

Particularidades reprodutivas de machos equídeos

Reproductive peculiarities of male equids

Yamê Fabres Robaina Sancler-Silva^{1*}, Marcela Souza e Freitas^{1,2}, Cristian Silva Teixeira¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, ²Departamento de Veterinária, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

Resumo

O objetivo deste artigo é revisar as diferenças reprodutivas entre machos equídeos domésticos, destacando as particularidades anatômicas, fisiológicas e comportamentais que influenciam a reprodução natural e o sucesso das biotecnologias reprodutivas em cada espécie. Embora compartilhem semelhanças aos equinos, os asininos apresentam características únicas, como maior dimensão dos órgãos reprodutivos (pênis, testículos, epidídimos e glândulas sexuais acessórias), além de uma espermatogênese mais eficiente, com maior e mais rápida produção de espermatozoides. Socialmente, os asininos também se organizam de forma distinta, sendo territoriais durante a atividade sexual, enquanto os garanhões formam haréns. Os resultados das biotecnologias reprodutivas amplamente utilizadas em equinos são inferiores nos asininos. Assim, entender essas diferenças é crucial para otimizar os protocolos de reprodução assistida em ambas as espécies.

Palavras-chave: cavalo, jumento, fisiologia, comportamento, biotecnologias do sêmen.

Abstract

The objective of this article is to review the reproductive differences among domestic male equids, highlighting the anatomical, physiological, and behavioral particularities that influence natural reproduction and the success of reproductive biotechnologies in each species. Although they share several similarities with horses, donkeys exhibit unique characteristics, such as larger reproductive organs (penis, testicles, epididymis, and accessory sex glands), in addition to more efficient spermatogenesis, with greater and faster sperm production. Socially, donkeys also differ in organization, being territorial during sexual activity, whereas stallions form harems. The outcomes of reproductive biotechnologies commonly used in horses are less successful in donkeys. Therefore, understanding these differences is essential for optimizing assisted reproduction protocols in both species.

Keywords: horse, donkey, physiology, behavior, semen biotechnologies.

Introdução

Os machos equinos (*Equus caballus*) e asininos (*Equus asinus*) apresentam particularidades reprodutivas significativas, que influenciam tanto o sucesso da reprodução natural quanto a eficiência das biotecnologias reprodutivas, como a inseminação artificial. Apesar de pertencerem à mesma família, existem diferenças anatômicas, fisiológicas e comportamentais importantes que devem ser consideradas no manejo reprodutivo dessas espécies.

Embora a estrutura do pênis dos jumentos e garanhões seja semelhante, nos asininos o órgão é proporcionalmente mais longo, com a glândula mostrando dilatação mais pronunciada durante a ereção e ejaculação (Renner-Martin et al., 2009; Miró, 2020). Os machos asininos também apresentam um anel prepucial menos evidente, mamilos laterais na bainha prepucial e um escroto mais pendular. Seus testículos são maiores, mais globulares e têm orientação mais oblíqua, enquanto nos equinos os testículos são proporcionalmente menores e mais horizontalizados (Miragaya et al., 2018; Canisso et al., 2019). Além disso, os epidídimos dos jumentos são mais desenvolvidos, favorecendo o armazenamento de maior número de espermatozoides, o que reflete sua produção espermática superior em comparação aos cavalos (Canisso et al., 2009b). As glândulas sexuais acessórias, apesar de apresentarem formato semelhante ao dos garanhões, são maiores nos jumentos, com exceção das glândulas vesiculares (Pozor et al., 2002; Gacem et al., 2020a).

Os machos asininos geralmente estabelecem territórios individuais bem definidos, defendendo vigorosamente essas áreas contra outros machos e acasalando-se com fêmeas em cio que adentram seus domínios. Em contraste, os machos equinos formam haréns nômades, compostos por um único garanhão

dominante e um grupo de éguas. O garanhão não defende um território fixo, mas sim a coesão do grupo de fêmeas, movendo-se constantemente em busca de alimento e segurança. Essas diferenças comportamentais têm implicações importantes não apenas na dinâmica social das espécies, mas também na expressão dos comportamentos sexuais e na gestão reprodutiva em sistemas de criação (Henry et al., 1991; McDonnell, 1998; McLean et al., 2019).

Nos jumentos, a puberdade é caracterizada pelo aumento do tamanho testicular, do fluxo sanguíneo e das concentrações de testosterona, com a primeira ejaculação fértil ocorrendo entre 19 e 20 meses de idade. Em comparação, os garanhões geralmente são mais precoces, apresentando a primeira ejaculação fértil entre 12 e 18 meses. Embora haja uma pequena diferença, a maturidade sexual é atingida de forma similar em ambas as espécies, por volta dos 3 anos de vida (Van den Branden, 2021). Durante a vida reprodutiva, os jumentos apresentam pico de testosterona coincidindo com o momento da ereção e da ejaculação, enquanto nos equinos esse pico ocorre geralmente após a cópula. Essa diferença fisiológica é coerente com o comportamento sexual das espécies, uma vez que nos asininos o tempo pré-cópula é consideravelmente mais prolongado, exigindo maior estímulo para atingir a ereção e ejaculação, de forma que níveis mais elevados de testosterona coincidem com essas fases (Veronesi et al., 2011; Miragaya et al., 2018). Já nos equinos, que realizam o cortejo e a cópula de forma mais rápida, o aumento de testosterona ocorre após a ejaculação (Henry et al., 1991).

A espermatogênese nos jumentos é mais rápida, devido a um ciclo espermatogênico mais curto, além de apresentarem um maior número de células de Sertoli e de túbulos seminíferos, resultando em uma produção espermática quantitativamente superior aos equinos (Neves et al., 2014). Os espermatozoides de jumentos possuem peça intermediária mais longa, proporcionando maior velocidade e movimento linear, além de melhor capacidade de ligação espermática *in vitro*, quando comparados aos espermatozoides de equinos (Miró et al., 2008; Fontes et al., 2025). O ejaculado dos jumentos é mais turvo e marfim devido à maior concentração de espermatozoides, e seu plasma seminal é mais rico em nutrientes e antioxidantes do que o dos garanhões (Morais et al., 1994). Por fim, o fluxo sanguíneo testicular nos jumentos é superior aos equinos (Gacem et al., 2018).

Embora os jumentos apresentem algumas vantagens reprodutivas, as biotecnologias comumente utilizadas em equinos, como a inseminação artificial, têm se mostrado menos eficazes nos asininos. Quando o sêmen é fresco ou refrigerado, os resultados são semelhantes aos da monta natural, mas o sêmen congelado apresenta uma taxa de fertilidade consideravelmente mais baixa nas jumentas. Portanto, compreender as particularidades reprodutivas de cada espécie é fundamental para otimizar o manejo reprodutivo e desenvolver protocolos de reprodução assistida mais eficazes para os asininos.

Particularidades anatômicas

O aparelho reprodutor masculino dos equídeos apresenta estrutura geral semelhante entre as espécies, embora algumas diferenças importantes possam ser observadas entre jumentos e cavalos. Avaliando o aparelho reprodutor externo, em ambas as espécies, o pênis é do tipo músculo-cavernoso, aumentando consideravelmente de tamanho durante a ereção devido ao influxo de sangue para os corpos cavernoso e esponjoso do órgão. Apesar da semelhança histológica, nos asininos, o pênis é proporcionalmente mais longo, e a glândula apresenta uma dilatação mais acentuada durante a ereção e a ejaculação em comparação aos equinos. Outra característica distinta é que os machos asininos possuem um anel prepucial menos pronunciado, além de apresentarem um mamilo em cada lado da bainha prepucial e um escroto mais pendular em relação aos garanhões (Miragaya et al., 2018; Canisso et al., 2019).

