

MORFOLOGIA E PATOLOGIAS ESPERMÁTICAS EM MAMÍFEROS DOMÉSTICOS

(Sperm morphology and pathologies in domestic mammals)

Airton Alencar de ARAÚJO¹; Erica Carolina KEHL¹; Inara Lia Mendes
SILVA¹; Ingryde Paula Aragão LEITÃO¹; Ricardo TONIOLLI²

¹Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará (UECE) Av. Dr. Silas Munguba, 1700.
Itaperi, Fortaleza/CE. CEP: 60.714-903. ²Laboratório de Reprodução Suína e Tecnologia
de Sêmen (FAVET/UECE). *E-mails: airton.alencar@uece.br

RESUMO

Para avaliação de reprodutores mamíferos, principalmente no contexto da produção animal, é de suma importância que o profissional conheça a morfologia e as patologias espermáticas que existem e que podem resultar em uma redução dos resultados reprodutivos. Diante disso, diversos trabalhos descrevem a estrutura morfológica do espermatozoide basicamente como cabeça, pescoço e cauda. Existe um tipo de classificação destas patologias como primárias, secundárias e terciárias. Porém, alguns autores a consideram limitante e preferem a classificação entre defeitos maiores e menores, pelo fato de relacionarem a patologia diretamente com a fertilidade. Com isso, objetivou-se, com esta revisão de literatura, apresentar e descrever as patologias espermáticas baseadas em sua morfologia: em cabeça, acrossoma, colo, peça intermediária e cauda, considerando o seu impacto na fertilidade. Dessa forma, pode-se perceber a grande importância desse conhecimento e sua aplicabilidade na andrologia veterinária, de forma que esta sistemática pode auxiliar o médico veterinário na interpretação do quadro geral na avaliação clínica e andrológica do animal.

Palavras-chaves: Espermatozoide, morfologia espermática, má formação, patologia.

ABSTRACT

For the evaluation of mammalian breeders, especially in the context of animal production, it is of paramount importance that the professional knows the morphology and sperm pathologies that exist and can result in a reduction of reproductive results. Therefore, several works describe the morphological structure of sperm basically as head, neck, and tail. There is a type of classification of these pathologies as primary, secondary, and tertiary. However, some authors consider it limiting and prefer the classification between major and minor defects, as they relate the pathology directly to fertility. Therefore, this literature review aimed to present and describe sperm pathologies based on their morphology: head, acrosome, neck, midpiece, and tail, considering their impact on fertility. In this way, it is possible to perceive the great importance of this knowledge and its applicability in veterinary andrology, so that this system can help the veterinarian in the interpretation of the general picture in the clinical and andrological evaluation of the animal.

Keywords: Spermatozoa, sperm morphology, poor sperm, pathology.

INTRODUÇÃO

Espermatogênese é o processo no qual acontece a multiplicação e diferenciação das células germinativas do epitélio seminífero (REECE *et al.*, 2017). Ela se divide em: espermatocitogênese, espermiogênese e espermição. Durante a espermatocitogênese, por mitoses, há uma proliferação, dando origem aos espermatócitos primários e pelas meioses, os espermatócitos secundários e as espermátides, que na espermiogênese dão origem aos espermatozoides (BRITO, 2007): condensação nuclear, formação do acrossomo, do flagelo e perda de parte do conteúdo celular, fagocitado pela célula de Sertoli (RUA *et al.*, 2014).

O espermatozoide é formado pela cabeça e flagelo ou cauda. A cabeça tem forma

elíptica, coberta pelo acrossoma. Possui um núcleo com o material genético e preenche grande parte da cabeça. O acrossoma ocupa a parte cranial do núcleo. O flagelo é dividido em: colo ou peça de ligação (PL), peça intermediária (PI), peça principal (PP) e peça terminal (PT), com membrana plasmática (BRITO, 2007; VARNER e JOHNSON, 2011).

Quando a morfologia espermática é afetada, em particular os acrossomas, a célula tem diminuída ou cessada sua capacidade fecundante, sendo essa característica um importante indicador de fertilidade (SAACKE *et al.*, 2000; OSTERMEIER *et al.*, 2001). A avaliação de mais de uma característica é importante para o diagnóstico da função e a previsão do potencial fertilizante (ARRUDA *et al.*, 2015) e em uma análise mais completa, os testes hiposmótico, termorresistência e reação acrossômica (SIQUEIRA *et al.*, 2007).

Através da análise da circunferência escrotal, verificou-se que quanto maior for essa medida, menor será a porcentagem de defeitos espermáticos, podendo ser usado como critério de seleção de touros (DIAS *et al.*, 2008). Ela tem herdabilidade de moderada a alta e está ligada aos ejaculados de boa qualidade (SILVA *et al.*, 2002; SIQUEIRA *et al.*, 2013).

Os métodos rotineiros de avaliação tem baixa variações entre os padrões de qualidade dos ejaculados e os resultados de fertilidade. Conhecer esses padrões é importante para que as avaliações *in vitro* possam fazer projeções mais seguras (FREITAS-DELL'AQUA *et al.*, 2009). Em bovinos o exame andrológico feito entre um e dois anos de idade, permite identificar os animais precoces e super precoces (VALE FILHO, 2001).

Entretanto, através de uma associação entre a fisiologia, a patologia, o histórico do animal e os resultados da avaliação clínica, pode-se conhecer melhor o grau de influência sobre a fertilidade (FRENEAU, 2011). Pelo uso de um ejaculado previamente avaliado, um melhor controle do rebanho é possível (RODGERS *et al.*, 2015; LAMB e MERCADANTE, 2016; BARUSELLI *et al.*, 2018; ALMEIDA *et al.*, 2023). O trabalho teve por objetivo apresentar e descrever as diferentes patologias espermáticas, baseadas nos aspectos morfológicos do espermatozoide de mamíferos domésticos, considerando o seu impacto sobre a fertilidade e sua aplicabilidade na avaliação clínica e andrológica do animal.

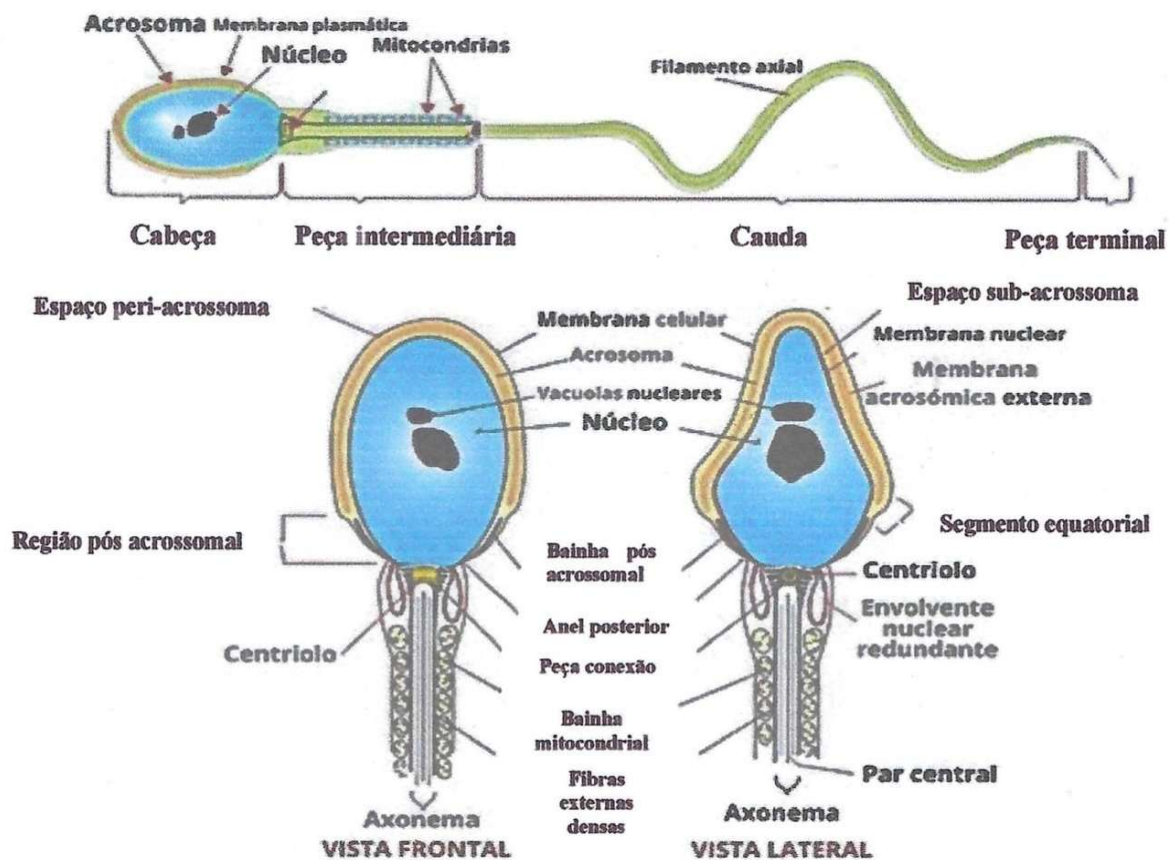
DESENVOLVIMENTO

A MORFOLOGIA ESPERMÁTICA

Conhecer a morfologia espermática (Fig. 01) de um ejaculado é importante para se ter uma boa avaliação de reprodutores. Dentre as diferentes avaliações rotineiras do ejaculado, a morfologia é uma das mais importantes para bons resultados de fertilidade (FRENEAU *et al.*, 2010; ARRUDA *et al.*, 2015).

A cabeça do espermatozoide de mamíferos, tem forma elíptica, um núcleo com a cromatina muito condensada e que preenche grande parte dela (GADELLA e LUNA, 2014). O acrossoma com enzimas importantes para a fecundação e pouco citoplasma, ocupa dois terços craniais do núcleo. As membranas acrossomais interna e externa protegem suas enzimas do restante da cabeça. O flagelo é dividido em: colo ou peça de ligação (PL), peça intermediária (PI), peça principal (PP) e peça terminal (PT) (ABOU-HAILA e TULSIANI, 2000; VARNER e JOHNSON, 2011).

Distúrbios podem resultar na diminuição da produção espermática ou da sua qualidade morfológica estrutural (REBAR, 2023).



(Fonte: <http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=2063&>)

Figura 01: Morfologia do espermatozoide, com detalhes da cabeça e peça intermediária em vista frontal e lateral.

A elevação da temperatura testicular é causa comum de alterações morfológicas nas espécies domésticas, variando de acordo com o momento do estresse térmico em relação ao estágio de desenvolvimento da célula germinativa (BARTH *et al.*, 1992; BARTH e BOWMAN, 1994). Falhas no mecanismo de termorregulação testicular, levam a um aumento da porcentagem dos defeitos morfológicos (ARTEAGA *et al.*, 2005; WALTERS *et al.*, 2005; FERNANDES *et al.*, 2008; NEWTON *et al.*, 2009).

