVE destaca-se como uma alternativa mais eficiente. Observa-se que, enquanto a IATF com sêmen sexado tende a apresentar taxas de prenhez mais baixas, como relatado por Diniz (2020) e Munhoz (2019), a PIVE possibilita uma melhor performance relativa do sêmen sexado, especialmente no estágio de clivagem e formação de blastocistos, como apontado por Alvarez-Gallardo *et al.* (2022). Esse cenário sugere que o ambiente controlado da PIVE, somado à menor concentração espermática exigida, contribui para minimizar as perdas na viabilidade do sêmen sexado.

Além disso, os resultados observados por Nascimento *et al.* (2015) e Gregianini *et al.* (2017), embora indiquem uma menor taxa de produção de embriões com sêmen sexado, destacam que os avanços tecnológicos na PIVE podem compensar as limitações tradicionais do sêmen sexado na reprodução *in vitro*. Em comparação à IATF, a PIVE parece proporcionar um cenário onde as restrições de fertilidade do sêmen sexado têm menos impacto, tornando essa técnica mais eficaz para atender à demanda seletiva por fêmeas em rebanhos específicos.

3 CONCLUSÃO

Esta revisão de literatura comparou a utilização do sêmen sexado bovino na técnica de PIVE, em comparação com o sêmen convencional. A análise da literatura

revelou que, embora o sêmen sexado ofereça vantagens significativas em termos de escolha do sexo, sua eficácia na PIVE ainda apresenta desafios quando comparado ao sêmen não-sexado, principalmente em relação às taxas de concepção e qualidade embrionária. Concluiu-se que o sêmen não-sexado apresentou taxas de produção *in vitro* de embriões superiores na maioria dos estudos que o compararam ao sêmen sexado (31,06% contra 21,10%; 29,52% contra 22,34%; 60% contra 50%; e 53,55% contra 30,64%, respectivamente). No entanto, a associação do sêmen sexado com a PIVE mostrou-se mais eficiente do que seu uso na IATF, principalmente pela menor quantidade de espermatozoides necessária e pelo ambiente controlado que a PIVE proporciona, como evidenciado por taxas de gestação que atingiram até 90,68% em associação à PIVE, em comparação a 61,9% em associação à IATF.

Os principais fatores que influenciam o desempenho inferior do sêmen sexado incluem o estresse mecânico, químico e térmico durante o processo de sexagem, que compromete a viabilidade espermática. Avanços tecnológicos recentes demonstram potencial para minimizar essas limitações. Logo, pesquisas futuras devem focar no aprimoramento das técnicas de sexagem e no desenvolvimento de protocolos específicos de PIVE para sêmen sexado, visando otimizar as taxas de concepção e a qualidade embrionária.

4 REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ-GALLARDO, H. *et al.* Evaluation of novel SexedULTRA-4M technology for *in vitro* bovine embryo production. **Animal Reproduction**, v. 19, n. 1, p. e20220018, 2022. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ar/a/c3yC7RFLbpXK9Cqtm9sfx8v/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 01 nov. 2024.

BARROZO, E. L. da S.; NASCIMENTO, V. A.; DIAS, M. Produção de *embriões in vitro* com sêmen sexado de touros nelore. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 5, n. 3, p. 49-58, mai./jun. 2022. Disponível em: <https://agrariacad.com/wp-content/uploads/2022/09/Rev-Agr-Acad-v5-n3-2022-p49-58-Producao-de-embrioes-in-vitro-com-semen-sexado-de-touros-nelore.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2024.

BECHER, B. G. *et al.* Fatores que afetam a produção *in vitro* de embriões (PIVE) em bovinos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 28, p. 554-570, 2018. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/421>. Acesso em: 18 set. 2024.

CABRAL, L. A. R. *et al.* Técnicas de sexagem espermática e sua importância na produção animal. **Ciência Animal**, v. 33, n. 2, p. 118-130, abr./jun. 2023. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/cienciaanimal/article/view/11042>. Acesso em: 18 set. 2024.

DINIZ, J. H. W. **Sêmen convencional e sexado**: características *in vitro* e fertilidade de vacas nelore com ou sem aplicação de prostaglandina no momento da IATF. 2020. Dissertação (Mestrado em Reprodução Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://vet.ufmg.br/tese-e-dissertacao/semem-convencional-e-sexado-caracteristicas-in-vitro-e-fertilidade-de-vacas-nelore-com-ou-sem-aplicacao-de-prostaglandina-no-momento-da-iatf/>. Acesso em: 01 nov. 2024.