Os testículos de jumentos e cavalos possuem formato similar ovoide, entretanto, nos jumentos os testículos são proporcionalmente maiores (volume entre 250 a 500 cm³) e mais arredondados. Nos garanhões os testículos tendem a ser menores (volume entre 150 a 400 cm³) e apresentam menor espessura lateral (Love et al., 1991; Canisso et al., 2009a; Miragaya et al., 2018; Quartuccio et al., 2011), medidas que podem variar em função da idade reprodutiva e da raça. Em relação à disposição, ambas as espécies exibem uma orientação testicular predominantemente horizontal, porém nos asininos há uma leve inclinação craniodorsal, resultando em um posicionamento discretamente mais oblíquo em comparação à disposição horizontal típica dos garanhões. Além disso, os epidídimos dos jumentos são proporcionalmente maiores, com uma cauda bastante proeminente, o que representa uma adaptação funcional para o armazenamento de um número superior de espermatozoides, atendendo à elevada taxa de produção espermática característica da espécie (Canisso et al., 2009b).

Em relação ao aparelho reprodutor interno, as glândulas anexas também apresentam diferenças entre asininos e equinos. Em ambas as espécies, essas glândulas são responsáveis pela produção da maior parte do plasma seminal, contribuindo com aproximadamente 95% do volume final do sêmen. As glândulas

sexuais acessórias incluem as ampolas, as glândulas vesiculares, as glândulas bulbouretrais e a próstata bilobada. Nos asininos, todas essas estruturas — com exceção das glândulas vesiculares — apresentam dimensões maiores em comparação às observadas nos garanhões, embora mantenham a mesma conformação anatômica (Pozor et al., 2002; Gacem et al., 2020a).

Os espermatozoides também possuem diferenças morfológicas entre as duas espécies. Nos asininos, os espermatozoides apresentam cabeças menores e peças intermediárias mais alongadas em comparação aos equinos. Essas particularidades morfométricas estão associadas a um maior potencial energético e a uma maior velocidade de movimentação dos espermatozoides asininos (Miró et al., 2008), aspectos que serão melhor explorados nos tópicos seguintes.

Particularidades fisiológicas

Nos machos equídeos a puberdade é marcada por aumento no tamanho testicular, no fluxo sanguíneo e nas concentrações de testosterona, o que contribui para a melhora progressiva da qualidade seminal (Rota et al., 2018). Nos jumentos a primeira ejaculação fértil, contendo pelo menos 50 milhões de espermatozoides e 10% de motilidade total, ocorre entre 19 e 20 meses de idade. Em comparação, os garanhões geralmente alcançam a primeira ejaculação fértil de forma mais precoce, entre 12 e 18 meses. Apesar dessa diferença, a maturidade sexual completa é atingida de modo semelhante em ambas as espécies, por volta dos 3 anos de vida (Van den Branden, 2021).

Durante a vida reprodutiva, os jumentos apresentam picos de testosterona que coincidem com as fases de ereção e ejaculação, sugerindo um papel ativo do hormônio nesses processos e no comportamento sexual (Veronesi et al., 2011; Miragaya et al., 2018). Em contrapartida, nos garanhões, o aumento das concentrações hormonais ocorre entre 5 a 30 minutos após a cópula (Miragaya et al., 2018). Essa diferença fisiológica é compatível com o comportamento sexual de cada espécie: enquanto os asininos apresentam um tempo pré-cópula mais prolongado, exigindo maiores níveis de estímulo hormonal para atingir a ereção e a ejaculação, os equinos realizam o cortejo e a cópula de forma mais rápida, com elevação hormonal mais tardia (Veronesi et al., 2011).

A espermatogênese nos jumentos é mais eficiente quando comparada a dos equinos. Os asininos apresentam um ciclo espermatogênico mais curto, com duração de 10,5 dias, enquanto nos equinos esse ciclo é de 12,2 dias, resultando em uma espermatogênese total de aproximadamente 47,2 dias nos jumentos e cerca de 57 dias nos equinos (Neves et al., 2002). Além disso, o parênquima testicular dos asininos possui uma maior quantidade de túbulos seminíferos e um número mais elevado de células de Sertoli (Neves et al., 2002; Neves et al., 2014). Essas características conferem aos jumentos uma produção espermática mais rápida e quantitativamente superior, com a produção diária de espermatozoides por grama de testículo atingindo aproximadamente 42 milhões, valor que é cerca de 110% superior ao registrado nos garanhões (Neves et al., 2014). De forma complementar, o epidídimo dos asininos é de maior tamanho e apresenta maior eficiência na maturação e no armazenamento dos espermatozoides (Canisso et al., 2019).

Os espermatozoides de jumentos apresentam uma peça intermediária mais longa, contendo um maior número de mitocôndrias, características que contribuem para uma maior velocidade e linearidade em comparação aos espermatozoides de equinos (Miró et al., 2008). Essas diferenças morfofuncionais podem estar associadas a uma capacidade fecundante *in vitro* superior nos jumentos, como evidenciado em um estudo recente conduzido no Brasil (Fontes et al., 2025). Nessa pesquisa, avaliou-se a capacidade de ligação dos espermatozoides à membrana perivitelínica do ovo de galinha, utilizando amostras frescas de asininos e equinos com concentrações e qualidades semelhantes. Os resultados mostraram que os espermatozoides de jumentos apresentaram uma taxa de ligação significativamente mais elevada em comparação aos de equinos.

O ejaculado dos asininos é, em geral, mais turvo e de coloração marfim em comparação ao sêmen dos equinos, que possui coloração branca. Essa aparência se deve à maior concentração de espermatozoides, embora o volume ejaculado seja similar entre as duas espécies (Morais et al., 1994). O plasma seminal dos jumentos é mais rico em nutrientes, como glicose, proteínas, lipídios, colesterol, cálcio e fósforo (Mann et al., 1956; Talluri et al., 2017), além de conter níveis mais elevados de antioxidantes enzimáticos, como a superóxido dismutase, catalase, glutatona peroxidase e glutatona redutase (Papas et al., 2019) e de ergotioneína (Mann et al., 1956). A fração gelatinosa do sêmen proveniente das vesículas seminais, quase sempre presente no ejaculado de garanhões, é reduzida ou ausente nos jumentos, sendo mais observada em animais idosos e influenciada por fatores ambientais e de manejo (Kreuchauf, 1984).

As proteínas do plasma seminal de machos equídeos desempenham funções essenciais, como suporte à motilidade espermática, proteção imunológica no trato reprodutor feminino, controle oxidativo, além de atuarem na capacitação espermática, reação acrossômica, sinalização celular e reconhecimento

gamético. Já foram identificadas mais de 850 proteínas no plasma seminal de jumentos (Yu et al., 2021) e cerca de 200 em cavalos (Guasti et al., 2020). Apesar de sua importância, o plasma seminal parece não ser indispensável à fertilidade do sêmen equino, pois espermatozoides epididimários, sem contato prévio com ele, apresentaram fertilidade superior a 90% após inseminação artificial (Monteiro et al., 2011a). Em contraste, o plasma seminal parece ser fundamental para a fertilidade de asininos, especialmente por modular a intensa resposta inflamatória uterina observada nessa espécie (Miró et al., 2021; Costa et al., 2023). A fertilidade do sêmen congelado de asininos sem adição de plasma seminal varia de 0–28%, enquanto sua inclusão ao sêmen descongelado foi capaz de elevar a fertilidade para mais de 60% (Rota et al., 2012). Miró et al. (2021) demonstraram que proteínas de baixo peso molecular (30–100 kDa) do plasma seminal exercem papel importante no trato reprodutor feminino, modulando a interação entre espermatozoides e polimorfonucleares (PMNs), reduzindo a adesão entre os mesmos. Além disso, o plasma seminal diminui a expressão de COX2 no endométrio de jumentas (Vilés et al., 2013a).