Morfologia da Cabeça e do Acrossoma

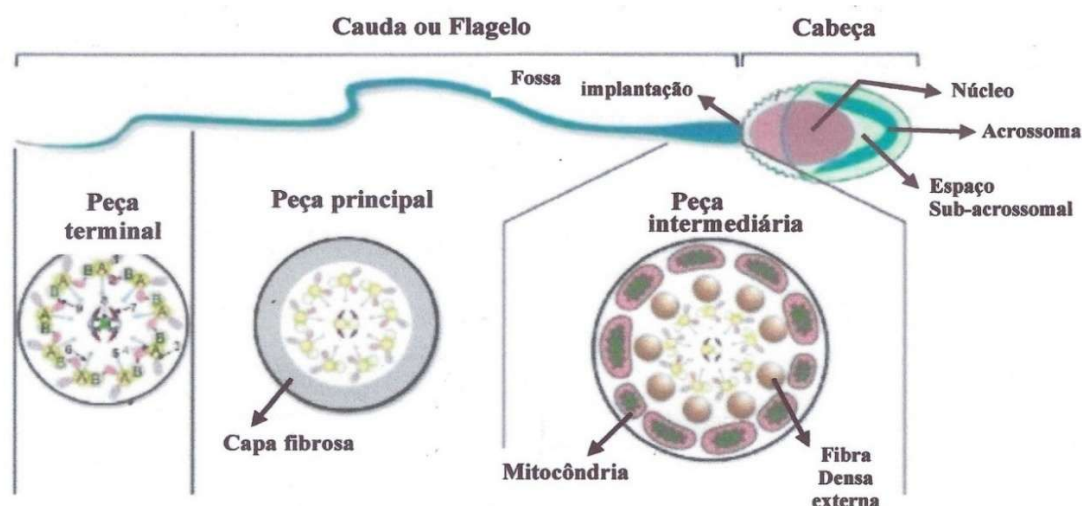
A cabeça espermática contém sua extremidade anterior recoberta pelo acrossoma (BRITO, 2007; MARTINS *et al.*, 2016). Nela, encontra-se o núcleo, achatado e oval, com a cromatina sexual condensada, o seu DNA (DOGAN *et al.*, 2013) e número elevado de células e marcadores apoptóticos em testículos de machos inférteis (AITKEN *et al.*, 2011).

O acrossoma está na extremidade anterior do núcleo, com dupla membrana e enzimas hidrolíticas (pró-acrosina, hialuronidase, esterases e hidrolases ácidas), importantes para a reação acrossomal. A membrana interna na região posterior da cabeça é estável, sendo coberta por tampa pós-nuclear, após a lise da zona pelúcida. A externa funde-se com o

plasmalema e induz a exocitose do material acrossomal (DESAI *et al.*, 2013; MARTINS *et al.*, 2016). A reação do acrossoma é uma das etapas para a fertilização (CARREIRA, 2008).

Morfologia da Peça Intermediária e do Flagelo

A PI é delgada, regular, com comprimento de 1,5 vezes o da cabeça e com menos de 1µm de largura (Fig. 02). Ela se encontra envolta por mitocôndrias, responsáveis por fornecer a energia necessária à motilidade espermática. O seu eixo principal está alinhado com o da cabeça do espermatozoide. O citoplasma residual é considerado uma anomalia, apenas quando em excesso (MARTINS *et al.*, 2016).

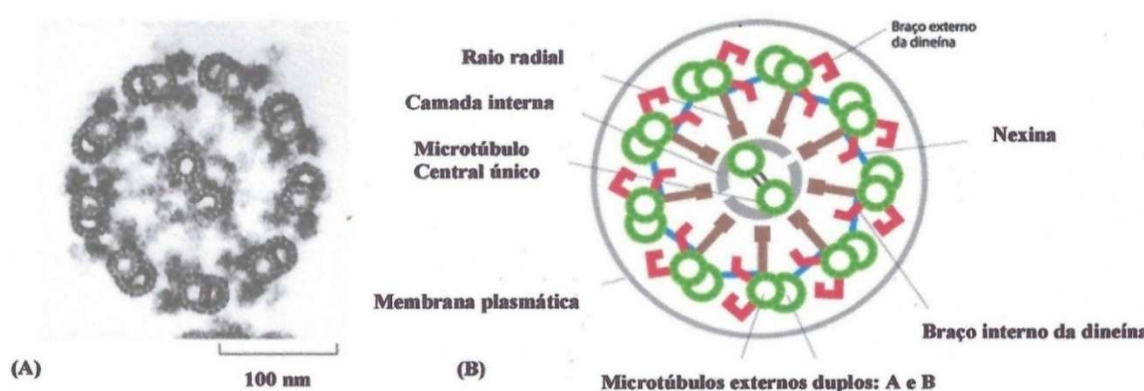


(Fonte: OLIVEIRA *et al.*, 2006)

Figura 02. Morfologia espermática em corte transversal da peça intermediária e do flagelo.

A parte central da PI se estende por todo o comprimento da cauda e forma o axonema (Fig 03), que tem nove duplas externas de microtúbulos ao redor de um par central, estando cercado pela hélice mitocondrial e por uma bainha fibrosa composta por duas colunas longitudinais e nervuras circunferenciais (BRITO, 2007; MARTINS *et al.*, 2016).

O colo é a porção de ligação da cabeça com a PI, que se localiza entre o colo e o annulus (MARTINS *et al.*, 2016). Durante a espermiogênese, as mitocôndrias migram para essa região e fornecem energia para o movimento espermático (GADELLA e LUNA, 2014).



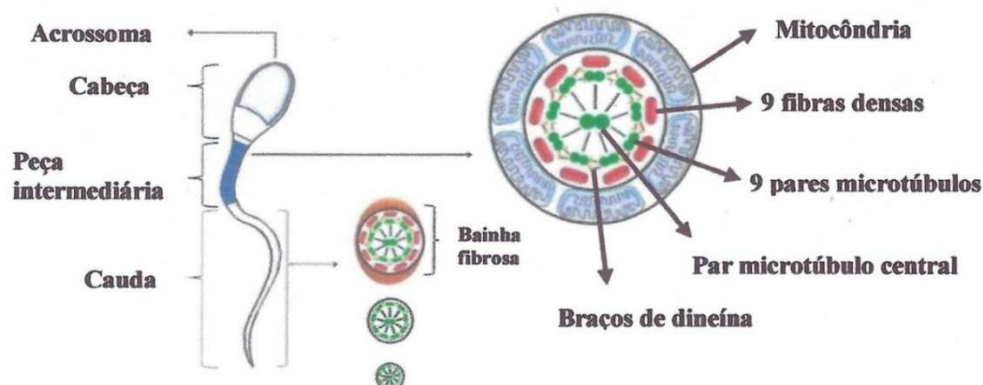
(Fonte: <https://embrionhands.uff.br/2013/08/01/axonema-e-dineinas/>)

Figura 03: Corte transversal do axonema em microscopia eletrônica e óptica.

Recebido: jul./2023.

Publicado: jun./2025.

A bainha mitocondrial se organiza helicoidalmente na PI, sendo relativamente curta (Fig. 04) e com um núcleo axial, que vai até o final da cauda, composto por dois cilindros centrais e cercado por um anel de nove filamentos duplos. O anel externo compreende nove folhas grosseiras (DESAI *et al.*, 2013).

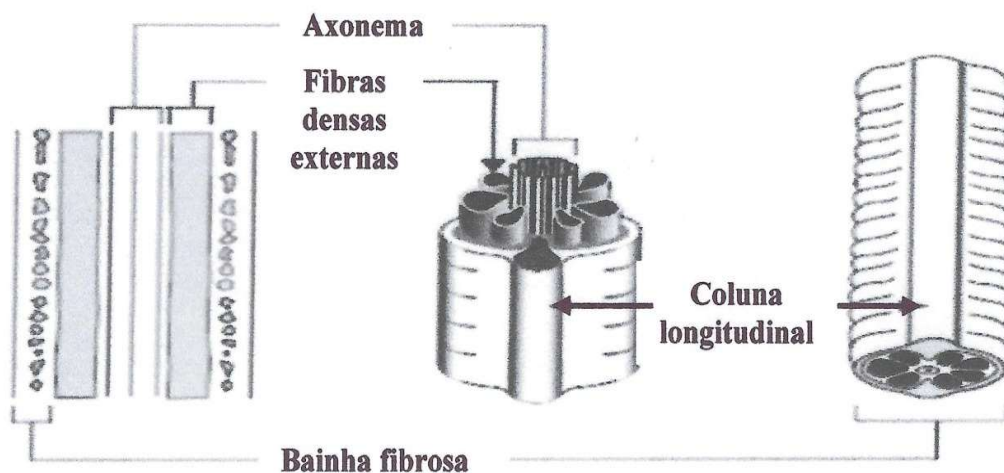


(Fonte: ARAÚJO *et al.*, 2017)

Figura 04: Bainha mitocondrial na peça intermediária do espermatozoide.

A PP é a parte mais longa, com nove fios do anel externo que diminuem de espessura e desaparecem, deixando os fios internos no núcleo axial na maior parte do seu comprimento. Os fios da PP são envoltos por bainha fibrosa, que são ramificações e se ligam a fios semicirculares fixos por duas faixas que correm ao longo de lados opostos da cauda, longitudinalmente. A cauda se forma pela diferenciação dos centríolos, tem 40 a 50µm de comprimento, move o espermatozoide por ondas como chicotadas (DESAI *et al.*, 2013).

A cauda é uniforme (PP e PF) e um pouco mais fina que a PI. A PP da cauda continua posteriormente ao annulus e se estende até a parte terminal, sendo composta centralmente pelo axonema, rodeado fibras densas externas (proteínas) e pela bainha fibrosa (Fig 05) (GAFFNEY *et al.*, 2011). A cauda termina na PF, posterior à PP, com um comprimento de 4 a 10µm, diâmetro inferior de 1µm e contém o axonema recoberto pela membrana plasmática. O pequeno diâmetro é devido à ausência da bainha fibrosa externa e uma perda distal dos microtúbulos (DESAI *et al.*, 2013).



(Fonte: TOBÓN *et al.*, 2018)

Figura 05: Estrutura morfológica da peça principal do flagelo, mostrando o axonema, a bainha mitocondrial, as fibras densas externas e a bainha fibrosa.