DINIZ, J. H. W. *et al.* Características espermáticas *in vitro* e fertilidade *in vivo* de sêmen convencional e sexado em vacas Nelore pós-parto submetidas à IATF tradicional com detecção de estro. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 74, n. 6, p. 969-982, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/42393>. Acesso em: 21 nov. 2024.

DRAKE, E. *et al.* Evaluation of delayed timing of artificial insemination with sex-sorted sperm on pregnancy per artificial insemination in seasonal-calving, pasture-based lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 12, p. 12059-12068, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030220308353>. Acesso em: 21 nov. 2024.

DUVIC, Morgan *et al.* 139 Relationship of winter hair growth and performance in Angus dams. **Journal Of Animal Science**, v. 98, n. 2, p. 1-1, 1 nov. 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7696317/>. Acesso em: 01 nov. 2024.

EMBRAPA. **Fertilização *in vitro* pode acelerar melhoramento genético de rebanhos leiteiros**. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/16489290/fertilizacao-in-vitro-pode-acelerar-melhoramento-genetico-de-rebanhos-leiteiros>. Acesso em: 28 out. 2024.

FERREIRA, A. *et al.* Sêmen sexado: conhecendo melhor as técnicas e os avanços alcançados nos últimos anos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Campo Grande, MS, v. 48, n. 1, p. 77-87, jan./mar. 2024. Disponível em: <http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v48/n1/RB1129%20Firmo%20Ferreira%20p.77-87.pdf>.

FONSECA, R. S. **Manejo nutricional, reprodutivo e biotecnias para incrementar a eficiência reprodutiva em rebanhos de vacas de corte**. 2018. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/25761>. Acesso em: 18 set. 2024.

GREGIANINI, J. T. F. *et al.* Avaliação da produção de embriões bovinos utilizando o sêmen sexado e convencional. *In: IV Seminário da Embrapa Acre de Iniciação Científica e Pós-Graduação*, 2017, Rio Branco, AC. **Anais [...]**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2017. p. 129-132. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1145985>. Acesso em: 01 nov. 2024.

IFRAN, A. M. **Controle e estimulação de crescimento folicular em doadoras da raça holandesa para a produção *in vitro* de embriões**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária, Área de Reprodução Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/11449/121850/1/000815814.pdf>. Acesso em: 18 set. 2024.

IZQUIERDO, A. C. *et al.* Aplicación de la citometría de flujo en veterinaria. **Revista Complutense de Ciencias Veterinarias**, v. 10, n. 2, p. 1-15, 18 out. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311335193_Aplicacion_de_la_citometria_d_e_flujo_en_veterinaria. Acesso em: 28 out. 2024.

JO, H. *et al.* Production of female bovine embryos with sex-sorted sperm using intracytoplasmic sperm injection: efficiency and in vitro developmental competence. **Theriogenology**, v. 81, p. 675-682, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24360289/>. Acesso em: 18 set. 2024.

KURYKIN, J. *et al.* Effect of insemination-related factors on pregnancy rate using sexed semen in Holstein heifers. **Czech Journal of Animal Science**, v. 61, n. 12, p. 568-577, 2016. Disponível em: https://cjas.agriculturejournals.cz/artkey/cjs-201612-0004_effect-of-insemination-related-factors-on-pregnancy-rate-using-sexed-semen-in-holstein-heifers.php. Acesso em: 21 nov. 2024.

LIMA, V. F. M. H. de; NOCITI, R. P. Evolução da utilização de espermatozoides sexados. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 43, n. 2, p. 289-294, abr./jun. 2019. Disponível em: [http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v43/n2/p289-294%20\(RB811\).pdf](http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v43/n2/p289-294%20(RB811).pdf). Acesso em: 18 set. 2024.

LOIOLA, M. V. G. *et al.* Proporção do sexo na produção *in vitro* de embriões bovinos. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 2, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Priscila-Ferraz/publication/304218004_PROPORCAO_DO_SEXO_NA_PRODUCAO_IN_VITRO_DE_EMBRIOES_BOVINOS/links/5ba3c8b292851ca9ed18b8be/PROPORCAO-DO-SEXO-NA-PRODUCAO-IN-VITRO-DE-EMBRIOES-BOVINOS.pdf. Acesso em: 21 nov. 2024.

LUCHIARI FILHO, A. Produção de carne bovina no Brasil: qualidade, quantidade ou ambas?. *In: II SIMBOI - Simpósio sobre Desafios e Novas Tecnologias na Bovinocultura de Corte*, 2006, Brasília-DF. **Anais [...]**. Brasília-DF, 2006. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/237404396_PRODUCAO_DE_CARNE_BOVINA_NO_BRASIL_QUALIDADE_QUANTIDADE_OU_AMBAS. Acesso em: 18 set. 2024.

