

CONSEQUÊNCIAS DA DEGENERAÇÃO TESTICULAR POR ESTRESSE TÉRMICO SOBRE A QUALIDADE DO EJACULADO DE PEQUENOS RUMINANTES DOMÉSTICOS

*(Consequences of testicular degeneration due to heat stress on the
ejaculate quality of small domestic ruminants)*

Maurício Francisco VIEIRA-NETO^{1*}, Carlos Eduardo Azevedo SOUZA²,
Maria Gorete Flores SALLES³, Airton Alencar de ARAÚJO⁴

¹Pós-Graduação em Ciências Veterinárias (PPGCV - UECE), Av. Dr. Silas Munguba, 1700. Campus Itaperi, Fortaleza, CE; ²Faculdade Cisne, Quixadá; ³Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB); ⁴Faculdade de Veterinária (UECE). *E-mail: mauricio.macejo@hotmail.com

RESUMO

A produção animal depende da reprodução de machos e fêmeas domésticas. Em reprodutores ruminantes, o estresse térmico é a principal causa de degeneração testicular e, nesta, ocorrem desde mudanças anatômicas na gônada masculina até alterações microscópicas, do epitélio seminífero aos espermatozoides em trânsito no trato reprodutor masculino. Essas alterações microscópicas são simultâneas a diversas mudanças na composição proteica do plasma seminal dos reprodutores, o que está ligado a defeitos espermáticos de ordem maior (de origem primariamente testicular) ou menor (que surgem durante o trânsito epididimário) e, conseqüentemente, aos parâmetros de cinética espermática e à fecundidade do ejaculado. Assim, esta revisão objetiva descrever as alterações que ocorrem quando reprodutores ruminantes domésticos são acometidos de degeneração testicular por falha na termorregulação, correlacionando-as às mudanças encontradas no plasma seminal, na morfologia espermática e, paralelamente, aos parâmetros de motilidade espermática.

Palavras-Chave: Degeneração testicular, ejaculado, ruminantes.

ABSTRACT

Animal production depends on the reproduction of domestic males and females. In ruminant breeding, heat stress is the main reason of testicular degeneration, causing anatomical changes in the male gonad even microscopic changes, from the seminiferous epithelium until the spermatozoa in transit in the male reproductive tract. These microscopic changes occur simultaneously to several changes in the protein composition of the seminal plasma of the reproductive tract, which is related to higher sperm defects (of primarily testicular origin) or minor defects (that arise during epididymal transit) and, consequently, to the parameters of sperm kinetics and ejaculate fecundity. Thus, this review aims to describe the changes that occur when domestic ruminants are affected by testicular degeneration due to failure in thermoregulation, correlating them to the changes found in seminal plasma, sperm morphology in parallel to sperm motility parameters.

Key words: Testicular degeneration, ejaculate, ruminants.

INTRODUÇÃO

A produção animal depende do sucesso reprodutivo de machos e fêmeas. Nestas, as biotecnias estão avançando diariamente, com enfoque cada vez mais molecular. É indispensável que também se tenha controle da qualidade espermática dos reprodutores, uma vez que eles são os responsáveis pelo maior número de descendentes diretos dentro dos plantéis.

Apenas uma pequena fração dos rebanhos brasileiros emprega técnicas como a Inseminação Artificial, ocorrendo a reprodução nos demais através de monta natural. Assim, é importante conferir aos reprodutores um status sanitário e nutricional, e evitar alguns fatores que podem reduzir a qualidade seminal e índices reprodutivos dos machos, como a criação em instalações inadequadas, uso de animais de idade avançada (VIEIRA-NETO *et al.*, 2017), exposição a agentes tóxicos, distúrbios hormonais (OYEMYMI *et al.*, 2011) e intempéries climáticas (SOUZA *et al.*, 2012), como o estresse térmico.

Essas injúrias podem predispor a gônada masculina a diferentes graus de degeneração testicular (DT), e sendo este um importante órgão de função mista, é possível que o animais não só apresentem baixa qualidade de seu ejaculado, como também alterações comportamentais como a redução de libido, devido à redução na produção de testosterona (SOUZA *et al.*, 2003; HAFEZ e HAFEZ, 2004).

Nesse contexto, a presente revisão objetiva descrever as principais alterações que ocorrem em pequenos ruminantes domésticos machos, submetidos a diferentes graus de degeneração testicular resultante de estresse térmico, correlacionando-as às mudanças encontradas no plasma seminal, na morfologia espermática e, paralelamente, aos parâmetros de cinética espermática.

DESENVOLVIMENTO

DEGENERÇÃO TESTICULAR E SUAS CONSEQUÊNCIAS

A degeneração testicular (DT) é tida como a principal causa de subfertilidade em machos das espécies domésticas, sendo um desafio a ser contornado para se obter sucesso na reprodução (CAVALCANTE *et al.*, 2014; VIEIRA-NETO *et al.*, 2017).