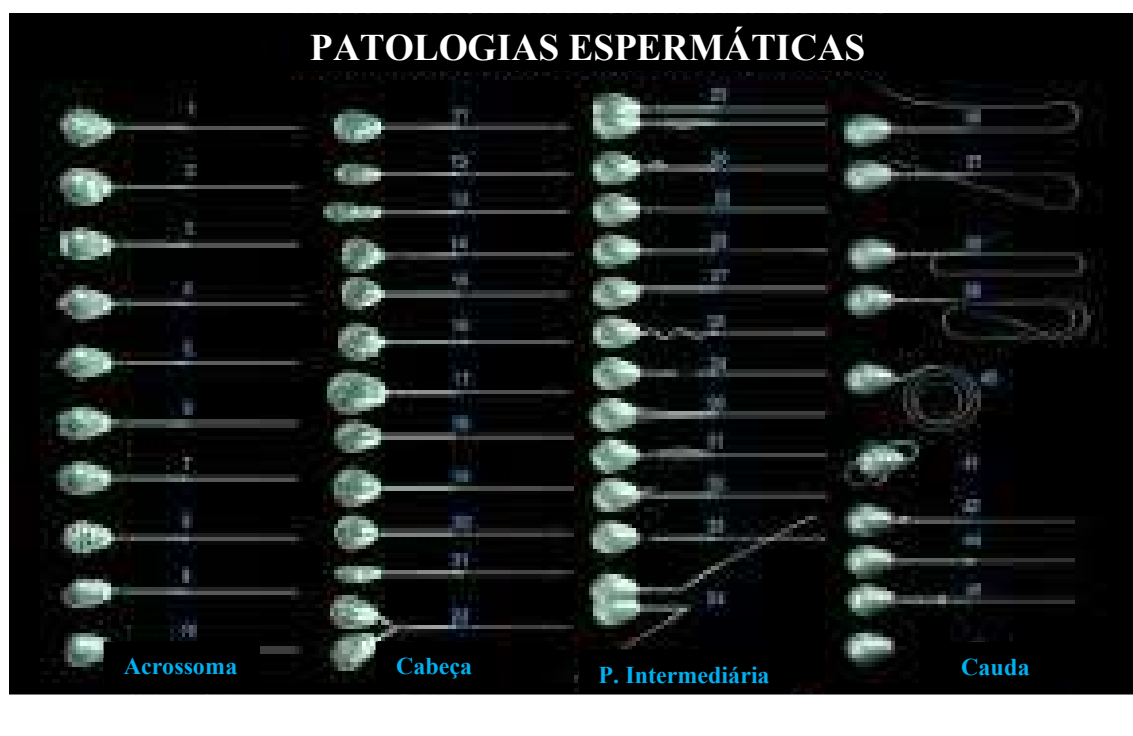
Recebido: jul./2023.

Publicado: jun./2025.

CLASSIFICAÇÃO DOS DEFEITOS MORFOLÓGICOS ESPERMÁTICOS

A partir dos primeiros estudos da classificação das alterações morfológicas espermáticas em bovinos (LAGERLOF, 1934; BLOM, 1973; RAO *et al.*, 1980), vários foram os trabalhos que demonstraram a importância da avaliação das patologias e sua relação com a fertilidade (SALISBURY *et al.*, 1978; ROBERTS, 1986). Os defeitos espermáticos têm origem genética ou ambiental, se formam na espermatogênese ou durante a maturação espermática no epidídimo. O significado dos defeitos espermáticos e sua importância, estão ligados a possibilidade de predição da capacidade de fertilização do sêmen (UFRGS, 2024).

Na disfunção do epidídimo observa-se o seguinte padrão de defeitos espermáticos: 1) Disfunção da cabeça: no ejaculado alta prevalência de gotas citoplasmáticas proximais e/ou com fratura da PI; 2) Disfunção da cauda: alta prevalência de espermatozoides com caudas dobradas e gotas citoplasmáticas distais (VALE FILHO *et al.*, 2010). Através da sistematização dos defeitos morfológicos, eles foram classificados de acordo com o local afetado (cabeça, PI, cauda) (Fig. 06), com origem extra ou intra testicular ou pelo impacto sobre a fertilidade, visando uma boa interpretação do quadro clínico andrológico (FRENEAU, 2011).



(Fonte: FRENEAU, 2011)

Figura 06: Principais defeitos morfológicos presentes no espermatozoide do touro.

Obs.: Acrossoma = 1. Afrouxado, 2. Inchado, 3. Dobrado, 4-7. Knobbled, 8. Enrugado, 9-10. Incompleto; Cabeça = 11. Normal, 12. Delgada, 13. Alongada, 14-15. Delgada na base, 16. Piriforme, 17 e 19. Grande, 18. Pequena normal, 20. Arredondada, 21. Pequena patológica, 22. Duplas; Peca Intermediária = 23 Grossa, 24. Pseudogota, 25. Filiforme, 26. Mordida, 27. Implantação abaxial, 28. Saca-rolha, 29 e 33. Aplasia segmentar, 30. Dupla, 31. Dividida, 32. Desdobrada, 34. Quebradas, 35. Dobrada na cabeça; Cauda = 36-37. Dobrada, 38. Enrolada, 39-40. Fortemente enrolada/dobrada, 41. Enrolada na cabeça, 42. Gota proximal, 44-45. Gota distal, 46. Isolada normal ou decapitada.

Nos primeiros trabalhos, Lagerlöf (1934) desenvolveu um sistema de classificação dos defeitos morfológicos, de acordo com sua origem: Primários, são anomalias intra gonadais, originadas na espermatogênese; Secundários, se originam após a espermição nas vias intra e extra testiculares, passagem pelo epidídimo, durante o armazenamento e ejaculação; Terciários, de origem exógena, pela manipulação do sêmen após a sua coleta. Essa classificação é limitante, já que os defeitos primários não são obrigatoriamente mais prejudiciais do que os secundários, com relação a fertilização (BRITO, 2007). Blom (1950), com essa classificação, dividiu as patologias por origem (Quadro 01).

Quadro 01: Classificação das anomalias espermáticas em primárias e secundárias.

ANOMALIAS PRIMÁRIAS	ANOMALIAS SECUNDÁRIAS
CABEÇA	
Piriforme, em raquete, estreita Pequena, grande, curta e grossa	Cabeça normal solta, acrossoma destacado Gota citoplasmática solta e distal Cauda dobrada (bent tail)
FORMAS ABORTIVAS	(Fonte: BLOM, 1950)
Cabeça normal c/cauda muito enrolada Formas duplas Inserção abaxial Defeitos da peça intermediária	

Um outro sistema para a análise morfológica, classifica os defeitos espermáticos, pela posição anatômica e/ou o grau de impacto sobre a fertilidade, em defeitos maiores e menores (Quadro 02) (BLOM, 1973).

Quadro 02: Classificação das anomalias espermáticas em defeitos maiores e menores.

DEFEITOS MAIORES (DMa)	DEFEITOS MENORES (DMe)
Célula subdesenvolvida ou dupla	Acrossomos destacados (Tinta da China)
Diadem defect ou Pouch formation (vacúolos na cabeça, nucleares)	
Acrossoma c/ grânulo (Knobbed Sperm)	
Espermatozoide decaptado e isolada patológica	
CABEÇA	
Piriforme e Estreita na base Contorno anormal e isolada patológica Pequena ou Solta anormal	Estreitas ou curta, Gota Citoplasmatica distal. Gigante ou Pequenas normais Larga, Solta normal
PEÇA INTERMEDIÁRIA	
Em saca rolha (Corkscrew defect.) Implantação abaxial, retroaxial e oblíqua Gota citoplasmática proximal, Pseudogota Desnuda, fraturada, edemaciada, rudimentar	Implantação defeituosa: Abaxial, retro axial, oblíqua Dobrada ou enrolada Gota citoplasmática distal
CAUDA	
Fortemente dobrada/enrolada (Dag defect) Enrolada na cabeça	Simplesmente dobrada ou enrolada Enrolada na porção terminal
Outros: Medusas, células espermiogênicas, gigantes e prepuciais, leucócitos, hemáceas.	

(Fonte: BLOM, 1973)

Os defeitos maiores se formam nas fases iniciais da espermatogênese, afetam fortemente a capacidade fecundante do espermatozoide e são qualquer anormalidade relacionada com infertilidade ou condição patológica do testículo. Os defeitos menores se formam ao final da espermatogênese ou pela manipulação do sêmen, causam pouco efeito sobre a capacidade fecundante, sendo menos prováveis de causarem infertilidade (AMARAL *et al.*, 2009; ARAÚJO e ARAÚJO, 2011).

As características das análises seminais para aprovação de ejaculados de touros é a seguinte (BRASIL, 2009):

Espermatozoides normais: $\geq 70\%$ de normais. Esta é a característica isolada é a que tem maior importância para a fertilidade reprodutor.

Defeitos maiores: tolerância máxima de até 20%. O rigor ou tolerância na interpretação dessa característica deve levar em consideração o quadro clínico e espermático do animal bem como a distribuição dos defeitos individuais;

Defeitos menores: tolerância máxima de até 30%, respeitado o limite de 70% de normais e inclusive a distribuição dos defeitos individuais;

Defeitos individuais: limites individuais para defeitos maiores sejam $\leq 5\%$ e para defeitos menores sejam $\leq 10\%$. A interpretação desses valores não é matemática e sim biológica. A elevação individual de defeitos espermáticos associados à origem genética, deve ser objeto de maior rigor aos valores sugeridos.

Uma nova classificação dos defeitos foi criada com base nas características espermáticas importantes para o processo de fertilização *in vivo*, já que eles podem diminuir a fertilidade de duas maneiras principais (SAACKE, 2008; SAACKE *et al.*, 2011):

Defeitos compensáveis: interferem desde o transporte e função espermática no genital feminino até a fertilização e o bloqueio da polispermia. O aumento do metabolismo pode impossibilitar o espermatozoide transpor as barreiras do genital feminino, devido a problemas de hidrodinâmica e dificuldade de motilidade/deslocamento. Ainda assim, existem diferenças de fertilidade entre reprodutores, em relação aos espermatozoides alcançarem o óvulo, as quais não podem ser explicadas pela viabilidade espermática convencional, pois precisam ser identificadas à nível funcional e/ou molecular, antes da classificação completa dos defeitos compensáveis.

Defeitos não compensáveis: são os que interferem fundamentalmente na manutenção da fertilização e início da embriogênese, sendo associado a erros na cromatina espermática. São mais frequentes em células com cabeças morfológicamente normais ou com pequenas modificações na forma. Isto foi demonstrado em vários estudos com espermatozoides acessórios e fertilização *in vitro*.