O metabolismo espermático também parece variar entre as duas espécies, pois as concentrações de metabolitos no plasma seminal são diferentes entre eles. Nos equinos, as concentrações de lactato no plasma seminal são significativamente mais elevadas, enquanto no jumento a concentração de metabolitos derivados de aminoácidos é superior. Isso pode indicar diferenças no metabolismo dos espermatozoides de jumentos e cavalos, sugerindo que eles utilizam fontes de energia preferenciais distintas, pois possuem exigências energéticas diferentes. Essas variações podem explicar os diferentes resultados observados para cada espécie, ao se utilizar um mesmo diluente para o armazenamento de sêmen (Catalán et al., 2023).

O testículo dos asininos parece receber um maior aporte sanguíneo em comparação aos equinos, devido ao fluxo superior na artéria testicular dos jumentos (Gacem et al., 2018). Além disso, estudo realizado no hemisfério sul demonstrou que há variações sazonais semelhantes nos parâmetros hemodinâmicos das duas espécies, indicando uma resposta fisiológica adaptativa às condições ambientais. Observou-se um aumento na perfusão testicular durante o inverno em relação ao verão tanto nos asininos quanto nos equinos. Nos asininos, também foi registrado um aumento na ecogenicidade testicular no verão, uma variação que não foi observada nos garanhões (Kladt et al., 2023).

Particularidades de comportamento sexual

Há diferenças evidentes quanto ao comportamento sexual de equinos e asininos que é influenciado por uma combinação de fatores fisiológicos, sociais e ambientais. Tais variações impactam diretamente no manejo e na eficiência reprodutiva de ambas as espécies.

Os machos asininos adotam uma estratégia territorialista e solitária, defendendo seu território de forma intensa, o qual só abandonam quando há escassez de recursos (Henry et al., 1991; McDonnell, 1998; McLean et al., 2019). Esse comportamento territorial dos machos justifica a agressividade observada na presença de outros reprodutores em criatórios domésticos (McLean et al., 2019). As fêmeas, por sua vez, formam pequenos grupos nômades com atividade sexual e, ao entrarem em estro, adentram o território do macho. Nesse contexto, as jumentas precisam manifestar claramente sua condição reprodutiva ao macho, frequentemente participando de forma ativa em sua estimulação. Os sinais de cio mais comuns incluem mastigação contínua, com as orelhas voltadas para trás, sialorreia, pescoço estendido e imobilização (Woodward, 1979; Henry et al., 1991), contrastando com a atitude mais passiva das éguas, que apresentam sinais de cio mais discretos, como reflexo clitoriano, cauda em bandeira, micção e imobilidade (McDonnell, 1998; Taberner et al., 2008).

De forma contrária, os machos equinos são notavelmente sociáveis e tendem a formar haréns, nos quais protegem e pastoreiam grupos de éguas. Durante o comportamento de pastoreio, o macho dominante interage constantemente para manter o controle sobre as fêmeas, afastando outros machos concorrentes, o que garante estabilidade social e acesso regular às éguas em estro, otimizando suas chances reprodutivas. Em um harém, um macho é acompanhado por um grupo de éguas, e todo o grupo migra em busca de ambientes seguros e fontes de alimento (McDonnell, 1998; McLean et al., 2019).

Enquanto os garanhões possuem um tempo de resposta sexual mais curto e uma abordagem mais direta e agressiva no cortejo, os machos asininos demoram mais para atingir a ereção e ejaculação, apresentando um período pré-monta bem mais prolongado, sendo também mais criteriosos na escolha da parceira do que os equinos (Henry et al., 1991). Esse comportamento reflete a seletividade dos jumentos, que podem recusar a cópula se não perceberem sinais claros de receptividade da fêmea, ao contrário dos garanhões, que são mais diretos e menos seletivos em sua abordagem (Henry et al., 1991; Taberner et al., 2008; Canisso et al., 2010a; Miragaya et al., 2018).

A interação inicial dos machos asininos é marcada por vocalizações vigorosas, que desempenham um papel importante tanto na atração das fêmeas quanto na defesa do território e na sincronização do

comportamento reprodutivo, algo que é menos enfatizado nos garanhões (Henry et al., 1991; McDonnell, 1998). Além disso, tanto os machos asininos quanto os garanhões exploram olfativamente a fêmea, especialmente nos flancos, períneo e vulva, e realizam mordeduras nos jarretes, acompanhadas do reflexo de Flehmen. Durante o cortejo, os machos asininos frequentemente requerem mais tempo e interações com a fêmea, realizando coberturas sem completa ereção para confirmar sua receptividade, contrastando com os garanhões, que normalmente realizam uma única cobertura (Henry et al., 1991). Os períodos pré-cópula e cópula somados nos asininos podem durar entre 30 a 60 minutos ou mais, enquanto nos garanhões a cópula é geralmente mais rápida, podendo ocorrer em poucos minutos (Henry et al., 1991; McDonnell, 1998; Taberner et al., 2008; Canisso et al., 2010a; Miragaya et al., 2018). A ocorrência de acasalamentos interespecíficos entre equinos e asininos é rara, gerando os muares, mas jumentos jovens criados com éguas tendem a preferir as éguas como parceiras (McDonnell, 1998).

Outra característica que difere entre as espécies é que os jumentos demonstram maior tolerância a múltiplas cópulas consecutivas em comparação aos equinos, podendo continuar tentando a monta mesmo após várias ejaculações (Henry et al., 1991). Em geral, há um intervalo de 15 a 30 minutos sem interação sexual após a ejaculação, até que o jumento volte a vocalizar para novamente reiniciar o cortejo (Miragaya et al., 2018). Essas particularidades no comportamento sexual dos asininos muitas vezes impacta o manejo reprodutivo em criatórios, uma vez que a coleta de sêmen, visando o armazenamento e envio, pode ser demorada, imprevisível e afetar a rotina. Isso reforça a necessidade do uso de métodos adequados de estimulação para melhorar a eficiência da coleta de sêmen de jumentos em criatórios comerciais.

Biotecnologias de sêmen e fertilidade

Monta natural x Coleta de sêmen

A prática da monta natural ainda é comum entre os machos equídeos, sendo mais recorrente em sistemas tradicionais de criação e, especialmente, na criação de asininos. Nesses sistemas, os machos permanecem soltos com as fêmeas em pastagens, e a ocorrência de acidentes envolvendo jumentos é menos frequente, já que as jumentas tendem a ser menos agressivas do que as éguas (Canisso et al., 2019). Ainda assim, a inseminação artificial (IA), amplamente empregada na reprodução de equinos, tem ganhado espaço também na criação de asininos, sobretudo pelas vantagens associadas, como o controle sanitário e a maior disseminação do material genético. Nesse contexto, é necessário monitorar o ciclo estral das fêmeas, enquanto os machos passam por coleta de sêmen, o qual é analisado, preparado, transportado e utilizado conforme protocolos similares aos empregados na inseminação de garanhões.

A coleta de sêmen é realizada de forma similar em machos equídeos, por meio de vagina artificial aquecida entre 42-46° C, utilizando uma fêmea em cio ou manequim. No entanto, em comparação aos garanhões, os jumentos são mais difíceis de serem condicionados para montarem em um manequim, devido à alta latência para ereção e monta (Canisso et al., 2010b). Na experiência dos autores, a coleta em estação é uma alternativa viável ao uso do manequim, especialmente quando o jumento ainda não está condicionado ou quando se busca agilizar a coleta imediatamente após a ereção peniana, já que os animais geralmente toleram bem e respondem positivamente a essa técnica.