LUEDKE, F. E. *et al.* Aspectos da produção *in vitro* de embriões bovinos no Brasil – revisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 25, n. 1/2, p. 120-132, 2019. Disponível em:

<http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/41>. Acesso em: 18 set. 2024.

MAGATA, F. *et al.* Developmental kinetics and viability of bovine embryos produced *in vitro* with sex-sorted semen. **Theriogenology**, 2020. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33340757/>. Acesso em: 18 set. 2024.

MAGOPA, T. L.; MPHAPHATHI, M. L.; MULAUDZI, T. Application of gender-ablated semen during timed artificial insemination following oestrous synchronization in dairy and beef cows. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 58, p. 529–536, 2023.

Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/rda.14323>. Acesso em: 21 nov. 2024.

MOORE, K.; THATCHER, W.W. Major advances associated with reproduction in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1254-1266, abr. 2006.

Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16537958/>. Acesso em: 18 set. 2024.

MUNHOZ, A. K. **Efeito da sexagem do sêmen na fertilidade a IATF e na produtividade das filhas**. 2019. 43 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/2e68d3e3-505a-4a7a-824f-24fb220ae9c6>. Acesso em: 01 nov. 2024.

NASCIMENTO, P. S. *et al.* Produção *in vitro* de embriões utilizando-se sêmen sexado de touros 5/8 Girolando. **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, n. 3, p. 358-368, jul./set. 2015. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cab/a/9KGQ3Lq6F8BQZXM4r3b3bFC/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 18 set. 2024.

NOGUEIRA, B. G. R. *et al.* Factors affecting the *in vitro* production of bovine embryos in a commercial program. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e16110212264, 2021. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12264>. Acesso em: 18 set. 2024.

NONATO, A. **Embriões bovinos produzidos *in vitro* com espermatozoides sexados por citometria de fluxo**: avaliação do desenvolvimento embrionário e da expressão de genes candidatos ao reconhecimento da gestação. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/0a57c4c3-b458-4fab-a764-0608c835e8dd>. Acesso em: 18 set. 2024.

PERES, A. R. **Avaliação da taxa de concepção de novilhas e vacas (*Bos taurus* X *Bos indicus*) com o uso de sêmen sexado na inseminação artificial ou embriões produzidos *in vivo* e *in vitro***. 2014. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121848/000815878.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 set. 2024.

PINHEIRO, A. K. *et al.* Efeito de touro e sexagem de sêmen na produção *in vitro* de embriões no Acre. *In*: III Seminário da Embrapa Acre de Iniciação Científica e Pós-Graduação, 2017, Rio Branco, AC. **Anais** [...]. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2021. p. 129-132. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1139332>. Acesso em: 21 nov. 2024.

PIREZ, M. C. *et al.* Bovine sperm-oviduct interactions are characterized by specific sperm behaviour, ultrastructure and tubal reactions which are impacted by sex sorting. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-19, 5 out. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33020549/>. Acesso em: 21 nov. 2024.

PRATA, V. M. D. R. **Efeito da adição do fulerol ao meio de maturação *in vitro* de oócitos bovinos**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/33073>. Acesso em: 17 set. 2024.

REESE, S. *et al.* The reproductive success of bovine sperm after sex-sorting: a meta-analysis. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-96834-2>. Acesso em: 18 set. 2024.

SILVA, R. R. *et al.* Produção *in vitro* de embriões bovinos: estado da arte. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. Especial, p. 402-415, 2017. Disponível em: <http://journal.unoeste.br/suplementos/agrariae/vol13nr2/PRODU%C3%87%C3%83O%20IN%20VITRO%20DE%20EMBRI%C3%95ES%20BOVINOS%20ESTADO%20DA%20ARTE.pdf>. Acesso em: 18 set. 2024.

SOUZA, N. S. de; ABADE, C. C. Produção *in vitro* de embriões bovinos: etapas de produção e histórico no Brasil. **Ciência Veterinária UniFil**, v. 1, n. 3, p. 95-108, jul./set. 2018. Disponível em: <http://publicacoes.unifil.br/index.php/revista-vet/article/view/988>. Acesso em: 18 set. 2024.

SUN, W. *et al.* Correlation between *in vitro* fertilization and artificial insemination in Holstein bulls. **Animal Bioscience**, v. 34, n. 12, p. 1879-1885, 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8563235/>. Acesso em: 18 set. 2024.

THOMAS, J. M. *et al.* Evaluation of SexedULTRA 4M sex-sorted semen in timed artificial insemination programs for mature beef cows. **Theriogenology**, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30296650/>. Acesso em: 01 nov. 2024.

VILELA, D. *et al.* (Ed.). **Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164236/1/Pecuarria-de-leite-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 18 set. 2024.