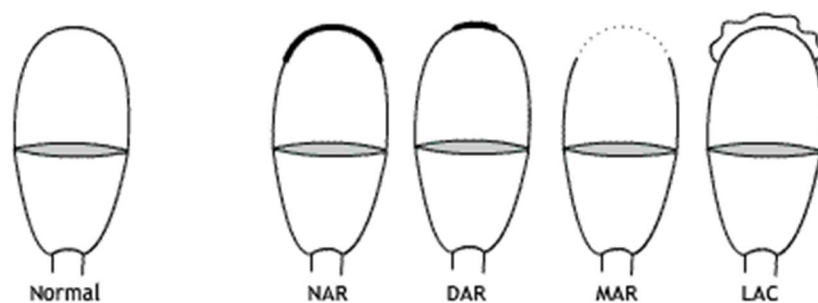
À medida que os espermatozoides se deslocam até a cauda do epidídimo, os defeitos maiores diminuem e os menores aumentam (REIS *et al.*, 2013). Os limites na avaliação morfológica são: 1) defeitos maiores, 5% (individuais) e 20% (totais); 2) defeitos menores, 10% (individuais) e 25% (totais). Considerando-se todos os defeitos, o limite total é de 30%. As medusas, células primordiais, células gigantes, leucócitos, hemácias ou células

epiteliais, devem ser consideradas na interpretação do exame (BARBOSA *et al.*, 2005).

PATOLOGIAS DO ACROSSOMA E CABEÇA

As alterações de acrossoma são patologias frequentes em touros (ADDAD *et al.*, 2009), são defeitos maiores (BLOM, 1973; BRITO, 2007) e são devidas ao envelhecimento, choque térmico ou manipulações inadequadas do sêmen (UFRGS, 2024).

A classificação de PURSEL *et al.* (1972) é bastante utilizada para o acrossoma (Fig. 07): NAR = normal (*normal apical ridge*); DAR = margem anterior irregular, origem primária (*defective apical ridge*); MAR = falta a estrutura semilunar da borda apical, origem primária ou terciária (*missing apical ridge*); LAC = perda do acrossomo com permanência do segmento equatorial origem primária ou terciária (*loose acrosomal cap*).



(Fonte: http://penta3.ufrgs.br/veterinaria/celula/1.5-def/def_acro.htm)

Figura 07: Principais anormalidades acrossomais pela classificação de Pursel *et al.* (1972).

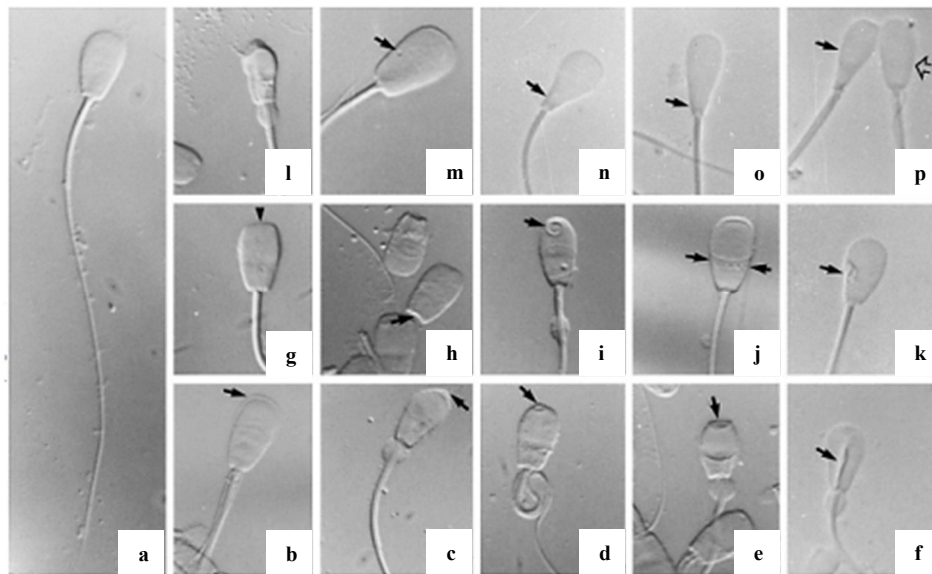
Acrossoma: contorno irregular, enrugado, inchado, desintegrado, destacado: são defeitos maiores que resultam em forte queda da fertilidade, pois impedem a ligação do espermatozoide a zona pelúcida. O enrugado (*Wrinkled acrossome*), reflete problema nuclear e é uma condição rara (THUNDATHIL *et al.*, 2000 e 2002). O destacamento ocorre devido à prolongada abstinência do reprodutor e provoca redução da fertilidade (UFRGS, 2024).

Grânulo persistente (Knobbed Sperm): É hereditário, ocorre na espermatogênese e pode levar à esterilidade. Aparece na crista apical da célula e é formado pelo excesso de matriz acrossomal (BRITO, 2007). Mostra área hipercromática ou de espessamento excêntrico, com vesículas no interior da matriz acrossomal (BARTH e OKO, 1989), detectado em bovinos, suínos, ovinos e caprinos. Alguns animais têm predisposição genética quando expostos a condições adversas: deficiências nutricionais, doenças sistêmicas, alterações na termorregulação (BRITO, 2007; SCHRAMME-JOSSEN e VOLKMANN, 2006; UFRGS, 2024). Ocorre também em casos de degeneração testicular (FRIEDMAN *et al.*, 1991).

As anormalidades morfológicas da cabeça podem variar desde defeitos evidentes até os mais sutis (BARTH e OKO, 1989) e podem ser reflexo de falhas na espermatogênese (TASDEMIR *et al.*, 1997). A maior parte delas se localizam onde estão o material genético, assim, estão ligadas a diferentes graus de disfunções da fertilidade (NIKOLETTOS *et al.*, 1999). Nem todas essas alterações têm a mesma importância (TASDEMIR *et al.*, 1997).

As patologias da cabeça espermática (Fig. 08) estão associadas a alterações

transitórias ou permanentes da espermiogênese, devido a lesões traumáticas testiculares, estresse calórico, excesso de proteína na ração (>15% de PB), doenças sistêmicas, uso prolongado de corticoides, hipoplasias graves e também de origem genética (CHENOWETH, 2005). Os defeitos de cabeça estão associados a problemas na condensação da cromatina, redução da fertilidade, temporária ou permanente e associação à uma baixa taxa de clivagem e menor desenvolvimento embrionário (AMARAL *et al.*, 2009).

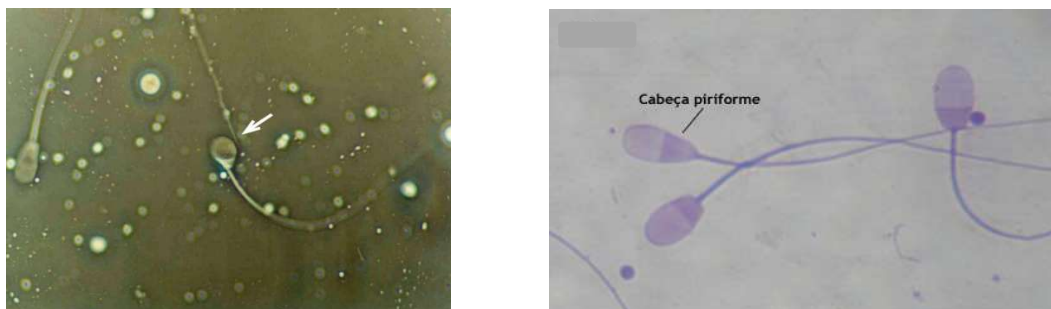


(Fonte: CHACÓN, 2001)

Figura 08: Diferentes defeitos da cabeça do espermatozoide.

Obs.: a) normal; b) defeitos acrossoma; c) defeito cabeça (Knobbed); d) Knobbed (seta) e diadema (pouch-formation) pólo equatorial; e) defeito acrossoma (seta), diadema no pólo equatorial e gota citoplasmática (GC); f) defeito cabeça (crista, seta) e GC; g) perda acrossoma; h) cabeça decaptada normal e anormal (seta); i) cratera região acrossomial (seta), diadema e GC; j) diadema (pouch-formation, seta); k) cratera pólo equatorial; l) cabeça pequena anormal com GC; m) depressão anterior ao pólo equatorial (diadema); n) cabeça piriforme; o) delgado na base; p) delgado na base (seta preta), cauda dobrada.

Cabeças Piriformes: Este é um defeito primário/maior, muito encontrado em todas as raças. A cabeça do espermatozoide afetado apresenta material nuclear mal distribuído, resultando em variações no tamanho nuclear em vários tipos e graus, com estreitamento pós-acrossomal de leve a grave (Fig. 09) ou assimetria de todo o núcleo (WENKOFF, 1988) e estão relacionados com infertilidade, associados a degeneração e hipoplasia testiculares.



(Fonte: Martins *et al.*, 2016)

Figura 09: Espermatozoide com cabeça piriforme (seta). (MO, 400x e azul de bromofenol, 1000x)

Recebido: jul./2023.

Publicado: jun./2025.

Cabeça estreita na base: O afilamento na base da cabeça, em diversos graus de severidade, é decorrente de alterações no formato do núcleo. Apresentam motilidade e acrossomo normal, podendo, em taxa mais baixa, fertilizar o oócito, entretanto, sem desenvolvimento embrionário devido as defeitos na cromatina (BARTH e OKO, 1989; BARTH *et al.*, 1992; GARCIA, 2004). Pode ser difícil diferenciar cabeças ligeiramente estreitas na base das normais, sendo um erro comum e grave, negligenciar as formas sutis de "base-estreita". Podem ter causa hereditária, ou junto com hipoplasia e degeneração testicular leves. O prognóstico é favorável apenas em casos de degeneração reversível (WENKOFF, 1988).

Espermatozoides com anormalidades na forma e tamanho da cabeça (Fig 10), podem ter boa motilidade, acrossomos intactos e serem capazes de fecundar, entretanto, ejaculados com altos percentuais de células piriformes, ou estreitas na base não fertilizam ou induzem a um desenvolvimento embrionário anormal (BLOM, 1973; AMARAL *et al.*, 2009; FRENEAU, 2011).