Nos jumentos, a coleta convencional pode durar até 90 minutos devido ao longo período de cortejo necessário para que os machos da espécie atinjam excitação sexual, a ereção e realizem a monta, principalmente em jumentos jovens ou quando há mudanças no manejo (Canisso et al., 2009a, b). Para acelerar o período pré-cópula e auxiliar na ereção e ejaculação, foi utilizado cloprostenol sódico (125 µg, via intramuscular) antes da coleta de sêmen (Panzani et al., 2020). Embora o mecanismo exato pelo qual o medicamento aumenta o estímulo sexual não seja completamente claro, ele já foi associado ao aumento da libido em varrões (Szurop et al., 1986) e, nos jumentos, acelerou significativamente os tempos necessários para alcançar ereção e ejaculação (Panzani et al., 2020).

A indução farmacológica da ejaculação é uma alternativa aos métodos tradicionais de coleta de sêmen e tem sido bem estudada em garanhões. Diversos protocolos farmacológicos foram avaliados tanto em pesquisas quanto em contextos clínicos, sem relatos de efeitos colaterais graves. De modo geral, esses protocolos envolvem o uso de antidepressivos tricíclicos (imipramina, 0,75 a 2 mg/kg por via oral), agonistas dos receptores adrenérgicos alfa-2 (xilazina, 0,3 a 0,66 mg/kg por via endovenosa; ou detomidina, 0,01 a 0,02 mg/kg por via endovenosa) e estimuladores da musculatura lisa (ocitocina, 20 UI por via endovenosa), administrados isoladamente ou em combinação, geralmente entre 1 e 3 horas após a administração da imipramina. Embora haja considerável variação nas taxas de ejaculação observada nos equinos, variando de 8,33 a 68% (McDonnell, 2001; Cavalero et al., 2019), a combinação de imipramina e

xilazina parece ser a opção mais eficaz (McDonnel & Love, 1991; McDonnel, 2001). Em casos de insucesso, recomenda-se tentar a associação de imipramina, detomidina e ocitocina (Cavalero et al., 2019).

Cinco estudos investigaram a indução farmacológica da ejaculação em jumentos (Mrácková et al., 2013; Sghiri et al., 2006; Naoman & Ali, 2012; Mrácková et al., 2017; Khan et al., 2024). Naoman & Ali (2012) relataram 96,6% de sucesso com imipramina oral (3 mg/kg) seguida de xilazina IV (1,1 mg/kg) após 2 h, com ejaculação entre 5 min e 1 h. Em contraste, Sghiri et al. (2006) obtiveram 1,8% de sucesso com variações de imipramina (2–3 mg/kg) e xilazina (0,44–0,70 mg/kg). Mrácková et al. (2013) não obtiveram resposta com xilazina (0,66 mg/kg) e alcançaram 20% com detomidina (0,02 mg/kg). No estudo seguinte (Mrácková et al., 2017), não registraram ejaculação ao combinarem imipramina (3 mg/kg) e xilazina (0,66 mg/kg) ou butorfanol (0,02 mg/kg) e xilazina (0,33 mg/kg). Khan et al. (2024) testaram um novo protocolo com detomidina (0,02 mg/kg) + ocitocina (20 UI) e compararam ao protocolo de Naoman e Ali (2012), obtendo 0% e 9,1% de sucesso, respectivamente. Diferenças nas taxas podem refletir variações de dose, idade dos animais e ambiente experimental.

A coleta de sêmen da cauda do epidídimo é uma técnica alternativa utilizada principalmente em casos de morte súbita ou em situações em que a função reprodutiva do macho está comprometida. O armazenamento do conjunto testículo-epidídimo por até 24 horas a 5 °C, em dispositivo de refrigeração passiva, mostrou-se eficaz para preservar a viabilidade dos espermatozoides epididimários, tanto em cavalos (Monteiro et al., 2013) quanto em jumentos (Lago-Alvarez et al., 2020). Para a recuperação dos espermatozoides da cauda do epidídimo, a técnica de fluxo retrógrado demonstrou ser a mais adequada para ambas as espécies, possibilitando a recuperação média de 7,5 bilhões de espermatozoides por cauda epididimária em equinos e 14,8 bilhões em asininos. Essa técnica também resulta em qualidade espermática semelhante entre os machos equídeos tanto após a recuperação quanto após o congelamento (Podico e Canisso, 2022). A taxa de fertilidade dos espermatozoides epididimários descongelados varia entre 25% e 91% (Monteiro et al., 2011a, b); entretanto, em asininos, essa taxa ainda precisa ser avaliada em fêmeas da mesma espécie, bem como em éguas.

Avaliação e parâmetros seminais

Os parâmetros seminais diferem significativamente entre os machos equídeos e geralmente os jumentos apresentam excelente qualidade seminal. O volume ejaculatório de jumentos é similar ao dos garanhões, variando de aproximadamente 30 a 90 mL. No entanto, a concentração espermática nos jumentos costuma ser mais elevada, situando-se entre 300 e 400 milhões de espermatozoides por mL, em comparação com 100 a 300 milhões de espermatozoides por mL nos equinos. Da mesma forma, o número total de espermatozoides por ejaculado é relativamente maior em machos asininos (Morais et al., 1994). Entretanto, jumentos mais jovens tendem a produzir ejaculados com menor volume e maior concentração do que jumentos mais velhos (Canisso et al., 2019). Além disso, a fração gelatinosa é menor ou até mesmo ausente nos asininos, observada principalmente em jumentos mais velhos, sendo influenciada pelo ambiente e manejo realizado (Kreuchauf, 1984; Canisso et al., 2008).

Os parâmetros relacionados à motilidade espermática, como a motilidade progressiva e as velocidades cinemáticas, tendem a ser mais elevados em jumentos do que em cavalos (Canisso et al., 2008). Gacem et al. (2020b; 2020c), ao compararem a cinética espermática de garanhões e jumentos por meio do sistema CASA (Sistema de Análise Computadorizada da Motilidade Espermática), observaram que os espermatozoides asininos apresentaram desempenho superior na maioria dos parâmetros, como velocidade média da trajetória (VAP), velocidade linear progressiva (VSL), retilinearidade (STR) e linearidade (LIN). Embora os garanhões tenham demonstrado valores ligeiramente superiores de velocidade curvilínea (VCL), os demais indicadores favoreceram os jumentos. Em 2021, os mesmos autores caracterizaram as subpopulações espermáticas de ambas as espécies e constataram que a subpopulação predominante em jumentos (41,7%) e em garanhões (38,2%) era semelhante, composta majoritariamente por espermatozoides rápidos, lineares e com alta frequência de batimento flagelar (Gacem et al., 2021). Apesar da semelhança na composição, os valores médios dos parâmetros cinemáticos dessa subpopulação foram superiores nos jumentos. Essas diferenças cinéticas estão associadas à funcionalidade espermática, como demonstrado por Fontes et al. (2025). Nesse estudo ficou demonstrado, por meio de testes *in vitro*, que um número significativamente maior de espermatozoides de jumentos aderiu à membrana perivitelínica de ovos de galinha em comparação aos espermatozoides equinos, mesmo utilizando amostras de sêmen de qualidade equivalente de ambas as espécies. Quanto à morfologia, a maioria dos jumentos apresenta taxas de defeitos inferiores a 15%, o que sugere que, nessa espécie, alterações morfológicas raramente estão associadas à infertilidade (Canisso et al., 2008; Gacem et al., 2021b). Esses achados reforçam a importância do desenvolvimento de protocolos analíticos específicos por espécie.