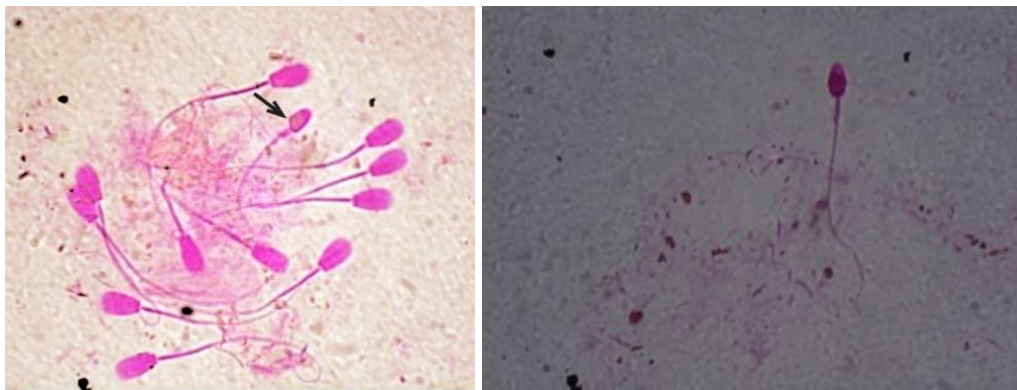
(Fonte: Martins *et al.*, 2016)

Figura 10: Espermatozoides macrocefálico (seta preta) e com peça intermediária dupla (seta branca). (MO contraste de fase, 1000x)

Cabeça delgada, curta e larga: Essas anormalidades morfológicas indicam que os núcleos de formato anormal não são capazes de iniciar nem mesmo a primeira clivagem embrionária (BARTH e OKO, 1989; AMARAL *et al.*, 2009; FRENEAU *et al.*, 2010).

Cabeça com contorno anormal: é uma alteração na cabeça espermática originária de falhas na espermatogênese. Ocorre em vários níveis, mas são encontradas em animais em processo de degeneração testicular, às vezes associados a outros defeitos maiores (GARCIA, 2004; AMARAL *et al.*, 2009; FRENEAU *et al.*, 2010).

Cabeças com Macro e Microcefalia: A macrocefalia é o aumento anormal da cabeça espermática devido a anomalias cromossômicas (GUICHAOUA *et al.*, 2009). O gene afetado, é responsável pela regulação meiótica, bloqueada por sua mutação levando à tetraploidia e ao aparecimento de múltiplas caudas (CHIANESE *et al.*, 2015). Cabeças microcefálicas são células atípicas, bem menores que o normal (Fig. 11) e indicativas de anormalidades na espermatogênese, podendo afetar a fertilidade (WENKOFF, 1988).



(Fonte: Martins *et al.*, 2016)

Figura 11: Espermatozoides microcéfálicos corados pelo rosa bengala. (MO campo claro, 400x)

Cabeça delgada, curta e larga: Essas anormalidades morfológicas indicam que os núcleos de formato anormal não são capazes de iniciar nem mesmo a primeira clivagem embrionária. Mais pesquisas nesta área são necessárias (BARTH e OKO, 1989; AMARAL *et al.*, 2009; FRENEAU *et al.*, 2010).

Cabeça com contorno anormal: é uma alteração na cabeça espermática originária de falhas na espermatogênese. Ocorre em vários níveis, mas são encontradas em animais em processo de degeneração testicular, às vezes associados a outros defeitos maiores (GARCIA, 2004; AMARAL *et al.*, 2009; FRENEAU *et al.*, 2010).

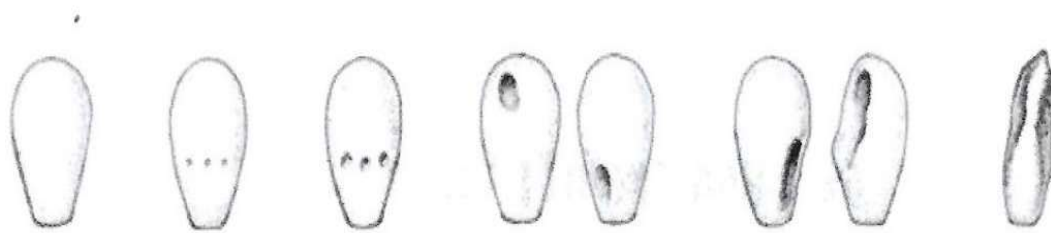
Cabeça com crateras e vacúolos (*Pouch formation*): São alterações vistas em bovinos, suínos, coelhos e eqüinos, como estruturas arredondadas e vesículas. Pela microscopia eletrônica, observa-se uma invaginação da membrana nuclear, semelhante a uma cratera, que se projeta ao nucleoplasma. Ocorrem na espermatogênese por: doenças virais, produtos tóxicos, stress, condições climáticas adversas (UFRGS, 2024).

Estão em qualquer parte do interior da cabeça, sendo mais comum na região equatorial, com vacúolos esféricos ou ovais (BANE e NICANDER, 1965; WENKOFF, 1988). Se apresentam também na região apical e em amostras com alto percentual, são vistos múltiplos vacúolos em todo o núcleo (BARTH e OKO, 1989). *Pouch formations* grandes ou múltiplas e que distorcem a forma da cabeça são raras, sendo mais comum as crateras pequenas na região pós-acrossomal (“diadema”) e com algum tipo de alteração no seu DNA (defeitos de cromatina) (SAACKE, 2008; FRENEAU, 2011). Para a sua visualização, é necessária uma imagem celular $\geq 1000\times$, em contraste de fase (BARTH e OKO, 1989). Uso de glicocorticoides podem aumentar a incidência do defeito (WENKOFF, 1988).

Diadem sperm defect: Formação de vesículas na região equatorial da cabeça do espermatozoide, com aspecto de diadema (Fig. 12). Ocorrem invaginações na membrana nuclear por rarefação da cromatina. Descrita em bovinos e suínos com degeneração testicular (SAACKE, 2008; FRENEAU, 2011; CBRA, 2013) e no Brasil foi diagnosticada na raça Nelore (VALE FILHO *et al.*, 1974). Esse defeito pode estar presente em grande número em um ejaculado e desaparecer nos subsequentes (WENKOFF, 1988).

Recebido: jul./2023.

Publicado: jun./2025.



(Fonte: FRENEAU, 2011)

Figura 12: Células apresentando o diadema com efeito leve e as crateras com deformação da morfologia normal da cabeça do espermatozoide.

SME defect: Anormalidade na cabeça espermática e região acrossomal, como um corpo hipocromático, arredondado ou circular, com 2µm de diâmetro e associado a fertilidade reduzida. A microscopia eletrônica mostra um cisto com uma inclusão de tamanho variável e densidade eletrônica média, normalmente localizado no núcleo ou em comunicação direta com o acrossoma. Espermátides anormais podem apresentar invaginação profunda do grânulo acrossomal no núcleo (BLOM e BIRCH-ANDERSEN, 1975; WALTERS *et al.*, 2005).

Cabeça isolada: devido a uma fragilidade da ligação da PI, aparece em célula com contorno anormal e se solta com a motilidade (BARTH e OKO, 1989). A cabeça isolada patológica é um defeito primário maior, devido a anomalias na placa basal da fossa de implantação (de origem nuclear) e são normalmente piriformes ou delgadas na base (WENKOFF, 1988). Quando a lâmina basal não se forma completamente, o defeito causa instabilidade grave no local da implantação. Seu aparecimento coincide com o período do início da motilidade das células, associado à migração da gota citoplasmática do colo para a extremidade distal da PI (BLOM e BIRCH-ANDERSEN, 1965 e 1970; BLOM 1977; BARTH e OKO, 1989).

PATOLOGIAS DO COLO, PEÇA INTERMEDIÁRIA E CAUDA

Segundo Blom (1973), as patologias do colo são defeitos maiores e menores, relacionadas com a degeneração testicular. Os defeitos maiores são: gota citoplasmática proximal, edema, pseudogota, PI rudimentar, cauda fortemente dobrada. Os defeitos menores são: os defeitos de implantação, cauda dobrada, cauda enrolada na porção terminal (FRENEAU, 2011; CBRA, 2013). As alterações da cauda ocorrem durante o trânsito espermático através do epididimo (ARRUDA *et al.*, 2015).

Corkscrew defect: a PI parece um saca rolhas devido à distribuição irregular das mitocôndrias ao longo da sua bainha. Aparece em animais idosos, sendo um defeito maior, vem junto com outras anormalidades e está associado a motilidade e fertilidade reduzidas. Sua presença foi associada a uma degeneração testicular progressiva. As células afetadas estão sempre mortas e muitas vezes têm gota proximal, pois a disposição anormal das

mitocôndrias impede sua liberação (BLOM, 1966 e 1978). As anomalias de PI geralmente afetam em graus diferentes a fertilidade (JOHNSON, 1997; ROCHA *et al.*, 2006).

Edema, fibrilação e fraturas: Essas alterações da PI são defeitos maiores (BARTH e OKO, 1989) devido a perda e/ou desorganização dos feixes de fibras internas e mitocôndrias (AMARAL *et al.*, 2009). O edema é causado por uma desarrumação na disposição das mitocôndrias e a fibrilação pode ser vista como se a PI tivesse sido cortada em vários filamentos. A fratura pode ser parcial ou total e interfere na motilidade espermática (BLOM, 1973; VALE FILHO *et al.*, 1977; ROCHA *et al.*, 2006). Ejaculados com essas anormalidades, apresentam baixa motilidade e os defeitos se formam na espermiogênese (AMARAL *et al.*, 2009). Todas as alterações da PI interferem na produção de energia, necessária para que ocorra o batimento flagelar (CELEGHINI *et al.*, 2007).

Stump sperm defect: é a fragmentação e desorganização da PI, que se apresenta curta, como uma estrutura arredondada e sem a cauda, apresentando um caráter genético. Normalmente está associado com diversos outros tipos de alterações na PI (VALE FILHO *et al.*, 1977).

Gota citoplasmática proximal e distal: é um acúmulo indesejado de citoplasma aderido ao espermatozoide (HERMO *et al.*, 1994). A gota proximal pode estar presente sempre abaixo de 3% das amostras. Alto número desses defeitos pode indicar falha na espermatogênese, disfunção epididimária, degeneração ou hipoplasia testiculares (AMANN *et al.*, 2000; AMARAL *et al.*, 2009). Nos casos de imaturidade sexual, a presença de gota proximal é transitória e desaparece quando da maturidade, mas se permanecer, pode indicar uma disfunção do epidídimo, sendo observadas nas degenerações testiculares. Na hipoplasia testicular, elas são persistentes. É um defeito maior (BLOM, 1973).

A gota citoplasmática distal se forma ao final da maturação espermática na cauda do epidídimo, sendo liberadas na ejaculação (VALE FILHO *et al.*, 2010). A sua presença está relacionada à disfunção epididimária com redução de fertilidade, mas também ocorre em amostras normais. É um defeito considerado menor (BLOM, 1973).

Pseudogota: é uma anormalidade rara, sendo uma protuberância caracterizada por um espessamento arredondado ou alongado na PI, que contém grânulos densos envoltos por camadas de mitocôndrias (BLOM, 1973). Pode estar associada a uma dobra ou “fratura” no local, formando um relevo na bainha mitocondrial semelhante à gota citoplasmática, porém mais denso, de forma irregular como uma proeminência unilateral. Pode apresentar vacúolos e grânulos densos encobertos por mitocôndrias, na área espessada. É um defeito maior, caráter genético e leva à esterilidade (VALE FILHO *et al.*, 1977; ROCHA *et al.*, 2006).

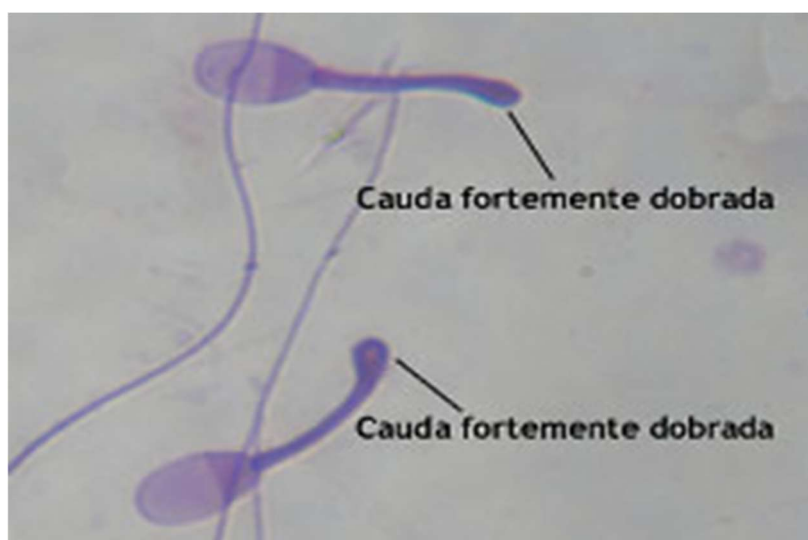
Implantação Abaxial, retroaxial e oblíqua: falhas devido a uma implantação oblíqua da PI, causada por uma alteração na goteira de implantação, que se apresenta rasa, estreita e assimétrica. Em grande percentagem, pode afetar a fertilidade. Em eqüinos, a abaxial, é considerada normal (PLESSIS e SOLEY, 2012).

Cauda dobrada ou Bent tail: É causada pela redução brusca da temperatura ou choque térmico. Se associada a outras patologias, como cauda fortemente dobrada e pode indicar um quadro de disfunção epididimária (BLOM, 1973). A cauda dobrada está ligada ao período de

maturação espermática e é causada por estresse, choque térmico, degeneração testicular e imaturidade sexual (ARRIOLA *et al.*, 1985). É comum que a gota distal fique retida no ângulo formado pela dobra da cauda. E é um defeito considerado maior (BLOM, 1973).

Cauda levemente enrolada/dobrada (final): Trata-se de um defeito menor localizado na porção final da extremidade da cauda (BLOM, 1973). São defeitos que aparecem após a ejaculação ou durante o transporte do sêmen (MCKINNON *et al.*, 2011; RUA, 2016).

Cauda fortemente dobrada/enrolada ou Dag defect: Defeito identificado por Blom (1966) em um touro Jersey, chamado “Dag”. É um defeito maior (BLOM, 1973) de caráter hereditário, apresenta um forte enrolamento ou dobramento da peça intermediária e da cauda espermática, com ruptura de fibrilas e “fratura” do axonema (Fig. 13). Ocorre durante o trajeto epididimário, estando associado a altos teores de zinco no plasma seminal. Em suínos, pode ser ocasionado por alterações nas estruturas do flagelo e em touros Hereford devido a degeneração testicular em casos de estresse térmico no verão (BLOM, 1966).



(Fonte: CBRA, 2013)

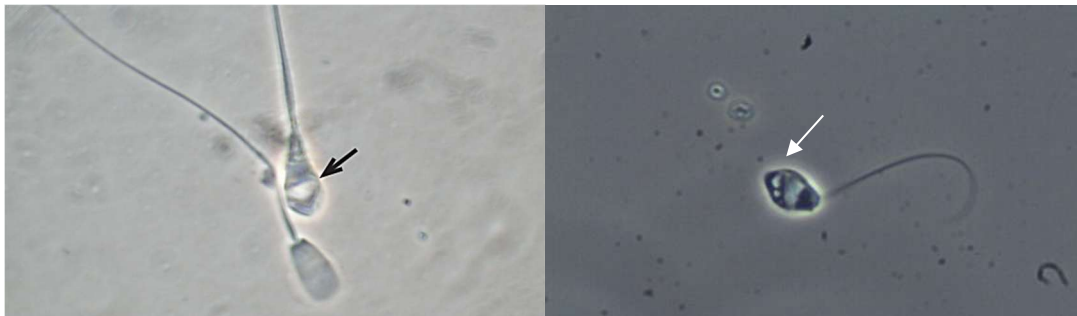
Figura 13: Espermatozoides com cauda dobrada. (MO, 1000x)

Cauda Enrolada na cabeça: é uma patologia que ocorre após a formação do espermatozoide, no epidídimo, em condições osmóticas diferentes daquelas dos túbulos seminíferos, ocorre o choque osmótico, devido a alterações da osmolaridade normal do fluido epididimário, causando o enrolamento a cauda sobre a cabeça. Esta célula não apresenta motilidade, sendo incompatível com a fertilização (CUPPS e BRIGGS, 1965; JOSEPH *et al.*, 2010).

OUTRAS PATOLOGIAS ESPERMÁTICAS

Existem também as “Teratologias Espermáticas” (Fig. 14), consideradas por Blom (1973) como defeito maior. São patologias que surgem durante a espermatogênese e que podem afetar a fertilidade dos animais de forma severa em grande número (KOPP *et al.*, 2007). A ocorrência dessas células deve ser expressa como rara, frequente e muito frequente,

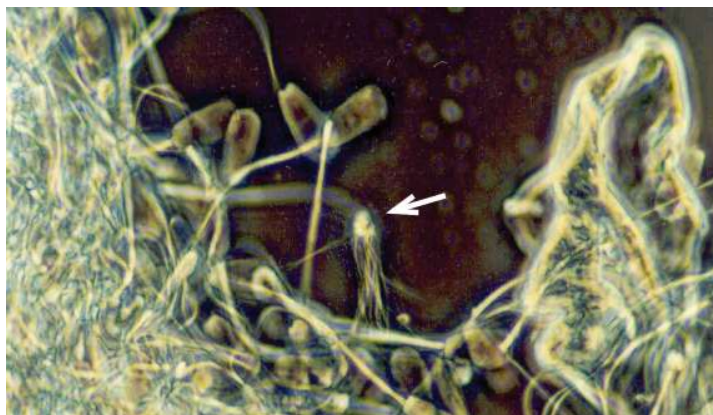
ou ainda, baixa ocorrência (+), média ocorrência (++) e alta ocorrência (+++) (ARRUDA *et al.*, 2015), sendo os seguintes tipos:



(Fonte: Martins *et al.*, 2016)

Figura 14: Espermatozoides com forma teratológica (setas). (MO contraste de fase, 400x).

Células tipo Medusa: São formações (Fig. 15) raras, se originam a partir de degenerações e hipoplasias testiculares graves. Surgem quando um núcleo de uma célula espermatogênica se desprende do epitélio dos túbulos seminíferos e atrai sobre si os cílios perdidos pelas células ciliadas locais, durante a sua passagem pelos ductos eferentes (CBRA, 2013).



(Fonte: Martins *et al.*, 2016)

Figura 15: Forma teratológica de medusa (seta). (MO contraste de fase, 1000x)

Células primordiais: Células da linhagem espermatogênica que se desprenderam do epitélio germinativo, normalmente durante as degenerações testiculares graves.

Células gigantes: Na degeneração ou hipoplasia, células germinativas com distúrbios na sua divisão, com condensação do material genético e formação de núcleos picnóticos formando sincícios denominados células gigantes. Podem ser a união de várias células primordiais e restos de citoplasmas que se unem e dão origem a uma estrutura esférica maior.

Leucócitos e hemácias: são observados nos processos inflamatórios do aparelho genito-urinário e as hemácias revelam lesão em alguma parte do aparelho genital.

Células epiteliais: pelo processo de descamação dos ductos genitais, principalmente em animais com longo repouso sexual e sua presença não tem significado patológico.

Formas Iatrogênicas: são os artefatos da técnica pós-ejaculação: cauda dobrada, cabeças destacadas, edema de acrossoma, ruptura de colo, PI ou cauda. As caudas dobradas/enrolada, podem ocorrer devido a choque térmico, mas quando se usa a técnica do esfregaço corado, não se considera esta alteração (VALE FILHO *et al.*, 2010). As cabeças destacadas, ocorre por manipulações bruscas. Quando as células são expostas a um meio hipotônico ou ao frio, após a ejaculação ou descongelação, haverá dobras nas caudas (LAGERLÖF, 1936).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É de grande importância a avaliação rotineira da morfologia e das patologias espermáticas, utilizando os diferentes sistemas de classificação, pela sua relação com a fertilidade de um reprodutor. A avaliação sistemática dos defeitos morfológicos do sêmen permite um melhor diagnóstico e prognóstico da capacidade de fertilização do ejaculado e seleção de machos aptos à reprodução.

REFERÊNCIAS

- ABOU-HAILA, A.; TULSIANI, D.R.P. Mammalian sperm acrosome: Formation, contents, and function. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.379, n.2, p.173–182, 2000.
- ADDAD, R.O.; FRENEAU, G.E.; RESENDE, L.C.; SILVA, L.M. Avaliação Clínico-Andrológica em touros Nelore e testes de viabilidade espermática, integridade de acrossoma e fragmentação de cromatina ao longo de três estações reprodutivas. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.4, p.1044-1054, 2009.
- AITKEN, R.J.; FINDLAY, J.K.; HUTT, K.J.; KERR, J.B. Apoptosis in the germ line. **Reproduction**, v.141, p.139-150, 2011.
- ALMEIDA, J.; MARQUES JUNIOR, A..PP.; RESENDE, O.A. Sêmen refrigerado – estado da arte em diferentes espécies. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.47, n.1, p.3-21, 2023.
- AMANN, R.P.; SEIDEL, G.E.; MORTIMER, R.G. Fertilizing potential in vitro of semen from young beef bulls containing a high or low percentage of sperm with a proximal droplet. **Teriogenology**, v.54, p.1499-1515, 2000.
- AMARAL, T.B.; SERENO, J.R.B.; PELLEGRIN, A.O. **Fertilidade, funcionalidade e genética de touros zebuínos: dados eletrônicos**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal; Campo Grande/MS: Embrapa Gado de Corte; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 216p.
- ARAÚJO, A.M.S.; ARAÚJO, S.A.C. Patologias espermáticas mais comuns em garanhões da raça Pônei Brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.229, p.145-148, 2011.
- ARAUJO, E.A.B.; SILVA, L.B.M.C.; OLIVEIRA, S.N.; DALANEZI, F.M.; ANDRADE JUNIOR, L.R.P.; SOUZA, F.F.; DELL'AQUA JUNIOR, J.S.; PAPA, F.O. Ação das espécies reativas de oxigênio nos espermatozoides. **Veterinária e Zootecnia**, v.24, n.1, p.70-83, 2017.