Sêmen refrigerado

As biotecnologias aplicadas à reprodução desempenham um papel importante na conservação de raças de jumentos ameaçadas de extinção. Contudo, a adaptação direta de técnicas originalmente desenvolvidas para cavalos nem sempre resulta em êxito quando empregadas em jumentos, apresentando limitações em sua eficácia (Canisso et al., 2019; Miró, 2020). Estratégias como o resfriamento têm como finalidade conservar o material genético, por meio da desaceleração do metabolismo celular. O transporte de sêmen resfriado de jumentos pode ser feito utilizando tanto recipientes de resfriamento passivo quanto dispositivos específicos, de maneira semelhante à prática adotada com sêmen de equinos (Canisso et al., 2019). No entanto, a seleção do meio diluidor e as etapas de processamento antes do resfriamento exigem atenção especial, especialmente em animais que apresentam maior sensibilidade às variações térmicas.

Diversas pesquisas evidenciam que diluentes tradicionalmente usados para sêmen de cavalos também são viáveis para a refrigeração do sêmen de jumentos, apresentando bons índices de fertilidade. Dentre esses, destacam-se os diluentes à base de leite desnatado (Santos et al., 1995; Cottorello et al., 2002; Vidament et al., 2009; Oliveira et al., 2016), além de formulações com diferentes proporções de gema de ovo (Rota et al., 2008; Cottorello et al., 2002) e meios quimicamente definidos, sem leite ou gema, como o INRA96 (Rota et al., 2008; Contri et al., 2010; Carluccio et al., 2017), comumente utilizados em concentrações de 25 a 50 milhões de espermatozoides por mililitro. Mais recentemente, uma investigação avaliou o desempenho de três tipos de diluentes — à base de leite desnatado, caseinato de sódio e gema de ovo — combinados ou não com a remoção do plasma seminal por centrifugação. Os resultados demonstraram que as formulações com caseinato de sódio ou gema de ovo, sobretudo quando associadas à retirada do plasma seminal, proporcionam melhor preservação da qualidade espermática após o resfriamento, o que se reflete em taxas de fertilidade superiores nos jumentos (Gobato et al., 2022).

Sêmen congelado

Os procedimentos utilizados na criopreservação do sêmen de jumentos geralmente seguem os mesmos protocolos aplicados a equinos, apresentando resultados satisfatórios quanto à viabilidade e motilidade espermática pós-descongelamento, muitas vezes superiores aos observados em cavalos (Flores et al., 2008; Rota et al., 2012). Ainda assim, diversos estudos têm buscado aprimorar a qualidade do sêmen asinino criopreservado, seja pela redução da concentração de crioprotetores após o descongelamento, por meio da rediluição (Figueira et al., 2019; Rota et al., 2012), pela diminuição direta da concentração nos diluentes (Zanardi et al., 2025) ou pela substituição dos crioprotetores tradicionais por novas moléculas (Bruno et al., 2024; Zanardi et al., 2025). A rediluição com plasma seminal, entretanto, demonstrou prejudicar a qualidade espermática (Rota et al., 2012; Figueira et al., 2019). Em contrapartida, a concentração de 3% revelou-se uma alternativa viável à tradicional de 5%, mantendo qualidade semelhante após o descongelamento (Zanardi et al., 2025). Além disso, a dimetilformamida apresentou desempenho superior quanto à motilidade progressiva, porcentagem de espermatozoides rápidos e integridade da membrana plasmática, destacando-se como o crioprotetor mais eficaz para o sêmen de jumentos (Bruno et al., 2024; Zanardi et al., 2025).

Apesar da qualidade satisfatória do sêmen asinino após o descongelamento, as taxas de fertilidade obtidas com sua utilização em inseminações artificiais em jumentas são baixas, variando entre 0% e 28% (Trimeche et al., 1996; Oliveira et al., 2006; Vidament et al., 2009; Canisso et al., 2011; Oliveira et al., 2016; Freitas et al., 2025). Em contrapartida, os resultados em éguas são mais promissores, com taxas de fertilidade entre 36% e 54,55% (Trimeche et al., 1998; Oliveira et al., 2006; Vidament et al., 2009; Canisso et al., 2011; Diaz-Jimenez et al., 2021; Costa et al., 2023). Além disso, testes *in vitro* demonstraram que o sêmen congelado de asininos possui capacidade fecundante, apresentando adesão equivalente à do sêmen equino à membrana perivitelínica de ovos de galinha (Fontes et al., 2025), além de eficiência na penetração de oócitos bovinos (Taberner et al., 2010). Assim, a baixa taxa de fertilização em jumentas tem sido atribuída a uma resposta inflamatória uterina mais intensa e prolongada nessa espécie, semelhante à endometrite persistente observada em algumas éguas após a cobertura natural (Costa et al., 2023).

Diversos fatores parecem contribuir para essa resposta exacerbada, incluindo a maior sensibilidade das jumentas aos componentes dos diluentes de congelamento, especialmente ao glicerol e à gema de ovo (Troedsson et al., 2001; Palm et al., 2006), além da remoção do plasma seminal, que também elimina proteínas com função imunomoduladora e antioxidante (Alghamdi et al., 2004; Schuberth et al., 2008). Como alternativa, estratégias como a substituição do glicerol — o crioprotetor com maior potencial alergênico — por outras substâncias foram avaliadas. No entanto, crioprotetores como dimetilsulfóxido, dimetilformamida, dimetilacetamida e etilenoglicol não resultaram em aumento das taxas de prenhez em

jumentas (Oliveira et al., 2006; Rota et al., 2012). Posteriormente, investigou-se o uso de anti-inflamatórios sistêmicos e a adição de plasma seminal ao sêmen descongelado. Vilés et al. (2013b) avaliaram o uso de cetoprofeno após a IA em jumentas e, embora não tenham observado redução no número de polimorfonucleares, detectaram expressão da enzima COX-2. Ainda assim, o uso de anti-inflamatórios e tratamentos intrauterinos, como o plasma rico em plaquetas (PRP), não resultaram em aumento das taxas de prenhez em jumentas (Freitas et al., 2025).

Entre as estratégias avaliadas, a rediluição do sêmen descongelado em plasma seminal e a realização de lavagens uterinas aos 6 e 10 horas após a inseminação destacaram-se como as mais eficazes na melhoria das taxas de fertilidade em jumentas (Rota et al., 2012). Além disso, múltiplas inseminações na extremidade do corno uterino — iniciadas 24 horas após a indução da ovulação e repetidas a cada 8 horas até a confirmação da ovulação —, com dose de 1 bilhão de espermatozoides, também resultou em aumento nas taxas de concepção (Oliveira et al., 2016). Apesar desses avanços, a inseminação artificial com sêmen congelado em jumentas ainda requer aprimoramentos e o desenvolvimento de protocolos específicos para a espécie asinina, visando otimizar sua eficácia e viabilizar sua aplicação rotineira.

Fertilidade de cruzamentos inter e intraespecíficos

De maneira geral, o uso de biotecnologias reprodutivas como a inseminação artificial, transferência de embriões e produção *in vitro* de embriões produzem resultados de fertilidade inferiores na espécie asinina quando comparados à espécie equina (Camillo et al., 2010; Briski & Salamade, 2022; Fanelli et al., 2023; Bragulat et al., 2023).

O estudo de Fanelli et al. (2023) comparou as taxas de prenhez em inseminações artificiais intraespecíficas (dentro da mesma espécie) e interespecíficas (entre espécies) em equídeos, utilizando éguas e jumentas inseminadas com sêmen fresco de garanhões e jumentos. As maiores taxas de prenhez foram observadas nas inseminações intraespecíficas entre equinos (ganhão × égua), apresentando 87,5%, seguidas pelas inseminações entre jumentos (jumento × jumenta), com 52,4%. Nas inseminações interespecíficas, a taxa de prenhez foi de 42,9% para o cruzamento jumento × égua (mulas e burros) e de apenas 16,3% para o cruzamento ganhão × jumenta (bardotos e bardotas), sendo esta a menor taxa registrada. Esse estudo também sugere que a utilização da inseminação artificial tal como é realizada na espécie equina, pode ter resultados inferiores na espécie asinina.

Considerações Finais

Embora equinos e asininos tenham se originado de um mesmo ancestral, essas espécies evoluíram de maneira distinta, moldadas pelas condições e desafios naturais. Assim, apesar das similaridades em diversos aspectos reprodutivos — o que inclusive possibilita o acasalamento entre eles e a formação de híbridos — existem características específicas que demandam maior atenção e aprofundamento, como particularidades morfofuncionais, comportamentais e seminais, que impactam diretamente os resultados obtidos com o uso de biotécnicas, como a inseminação artificial. Portanto, o conhecimento dessas diferenças é essencial para a adoção de práticas e o desenvolvimento de técnicas específicas, especialmente voltadas aos asininos, que ainda requerem avanços para a otimização dos resultados reprodutivos mediante o uso dessas biotecnologias. Tais aprimoramentos poderão favorecer o uso de sêmen congelado em escala comercial, contribuindo tanto para a conservação de raças ameaçadas quanto para o melhoramento genético de animais destinados ao trabalho ou à produção de subprodutos, como leite, cosméticos, carne e pele.

Referências

- Alghamdi AS, Foster DN, Troedsson MH.** Equine seminal plasma reduces sperm binding to polymorphonuclear neutrophils (PMNs) and improves the fertility of fresh semen inseminated into inflamed uteri. *Reproduction*, v. 127, p. 593–600, 2004.
- Bragulat APF, Ortíz I, Catalán J, Dorado J, Hidalgo M, Losinno L, & Gambini A.** Time-lapse imaging and developmental competence of donkey eggs after ICSI: Effect of preovulatory follicular fluid during oocyte in vitro maturation. *Theriogenology*, v. 195, p. 199–208, 2023.
- Briski O, Salamone DF.** Past, present and future of ICSI in livestock species. *Anim Reprod Sci*, v. 246, 106925, 2022.
- Bruno SL, Neild DM, Plaza JP, Ferrante AA, Carretero MI, Olivieri GEA, Aguirre IM, Alonso CAI, Miragaya MH.** Comparação de diferentes crioprotetores para congelamento de sêmen de jumento (*Equus asinus*). *J Equine Vet Sci*, v. 136, art. 105069, 2024.

- Camillo F, Panzani D, Scollo C, Rota A, Crisci A, Vannozzi I, & Balbo S.** Embryo recovery rate and recipients' pregnancy rate after nonsurgical embryo transfer in donkeys. *Theriogenology*, v. 73, n. 7, p. 959–965, 2010.
- Canisso IF, Souza FA, Carvalho GR, Guimarães JD, Silva EC, Lima AL.** Alguns aspectos fundamentais do exame clínico andrológico de jumentos (*Equus asinus*). *Rev Bras Reprod Anim*, v. 32, p. 233-239, 2008.
- Canisso IF, de Carvalho GR, da Silva EC, Rodrigues AL, Ker PG, Guimaraes JD.** Alguns aspectos biométricos do aparelho genital externo de jumentos doadores de sêmen da raça Pêga. *Cienc Rural*, v. 39, p. 2556-2563, 2009a.
- Canisso IF, Davies Morel MCG, McDonnell S.** Strategies for the management of donkey jacks in intensive breeding systems. *Equine Vet Educ*, v. 21, p. 652-659, 2009b.
- Canisso IF, McDonnell SM.** Donkey breeding behavior with an emphasis on the Pêga breed. *Vet. Care Donkeys. Int Vet Inf Serv*, v. 20, p. 0310, 2010a.
- Canisso IF, Carvalho GR, Morel MD, Guimarães JD, McDonnell SM.** Sexual behavior and ejaculate characteristics in Pêga donkeys (*Equus asinus*) mounting estrous horse mares (*Equus caballus*). *Theriogenology*, v. 73, p. 56-63, 2010b.
- Canisso IF, Carvalho GR, Morel MD, Ker PG, Rodrigues AL, Silva EC, Da Silva MC.** Seminal parameters and field fertility of cryopreserved donkey jack semen after insemination of horse mares. *Equine Vet J.*, v. 43, p. 179-183, 2011.
- Canisso IF, Panzani D, Miró J, Ellerbrock RE.** Key aspects of donkey and mule reproduction. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, v. 35, p. 607-642, 2019.
- Carluccio A, Gloria A, Robbe D, Veronesi MC, De Amicis I, Cairoli F, Contri A.** Reproductive characteristics of foal heat in female donkeys. *Animal*, v. 11, p. 461-465, 2017.
- Catalán J, Yáñez-Ortiz I, Martínez-Rodero I, Mateo-Otero Y, Nolis P, Yeste M, Miró J.** Comparison of the metabolite profile of donkey and horse seminal plasma and its relationship with sperm viability and motility. *Res Vet Sci*, v. 165, 105046, 2023.
- Cavalero TMS, Papa FO, Schmith RA, Scheeren VFC, Canuto LEF, Gobato MLM, et al.** Protocols using detomidine and oxytocin induce ex copula ejaculation in stallions. *Theriogenology*, v. 140, p. 93–98, 2019.
- Contri A, De Amicis I, Veronesi MC, Faustini M, Robbe D, Carluccio A.** Efficiency of different extenders on cooled semen collected during long and short day length seasons in Martina Franca donkey. *Anim Reprod Sci*, v.120, p.136-141, 2010.
- Costa MLC, Sancler-Silva YFR, Albino MV, Fontes CS, Teixeira CS, Freitas MS, et al.** Does the uterine inflammatory response differ between mares and donkey jennies inseminated with frozen donkey semen?. *J. Equine Vet Sci*, v. 125, 104703, 2023.
- Cottorello ACP, Amancio RC, Henry M, Borges I.** Effect of storage temperature and extenders on in vitro activity of donkey spermatozoa. *Theriogenology*, v. 58, p. 325–328, 2002.
- Díaz-Jiménez M, Rota A, Dorado J, Consuegra C, Pereira B, Camillo F, et al.** First pregnancies in jennies with vitrified donkey semen using a new warming method. *Animal*, v. 15, n. 1, 100097, 2021.
- Fanelli D, Moroni R, Bocci C, Camillo F, Rota A, Panzani D.** Interspecific and intraspecific artificial insemination in domestic equids. *Animals*, v. 13, n. 4, 582, 2023.
- Figueira MEB, Torres CAA, Freitas BW, Freitas FV, Viana AGA, Teixeira CS, Soares CMT, Neves MG, Paes KD, Costa LML.** Efeito da diluição pós-descongelamento sobre a cinética espermática e integridade de membrana plasmática e acrossomal de sêmen congelado de jumentos da raça Pêga. *Rev Bras Reprod Anim*, v. 43, n. 2, p. 591, 2019.
- Flores E, Taberner E, Rivera MM, Peña A, Rigau T, Miró J, et al.** Effects of freezing/thawing on motile sperm subpopulations of boar and donkey ejaculates. *Theriogenology*, v. 70, n. 6, p.936–945, 2008.
- Fontes CS, Garcia HDM, Freitas MS, Teixeira SC, Silva-Junior ER, Oliveira LL, et al.** Is the sperm-binding test to the hen's egg perivitelline membrane reliable for the functional assessment of equine and donkey semen? *J Equine Vet Sci*, v. 145, 105285, 2025.
- Freitas MS, García HDM, Fiala-Rechsteiner SME, Fontes CS, Teixeira CS, Viana, JH, et al.** Is platelet-rich plasma effective in treating uterine inflammation in jennies inseminated with cryopreserved donkey semen?. *Theriogenology*, v. 231, p. 144-153, 2025.
- Gacem S, Papas M, Catalan J, Bonilla S, Miró J.** Reproductive ultrasonography in Catalanian donkey. *Reprod Domest Anim*, v. 53, p. 136-136, 2018.
- Gacem S, Papas M, Catalan J, Miró J.** Examination of jackass (*Equus asinus*) accessory sex glands by B-mode ultrasound and of testicular artery blood flow by colour pulsed-wave Doppler ultrasound: correlations with semen production. *Reprod Domest Anim*, v. 55, n. 2, 181-188, 2020a.
- Gacem S, Bompard D, Valverde A, Catalán J, Miró, Soler C.** Optimal frame rate when there were stallion