ARRIOLA, R.P.; JOHNSON, L.; KAPROTH, M.; FOOTEI, R.H. A specific oligoteratozoospermia in a bull: the sperm tail stump defect. **Theriogenology**, v.23, p.899-913, 1985.

ARRUDA, R.P.; CELEGHINI, E.C.C.; GARCIA, A.R.; SANTOS, G.C.; LEITE, T.G.; OLIVEIRA, L.Z.; LANÇONI, R.; RODRIGUES, M.P. Morfologia espermática de touros: interpretação e impacto na fertilidade. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.39, n.1, p.47-60, 2015.

ARTEAGA, A.A.; BARTH, A.D.; BRITO, L.F. Relationship between semen quality and pixel-intensity of testicular ultrasonograms after scrotal insulation in beef bulls. **Theriogenology**, v.64, p.408-415, 2005.

BANE, A.; NICANDER, L. Pouch formations by invaginations of the nuclear envelope of bovine and porcine sperm as a sign of disturbed spermiogenesis. **Nordisk Veterinaer Medicin**, v.17, p.628-632, 1965.

BARBOSA, R.T.; MACHADO, R.; BERGAMASCHI, M.A.C.M. A importância do exame andrológico em bovinos. **Circular Técnica EMBRAPA**, n.41, p.1-13, 2005.

BARTH, A.D.; BOWMAN, P.A. The sequential appearance of sperm abnormalities after scrotal insulation or dexamethasone treatment in bulls. **Canadian Veterinary Journal**, v.35, p.93-102, 1994.

BARTH, A.D.; OKO, R.J. **Abnormal Morphology of Bovine Spermatozoa**. 1. ed., Iowa State University press/Ames, USA, 1989.

BARTH, A.D.; BOWMAN, P.A., BO, G.A., MAPLETOFT, R.J. Effect of narrow sperm head shape on fertility in cattle. **Canadian Veterinary Journal**, v.33, n.1, p.31-39, 1992.

BARUSELLI, P.S.; MARQUES, M.O.; BORGES, A.; PENTEADO, L. **Impactos econômicos do uso de tecnologia reprodutiva na fazenda**. In: Encontro dos Encontros da Scot Consultoria, 4, 2017. Anais ... Ribeirão Preto: Suprema Gráfica e Editora, 2017.

BARUSELLI, P.S.; FERREIRA, R.M.; SÁ FILHO, M.F., BÓ, G.A. Revisão: Uso de inseminação artificial versus serviço natural em rebanhos bovinos. **Animal**, v.12, p.45-52, 2018.

BLOM, E. Interpretation of spermatocytology in bulls. **Fertility and Sterility**, Birmingham, v.1, p.223-238, 1950.

BLOM, E. A new sterilizing and hereditary defect (the 'Dag defect') located in the bull sperm tail. **Nature**, v.209, p.739-740, 1966.

BLOM, E. The ultrastructure of some characteristic sperm defects and a proposal for a new classification of the bull spermogram. **Nordisk Veterinaer Medicin**, v.25, n.7, p.383-339, 1973.

BLOM, E. A decapitated sperm defect in two sterile hereford bulls. **Nordisk Veterinaermedicin**, v.29, p.119-123, 1977.

BLOM, E. **The corkscrew sperm defect in Danish bulls-a possible indicator of nuclear fallout?** 1978. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/625447/>. Acesso em: 29 jun. 2022.

BLOM, E.; BIRCH-ANDERSEN, A. The ultrastructure of the bull sperm. II. The sperm head. **Nordisk Veterinær Medicin**, v.17, n.1, p.193-212, 1965.

BLOM, E.; BIRCH-ANDERSEN, A. Ultrastructure of the decapitated sperm defect in Guernsey bulls. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.23, p.67-72, 1970.

BLOM, E.; BIRCH-ANDERSEN, A. L'ultrastructure d'un défaut caractéristique de la tête des spermatozoïdes chez le verrat: l'anomalie "SME", **Andrologia**, 1975. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.1975.tb00927.x>

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento. Portaria nº 109, de 25 de maio de 2009. Institui Grupo de Trabalho no âmbito do Departamento de Fiscalização de Insumos Pecuários - DFIP/SDA, com a finalidade de atualizar o **Manual de Procedimentos para Exame Andrológico e Avaliação de Sêmen Animal**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 maio 2009. Seção 1, p.5.

BRITO, L.F.C. Evaluation of stallion sperm morphology. **Clinical Techniques in Equine Practice**, v.6, n.4, p.249-264, 2007.

CARREIRA, J.T. **Avaliação da integridade do acrossoma, membrana citoplasmática, potencial mitocondrial, cromática e produção de embriões *in vitro* de sêmen bovino com altos índices de gota citoplasmática proximal**, 2008. 56p. (Dissertação de Mestrado em Reprodução Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP), 2008.

CBRA. Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. **Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal**, 3. ed., Belo Horizonte: CBRA, 2013.

CELEGHINI, E.C.C.; ARRUDA, R.P.; ANDRADE, A.F.C.; NASCIMENTO, J.; RAPHAEL, C.F. Practical techniques for bovine sperm simultaneous fluorimetric assessment of plasma, acrosomal and mitochondrial membranes. **Reproduction in Domestic Animals**, v.42, p.479-488, 2007.

CHACÓN, J. Assessment of sperm morphology in zebu bulls, under field conditions in the tropics. **Reproduction in Domestic Animals**, Berlin, v.36, n.2, p.91-99, 2001.

CHENOWETH, P.J. Genetic sperm defects. **Theriogenology**, v.64, n.3, p.457-468, 2005.

CHIANESE, C.; FINO, M.G.; RIERA ESCAMILLA, A.; LÓPEZ RODRIGO, O.; GUARDUCCI, S.E.; DAGUIN, F.; MURATORI, M.; TAMBURRINO, L.; LO GIACCO, D.; ARS, E.; BASSAS, L.; COSTA, M.; PISATAURO, V.; NOCI, I.; COCCIA, E.; PROVENZANO, A.; RUIZ-CASTAÑÉ, E. Comprehensive investigation in patients affected by sperm macrocephaly and globozoospermia. **Andrology**, v.3, n.2, p.203-212, 2015.

CUPPS, P.T.; BRIGGS, J.R. Changes in the epididymis associated with morphological changes in the spermatozoa. **Journal of Dairy Science**, v.48, n.9, p.1241-1244, 1965.

DESAI, N.; AGARWAL, A.; SHARMA, R.K. **Female and male gametogenesis**, 2013. Disponível em: <file:///d:/area%20de%20trabalho/livro/nova%20bibliografia/Female%20and%20male%20gametogenesis.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2024.

DIAS, J.C.; ANDRADE, V.J.; MARTINS, J.A.M.; EMERICK, L.L.; VALE FILHO, V.R. Correlações genéticas e fenotípicas entre características reprodutivas e produtivas de touros da raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.53-59, 2008.

DOGAN, S.; MASON, M.C.; GOVINDARAJU, A.; BELSER, L.; KAYA, A.; STOKES, J.; ROWE, D.; MEMILI, E. Interrelationships between apoptosis and fertility in bull sperm. **Journal of Reproduction and Development**, v.59, p.18-26, 2013.

FERNANDES, C.E.; DODE, M.A.; PEREIRA, D.; SILVA, A.E. Effects of scrotal insulation in Nelore bulls (*Bos taurus indicus*) on seminal quality and its relationship with in vitro fertilizing ability. **Theriogenology**, v.70, p.1560-1568, 2008.

FREITAS-DELL'AQUA, C.P.; CRESPILO, A.M.; PAPA, F.O.; DELL'AQUA JUNIOR, J.A. Metodologia de avaliação laboratorial do sêmen congelado bovino. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.33, n.4, p.213-222, 2009.

FRENEAU, G.E. Aspectos da morfologia espermática em touros. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.35, n.2, p.160-170, 2011.

FRENEAU, G.E.; CHENOWETH, P.J.; ELLIS, R.; RUPP, G. Sperm morphology of beef bulls evaluated by two different methods. **Animal Reproduction Science**, v.118, p.176-181, 2010.

FRIEDMAN, R.; SCOTT, M.; HEATH, S.E. The effects of increased testicular temperature on spermatogenesis in the stallion. **Journal of Reproduction and Fertility**, suppl. 44, p.127-13, 1991.

GADELLA, B.M.; LUNA, C. Cell biology and functional dynamics of the mammalian sperm surface. **Theriogenology**, v.81, n.1, p.74-84, 2014

GAFFNEY, E.; GADÊLHA, H.; SMITH, D.; BLAKE, J.; KIRKMAN-BROWN, J.C. Mammalian sperm motility: observation and theory. **Annual Review of Fluid Mechanics**, v.43, p.501-528, 2011.

GARCIA, A.R. **Efeitos do estresse térmico testicular e do uso da somatotropina recombinante bovina nas características seminais, integridade de membranas, função mitocondrial e estrutura da cromatina de espermatozoides de touros Simental (*Bos taurus taurus*)**, 2004. 258p. (Tese de Doutorado em Reprodução Animal). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga/SP, 2004.

GUICHAOUA, M.R.; GEOFFROY-SIRAUDIN, C.; LACROIX, O.; MERCIER, G. Macrocephalic spermatozoa. What would be the impact on reproduction? **Gynecology, Obstetric and Fertility**, v.37, n.9, p.703-711, 2009.

HERMO, L.; OKO, R.; MORALES, C.R. Secretion and endocytosis in the male reproductive tract: a role in sperm maturation. **International Review of Cytology**, v.154, p.105-189, 1994.

JOHNSON, W.H. The significance to bull fertility of morphologically abnormal sperm. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.13, p.255-270, 1997.

JOSEPH, A.; SHUR, B.D.; KO, C.M.; CHAMBON, P.; HESS, R.A. Epididymal hypo-osmolality induces abnormal sperm morphology and function in the estrogen receptor alpha knockout mouse. **Biology of Reproduction**, v.82, n.5, p.958-967, 2010.

KOPP, C.; SUKURA, A.; TUUNAINEN, E.; GUSTAVSSON, I.; PARVINEN, M.; ANDERSSON, M. Multinuclear multiflagellar sperm defect in a bull – A new sterilizing sperm defect. **Reproduction in Domestic Animals**, v.42, n.2, p.208-213, 2007.

LAGERLOF, N. Morphologische Untersuchungen über Verändern der Spermabildung und in den Hoden bei Bullen mit Verminderter oder aufgehobener Fertilität. **Acta Pathologica Microbiologica et Immunologica Scandinavica**, v.1, n.1, p.254, 1934.

LAGERLÖF, N. Sterility in bulls. **Veterinary Record**, v.41, n.48, p.1159-1173, 1936.

LAMB, G.C.; MERCADANTE, V.R.G. Estratégias de sincronização e inseminação artificial em bovinos de corte. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.32, n.2, p.335-334, 2016.

MARTINS, C.F.; DODE, M.A.N.; SILVA, A.E.D.F. **Atlas de morfologia espermática bovina**. 1. ed., Brasília: EMBRABA, cap.1, 2016.

MCKINNON, A.O.; EDWARD, L.; SQUIRES, E.L.; WENDY, E.V.; DICKSON, V.D. **Equine Reproduction**. 2. ed., Ames: Wiley-Blackwell, 2011.

NEWTON, L.D.; KASTELIC, J.P.; WONG, B.; VAN DER HOORN, F.; THUNDATHIL, J. Elevated testicular temperature modulates expression patterns of sperm proteins in Holstein bulls. **Molecular Reproduction and Development**, v.76, p.109-18, 2009.

NIKOLETTOS, N.; KÜPKER, W.; DEMIREL, C.; SCHÖPPER, B.; BLASIG, G.; STURM, R.; FELBERBAUM, R.; BAUER, O.; DIEDRICH, K.; AL-HASANI, S. Fertilization potential of spermatozoa with abnormal morphology. **Human Reproduction**, v.14, n.1, p.47-70, 1999.

OLIVERA, M.; RUIZ, T.; TARAZONA, A.; OSTERMEIER, G.C.; SARGEANT, G.A.; YANDELL, B.S.; EVENSON, D.P.; PARRISH, J.J. Relationship of bull fertility to sperm nuclear shape. **Journal of Andrology**, v.22, p.595-603, 2006.

OSTERMEIER, G.C.; SARGEANT, G.A.; YANDELL, B.S.; EVENSON, D.P.; PARRISH, J.J. Relationship of bull fertility to sperm nuclear shape. **Journal of Andrology**, v.22, p.595-603, 2001.

PLESSIS, L.; SOLEY, J.T. Abaxial tail implantation in the emu, *Dromaius novaehollandiae*: morphological characteristics and origin of a rare avian sperm defect. **Theriogenology**, v.77, p.1137-1143, 2012.

PURSEL, V.G.; JOHNSON, L.A.; RAMPACEK, G.B. Acrosome Morphology of Boar spermatozoa incubated before cold shock. **Journal of Animal Science**, v.34, n.2, p.278-283, 1972.

RAO, A.R.; BANE, A.; GUSTAAFSSON, B.K. Changes in the morphology of spermatozoa during their passage through the genital tract in dairy bulls with normal and impaired spermatogenesis. **Theriogenology**, v.14, p.1-9, 1980.

REBAR, R.W. **Alterações espermáticas. Manual para profissionais de saúde**, 2023. Disponível em: file:///D:/Area%20de%20Trabalho/LIVRO/01.%20BIBLIOGRAFIA/S%C3%A4men%20Morfologia/2023%20%20Alter%C3%A7%C3%B5es%20esperm%C3%A1ticas%20-%20httpswww.msmanuals.compt-brprofissionalginecologiaeobstetr%25C3%25Adciainfertilidadealtera%25C3%25A7%25C3%25B5es-esperm%25C3%25A1ticas%23.pdf. Acessado em: 08 nov. 2024.

REECE, W.O.; ERICKSON, H.H.; GOFF, J.P.; UEMURA, E.E. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. 13. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

REIS, J.R.; CAVALERO, T.M.S.; JACOMINI, J.O. **Morfologia espermática de touros nelore, pantaneiro e curraleiro avaliada de amostras coletadas diretamente dos testículos e dos epidídimos**, 2013. Disponível em: file:///D:/Area%20de%20Trabalho/REVIS%C3%83O%20Morfologia%20e%20patologias%20esperm%C3%A1ticas/admin,+Tha%C3%ADs+Sanchez+Cavalero,+Julio+Ramos+Reis,+Jos%C3%A9+Octavio+Jacomini%20(2).pdf. Acessado em: 19 fev. 2024.

ROBERTS, S.J. **Veterinary Obstetrics and Genital Diseases**. Theriogenology. 1. ed., Ann Arbor, MI: Edwards Brothers, 1986.

ROCHA, A.; OLIVEIRA, E.; VILHENA, M.J.; DIAZ, J.; SOUSA, M. A novel apical midpiece defect in the spermatozoa of a bull without an apparent decrease in motility and fertility. A case study. **Theriogenology**, v.66, p.913-922, 2006.

RODGERS, J.C.; BIRD, S.L.; LARSON, J.E.; DILORENZO, N.; DAHLEN, C.R.; DICOSTANZO, A.; LAM, G.C. Uma avaliação econômica da sincronização do estro e inseminação artificial cronometrada em vacas amamentadas. **Journal of Animal Science**, v.10, p.1297-1308, 2015.

RUA, M.A.S.; QUIRINO, C.R.; PACHECO, A.; RIBEIRO, M.; BARTHOLAZZI JR, A.; VEGA, W.G.O. Espermatogênese em eqüinos. **PUBVET**, v.8, n.7, ed. 256, art. 1696, 2014.

RUA, M.A.S. Repetibilidade das características seminais, espermáticas e fertilidade de garanhões. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.11, n.2, p.1241-131, 2016.

SAACKE, R.G. Sperm morphology: its relevance to compensable and uncompensable traits in semen. **Theriogenology**, v.70, n.3, p.473-478, 2008.

SAACKE, R.G.; DALTON, J.C.; NADIR, S.; NEBEL, R.L.; BAME, J.H. Relationship of seminal traits and insemination time to fertilization rate and embryo quality. **Animal Reproduction Science**, v.60/61, p.663-677, 2000.

SAACKE, R.G.; DALTON, J.C.; NADIR, S.; NEBEL, R.L.; BAME, J.H. Aspectos da morfologia espermática em touros. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.35, n.2, p.160-170, 2011.

SALISBURY, G.W.; VANDEMARK, N.L.; LODGE, J.R. **Fisiologia de la Reproducción e Inseminación Artificial de los bovinos**. 2. ed., Zaragoza: Acribia, 1978.

SCHRAMME-JOSSEN, A.; VOLKMANN, D.H. The knobbed acrosome defect in four closely related dogs. **Theriogenology**, v.66, n.6/7, p.1626-1628, 2006.

Recebido: jul./2023.

Publicado: jun./2025.

SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; CORDEIRO, C M.T.; FREITAS, A.R. Relação da circunferência escrotal e parâmetros da qualidade do sêmen em touros da raça Nelore, PO. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1157-1165, 2002.

SIQUEIRA, J.B.; GUIMARÃES, J.D.; COSTA, E.P.; HENRY, M.; TORRES, C.A.A.; SILVA, M.V.G.B.; SILVEIRA, T.S. Relação da taxa de gestação com sêmen bovino congelado e testes de avaliação espermática *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.387-395, 2007.

SIQUEIRA, J.B.; GUIMARÃES, J.D.; PINHO, R.O. Relação entre perímetro escrotal d características produtivas e reprodutivas em bovinos de corte: uma revisão. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.37, n.1, p.3-13, 2013.

TAŞDEMİR, I.; TAŞDEMİR, M.; TAVUKÇUOĞLU, S.; KAHRAMAN, S.; BIBEROĞLU, K. Effect of abnormal sperm head morphology on the outcome of intracytoplasmic sperm injection in humans. **Human Reproduction**, v.12, n.1, p.1214–1217, 1997.

THUNDATHIL, J.; MEYER, R.; PALASZ, A.T.; BARTH, A.D.; MAPLETOFT, R.J. Effect of the knobbed acrosome defect in bovine spermatozoa on IVF and embryo production. **Theriogenology**, v.54, p.921-934, 2000.

THUNDATHIL, J.; PALASZ, A.T.; BARTH, A.D.; MAPLETOFT, R.J. Plasma membrane and acrosomal integrity in bovine spermatozoa with the knobbed acrosome defect. **Theriogenology**, v.58, p.87-102, 2002.

TOBÓN, E.R.; FUENTES, V.M.M.; RIOS, E.A. El flagelo. **Ra Rió Guendaruyubi**, v.1, n.3, p.34-40, 2018. File:///D:/Area%20de%20Trabalho/El%20Flagelo%20-%202018.pdf

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Célula espermática - Defeitos da célula espermática**, 2024. Disponível em: http://penta3.ufrgs.br/veterinaria/celula/1.5-def/def_prin.htm#001. Acesso em: 12 jun. 2024.

VALE FILHO, V.R. Subfertilidade em touros: parâmetros para avaliação andrológica e conceituação geral. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, n.35, p.81-87, 2001.

VALE FILHO, V.R.; MECALÉ, F.; GARCIA, C.S.; ABREU, J.J.; FONSE, C.A.V.O.; RESENDE, J. Prevalência das causas de baixa fertilidade e infertilidade em touros criados em diferentes regiões do Brasil: Levantamento em 9 estados. **Atualidades Veterinárias**, v.3, n.18, p.40-47, 1974.

VALE FILHO, V.R.; MEGALE, F.; GARCIA, O.S. Incidência elevada de defeitos na bainha mitocondrial do espermatozoide e baixa eficiência reprodutiva em touros da raça Gir. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.1, p.31-39, 1977.

VALE FILHO, V.R.; ANDRADE, V.J.; AZEVEDO, N.A. **Avaliação andrológica e seleção de tourinhos zebu para reprodução**. In: Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte, 3, 2010, Viçosa, MG. Anais... v.1, Viçosa/MG: UFV, 2010. p.363-412.

VARNER, D.D.; JOHNSON, L. From a sperm's eye view: Revisiting our perception of this intriguing cell. In: MCKINNON, A.; SQUIRES, E.; VAALA, W.; VARNER, D. **Equine Reproduction**. 2. ed., Wiley-Blackwell, 2011. p.909-990.

Recebido: jul./2023.

Publicado: jun./2025.

WALTERS, A.H.; EYESTONEB, W.E.; SAACKE, R.G.; PEARSONA, R.E.; GWAZDAUSKAS, F.C. Bovine embryo development after IVF with spermatozoa having abnormal morphology. **Theriogenology**, v.63, p.1925-1937, 2005.

WENKOFF, M.S. **The evaluation of bulls for breeding soundness**. Manual. 2. ed., Ottawa: Canadian Veterinary Medical Association, 1988.