- sperm motility evaluations and determinations for kinematic variables using CASA-Mot analysis in different counting chambers. *Anim Reprod Sci*, v. 223, 106643, 2020b.
- Gacem S, Catalán J, Valverde A, Soler C, Miró J.** Optimization of CASA-mot analysis of donkey sperm: Optimum frame rate and values of kinematic variables for different counting chamber and fields. *Animals*, v. 10, n. 11, 1993, 2020c.
- Gacem S, Valverde A, Catalán J, Yáñez-Ortiz I, Soler C, Miró J.** A new approach of sperm motility subpopulation structure in donkey and horse. *Front Vet Sci*, v. 8, 651477, 2021a.
- Gacem S, Catalán J, Yáñez-Ortiz I, Soler C, Miró J.** New sperm morphology analysis in equids: Trumorph® vs eosin-nigrosin stain. *Vet Sci*, v. 8, n. 5, p. 79, 2021b.
- Gobato ML, Segabinazzi LG, Scheeren VF, Bandeira RS, Freitas-Dell'Aqua CP, Dell'Aqua JA Jr, Papa FO.** Ability of donkey sperm to tolerate cooling: Effect of extender base and removal of seminal plasma on sperm parameters and fertility rates in mares. *Front Vet Sci*, v. 9, p. 1011899, 2022.
- Guasti PN, Souza FF, Scott C, Papa PM, Camargo LSA, Schmith RA, Monteiro GA, Hartwig FP, Papa FO.** Equine seminal plasma and sperm membrane: Functional proteomic assessment. *Theriogenology*, 156, 70–81, 2020.
- Henry M, McDonnell SM, Lodi LD, Gastal EL.** Pasture mating behaviour of donkeys (*Equus asinus*) at natural and induced oestrus. *J Reprod Fertil Suppl*, v. 44, p. 77-86, 1991.
- Khan FA, Smick S, Werners-Butler C, Karasek I, Beckford G, Winchester N, Khanam A.** Comparison of two pharmacological protocols for inducing ex copula ejaculation in donkeys. *J Equine Vet Sci*, v. 133, p. 105004, 2024.
- Kladt LV, Teixeira CS, Freitas MSE, Albino MV, Tibúrcio TM, Silva DNL, Sancler-Silva YFR.** A hemodinâmica e ecogenicidade testicular são alteradas pelo fotoperíodo em machos asininos? In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal – CBRA, 25., 2023, Belo Horizonte. *Rev Bras Reprod Animal*, v. 47, n. 2, p. 383, 2023.
- Kreuchauf A.** Reproductive physiology in the jackass. *Anim Res Dev*, n. 20, p. 51-78, 1984.
- Lago-Alvarez Y, Podico G, Segabinazzi LG, Cunha LL, Barbosa L, Arnold CE, et al.** Donkey epididymal transport for semen cooling and freezing. *Animals*, v. 10, n. 12, 2209, 2020.
- Love CC, Garcia MC, Riera FR, Kenney RM.** Evaluation of measures taken by ultrasonography and caliper to estimate testicular volume and predict daily sperm output in the stallion. *J Reprod Fertil Suppl.*, v. 44, p. 99–105, 1991.
- Mann T, Leone E, Polge C.** The composition of the stallion's semen. *J Endocrinol*, v. 13, p. 279-290, 1956.
- McDonnell SM, Love CC.** Xylazine-induced ex copula ejaculation in stallions. *Theriogenology*, v.36, p.73–76, 1991.
- McDonnell SM.** Reproductive behavior of donkeys (*Equus asinus*). *Appl Anim Behav Sci*, v. 60, p. 277-282, 1998.
- McDonnell SM.** Oral imipramine and intravenous xylazine for pharmacologically-induced ex copula ejaculation in stallions. *Anim Reprod Sci*, v. 68, p. 153–159, 2001.
- McLean AK, Navas González, FJ, Canisso IF.** Donkey and mule behavior. *Vet Clin North Am Equine Pract*, v. 35, n. 3, p. 575-588, 2019.
- Miragaya MH, Neild DM, Alonso AE.** A review of reproductive biology and biotechnologies in donkeys. *J Equine Vet Sci*, v. 65, p. 55-61, 2018.
- Miró J, Taberner E, Ocaña M, Peña A.** Morphometry and motility of donkey spermatozoa vs horse spermatozoa. *Reprod Domest Anim*, v. 43, Suppl. 4, p. 64, 2008.
- Miró J.** La reproducción en la burra. *Equinus: Med Cir Equina*, n. 56, p. 59-66, 2020.
- Miró J, Catalán J, Marín H, Yáñez-Ortiz I, Yeste M.** Specific seminal plasma fractions are responsible for the modulation of sperm-PMN binding in the donkey. *Animals*, v. 11, p. 1388, 2021.
- Morais RN, Mucciolo RG, Viana WG.** Biologia reprodutiva de jumentos. II. Características físicas e morfológicas do sêmen. *Braz J Vet Res Anim Sci*, v. 31, n. 1, p. 49-57, 1994.
- Monteiro GA, Papa FO, Zahn FS, Dell'Aqua Jr JA, Melo CM, Maziero RRD, et al.** Cryopreservation and fertility of ejaculated and epididymal stallion sperm. *Anim Reprod Sci*, v. 127, n. 3–4, p. 197–201, 2011a.
- Monteiro GA, Papa FO, Guasti PN, Freitas NPP, Melo CM, Avanzi BR, et al.** Fertility of epididymal cauda sperm from subfertile stallions. *Vet Zootec*, v. 18, p. 255–263, 2011b.
- Monteiro GA, Guasti PN, Rocha AS, Martín I, Sancler-Silva YFR, Freitas Dell'Aqua CP, et al.** Effect of storage time and temperature of equine epididymis on the viability, motion parameters, and freezability of epididymal sperm. *J Equine Vet Sci*, v. 33, n. 3, p. 169–173, 2013.
- Mráčková M, Sedlinská M, Blahová Z.** The reliability of two different protocols for pharmacologically induced ejaculation in donkeys (*Equus asinus*). *J Equine Vet Sci*, v. 33, p. 1121–1123, 2013.

Mráčková M, Hodinová K, Vyvial M, Horáčková E, Sedlinská M. Failure of pharmacologically-induced ejaculation in donkeys (*Equus asinus*) under field conditions: a test of two different treatment protocols. *Isr J Vet Med*, v. 72, p. 35–38, 2017.

Naoman UT, Ali AJ. Oral imipramine and intravenous xylazine for pharmacologically-induced ejaculation in donkeys. *Iraqi J Vet Sci*, v. 26, p. 81–83, 2012.

Neves ES, Chiarini-Garcia H, França LR. Comparative testis morphometry and seminiferous epithelium cycle length in donkeys and mules. *Biol Reprod*, v. 67, p. 247-255, 2002.

Neves EM, Costa GMJ, França LR. Sertoli cell and spermatogenic efficiencies in Pêga donkey (*Equus asinus*). *Anim Reprod*, v. 11, n. 4, p. 517-525, 2014.

Oliveira JV, Alvarenga MA, Melo CM, Macedo LM, Dell'Aqua Junior JA, Papa FO. Effect of cryoprotectant on donkey semen freezability and fertility. *Anim Reprod Sci*, v. 82-84, p. 283-288, 2006.

Oliveira JV, Oliveira PVDLF, Oña CM, Guasti PN, Monteiro GA, da Silva YFRS., et al. Strategies to improve the fertility of fresh and frozen donkey semen. *Theriogenology*, v. 85, n. 7, p. 1267-1273, 2016.

Palm F, Walter I, Budik S, Aurich C. Influence of different semen extenders and seminal plasma on the inflammatory response of the endometrium in oestrous mares. *Anim Reprod Sci*, v. 94, p. 286-289, 2006.

Panzani D, Quaresma M, Fanelli D, Camillo F, Moroni R, Rota A, Martins-Bessa A, et al. Hastening time to ejaculation in donkey jacks treated with the PGF₂α analog, cloprostenol sodium. *Animals*, v. 10, n. 12, 2231, 2020.

Papas M, Arroyo L, Bassols A, Catalán J, Bonilla-Correal S, Gacem S, Yeste M, Miró J. Activities of antioxidant seminal plasma enzymes (SOD, CAT, GPX and GSR) are higher in jackasses than in stallions and are correlated with sperm motility in jackasses. *Theriogenology*, v. 140, p. 180-187, 2019.

Podico G, Canisso IF. Retrograde flushing followed by slicing float-up as an approach to optimize epididymal sperm recovery for the purpose of cryopreservation in equids. *Animals*, v. 12, n. 14, 1802, 2022.

Pozor MA, McDonnell SM. Ultrasonographic measurements of accessory sex glands, ampullae, and urethra of normal stallions of various size types. *Theriogenology*, v. 58, n. 7, p. 1425-1433, 2002.

Quartuccio M, Marino G, Zanghi A, Garufi G, Cristarella S. Testicular volume and daily sperm output in Ragusano donkeys. *J Equine Vet Sci*, v. 31, p. 143-146, 2011.

Renner-Martin TFP, Forstenpointner G, Weissengruber GE, Eberhardt L. Gross anatomy of the female genital organs of the domestic donkey (*Equus asinus* Linné, 1758). *Anat Histol Embryol*, v. 38, n.2, p. 133-138, 2009.

Rota A, Magelli C, Panzani D, Camillo F. Effect of extender, centrifugation and removal of seminal plasma on cooled-preserved Amiata donkey spermatozoa. *Theriogenology*, v. 69, n. 2, p. 176-185, 2008.

Rota A, Panzani D, Sabatini C, Camilo F. Donkey jack (*Equus asinus*) semen cryopreservation: Studies of seminal parameters, post breeding inflammatory response, and fertility in donkey jennies. *Theriogenology*, v. 78, n. 8, p. 1846-1854, 2012.

Rota A, Puddu B, Sabatini C, Panzani D, Lainé AL, Camillo F. Reproductive parameters of donkey jacks undergoing puberty. *Anim Reprod Sci*, v. 192, p. 119-125, 2018.

Santos GF, Henry M, Sampaio IBM, Gastal EL. Effect of cooling system and rate of cooling on sperm quality of donkey semen preserved at 5°C. *Biol Reprod*, v. 52, p. 761-767, 1995.

Schuberth HJ, Taylor U, Zerbe H, Waberski D, Hunter R, Rath D. Immunological responses to semen in the female genital tract. *Theriogenology*, v. 70, p. 1174-1181, 2008.

Sghiri A, Tibary A, El Idrissi R. Behavioral response to imipramine/xylazine treatment in jackass. In: Bakkoury M, Dakkak A (eds.). Proceedings of the 9th International Congress of World Equine Veterinary Association. Marrakech, p. 348–350, 2006.

Szurop I, Nagy A, Jöchle W. Stimulation of libido in pubertal and mature boars with prostaglandin F₂α analogs: Clinical observations. *Reprod Domest Anim*, v. 21, p. 83–86, 1986.

Taberner E, Medrano A, Peña A, Rigau T, Miró J. Oestrus cycle characteristics and prediction of ovulation in Catalanian jennies. *Theriogenology*, v. 70, n. 9, p. 1489-1497, 2008.

Taberner E, Morató R, Mogas T, Miró J. Capacidade dos espermatozoides de jumentos catalães de penetrar oócitos bovinos sem zona pelúcida maturados in vitro. *Anim Reprod Sci*, v. 118, n. 2–4, p. 354–361, 2010.

Talluri T.R., Mal G., Ravi S.K. Biochemical components of seminal plasma and their correlation to the seminal characteristics in Mawari stallions and Poitou jacks. *Vet World*, v. 10, n. 2, p. 214-220, 2017.

Trimeche ARPL, Renard P, Le Lannou D, Barrière P, Tainturier D. Improvement of motility of post-thaw Poitou jackass sperm using glutamine. *Theriogenology*, v. 45, n. 5, p. 1015-1027, 1996.

Trimeche A, Renard P, Tainturier D. A procedure for Poitou jackass sperm cryopreservation. *Theriogenology*, v. 50, n. 5, p. 793-806, 1998.

Troedsson MH, Loset K, Alghamdi AM, Dahms B, Crabo BG. Interaction between equine semen and

- the endometrium: the inflammatory response to semen. *Anim Reprod Sci*, v. 68, p. 273-278, 2001.
- Van den Branden E.** Reproduction in Equidae: a comparative study of donkeys and horses. Doctoral dissertation, Ghent University, 2021.
- Veronesi MC, De Amicis I, Panzani S, Kindahl H, Govoni N, Probo M, Carluccio A.** PGF2 α , LH, testosterone, oestrone sulphate, and cortisol plasma concentrations around sexual stimulation in jackass. *Theriogenology*, v. 75, p. 1489-1498, 2011.
- Vidament M, Vincent P, Martin FX, Magistrini M, Blesbois E.** Differences in ability of jennies and mares to conceive with cooled and frozen semen containing glycerol or not. *Anim Reprod Sci*, v. 112, n. 1-2, p. 22-35, 2009.
- Vilés K, Rabanal R, Rodríguez-Prado M, Miró J.** Influence of seminal plasma on leucocyte migration and amount of COX-2 protein in the jenny endometrium after insemination with frozen-thawed semen. *Anim Reprod Sci*, v. 143, p. 57-63, 2013a.
- Vilés K, Rabanal R, Rodríguez-Prado M, Miró J.** Effect of ketoprofen treatment on the uterine inflammatory response after AI of jennies with frozen semen. *Theriogenology*, v. 79, p. 1019-1026, 2013b.
- Woodward S.** The social system of feral asses (*Equus asinus*). *Int J Behav Biol*, v. 49, n. 3, p. 304-316, 1979.
- Yu J, Li M, Ji C, Li X, Li H, Liu G, Wang Y, Liu G, Wang T, Che X, Lei C, Dang R, Zhao F.** Comparative proteomic analysis of seminal plasma proteins in relation to freezability of Dezhou donkey semen. *Anim Reprod Sci*, v. 231, 106794, 2021.
- Zanardi C, Carvalho A, Freitas-Dell'Aqua C, Alvarenga MA, Papa FO, Monteiro G, Segabinazzi L.** Caracterização de características espermáticas de sêmen de jumento criopreservado com diferentes crioprotetores permeáveis. *J Equine Vet Sci*, v. 145, art. 105336, 2025.
-