Oyeyemi *et al.* (2011) citam que as principais causas da DT em touros são a exposição a toxinas, ocorrência de distúrbios endócrinos, infecções e o estresse térmico, sendo a última, uma das merecedoras de maior destaque como fator predisponente à incidência da patologia. Já Garcia (2017) acrescenta as desordens nutricionais, excesso de gordura escrotal, varicocele e iatrogenias medicamentosas. Ademais, este autor postula que apesar de a DT apresentar múltiplas causas possíveis, como regra geral, essa condição patológica é observada como adquirida no decorrer da vida do reprodutor.

Gabaldi e Wolf (2002) citam que a elevação da temperatura ambiental pode alterar a termorregulação testicular, culminando em degeneração do órgão. Segundo eles, em países com temperaturas elevadas, é comum a ocorrência de alterações no epitélio seminífero de touros, com consequentes efeitos na qualidade do sêmen.

Quando a DT é ocasionada por injúrias térmicas é possível encontrar variações em sua intensidade, visto que a tolerância ao calor pode ser influenciada pela raça, aptidão, características do pelame e presença ou não de lã. Em ovinos, a presença de lã e o tamanho do velo tornam os machos menos tolerantes ao calor (ARMENGOL *et al.*, 2015). Já na espécie caprina, uma menor tolerância ao estresse térmico tem sido observada em raças europeias em condições de clima tropical no decorrer de todo o ano, sendo o período da tarde o mais crítico do dia, no tocante às falhas na termorregulação (SALLES *et al.*, 2009).

Para Gholami (2010), a sensibilidade dos bovinos taurinos perante ao estresse térmico resulta em baixa qualidade espermática. Gabaldi e Wolf (2002) citam que dentre os touros, os zebuínos apresentam uma superfície de pele mais extensa e com maior número de glândulas sudoríparas e menor potencial à termogênese, o que os torna mais tolerantes ao calor que os primeiros. Também nessa espécie, Brito *et al.* (2012) associaram a termorregulação a particularidades anatômicas testiculares, como disposição de vasos sanguíneos e perfusão do órgão, independente do grupo étnico.

No início do processo de DT, em ruminantes, as principais alterações macroscópicas encontradas são relacionadas ao tamanho, peso e textura do órgão (GABALDI e WOLF, 2002), ocorrendo uma discreta assimetria ou redução das dimensões testiculares (MOREIRA *et al.*, 2001), acompanhada de flacidez à palpação (NASCIMENTO e SANTOS, 2003). Estes autores sugerem que, com o avançar do processo, pode ocorrer a redução do volume da gônada e aumento da consistência da estrutura testicular à palpação. Tal fato é associado à mineralização dos túbulos seminíferos, que aumenta a proporção de estroma no órgão, perceptível a olho nu, com presença de pontos focais esbranquiçados ou amarelados na superfície parenquimatosa do testículo (CAVALCANTE *et al.*, 2014).

Garcia (2017), concordando com os achados macroscópicos descritos, associa-os diretamente a uma progressiva redução na qualidade seminal. O autor cita que isto se deve às alterações histológicas que ocorrem, a partir da vacuolização e desprendimento de células germinativas. Nesses processos iniciais, Devkota *et al.* (2010) identificaram, na avaliação histopatológica de testículos bovinos após insulação escrotal, que podem ocorrer lesões nos túbulos seminíferos, com ocorrência de vacúolos, núcleos picnóticos e células gigantes multinucleadas em suas paredes tubulares.

Enquanto a DT progride, ocorre deformação da estrutura dos túbulos seminíferos, atrofia e perda de células de Sertoli, e redução significativa das células da linhagem espermática, desde espermatídes até espermatozoides (DEVKOTA *et al.*, 2010). Em seguida, a perda de células espermáticas é intensificada, podendo ocorrer seu acúmulo à luz do túbulo seminífero, reduzindo a concentração espermática (DEVKOTA *et al.*, 2010; GARCIA, 2017). Em casos avançados, há desprendimento de grande percentual de células do epitélio germinativo, que culminam em redução do volume e peso testicular (NASCIMENTO e SANTOS, 2003).

Estudos apontam que o prognóstico e a possibilidade de recuperação da sanidade reprodutiva do animal nestas condições dependem de sua causa, intensidade e duração do processo agressor (GABALDI e WOLF, 2002). Em episódios curtos de estresse térmico, com pouca fibrose ou perda de parênquima, há possibilidade de reversão do quadro clínico,

que evidencia certa resistência do epitélio seminífero a fatores estressantes (MOREIRA *et al.*, 2001). No entanto, mesmo com a retomada à normalidade morfológica, ainda pode ocorrer subfertilidade do sêmen e aumento na mortalidade embrionária (GABALDI e WOLF, 2002).

Alterações presentes no plasma seminal

O plasma seminal é resultante das secreções testiculares, epididimárias e das glândulas sexuais acessórias (HAFEZ e HAFEZ, 2004). Sua composição está relacionada à futura capacidade de fertilização espermática, e já há mais de 700 proteínas conhecidas em sua composição. Esse composto também contém íons inorgânicos, açúcares, sais orgânicos, lipídios, enzimas, prostaglandinas e vários outros componentes (SOLEILHAVOUP *et al.*, 2014).

Uma vez que o reprodutor é acometido de estresse térmico testicular, pode desenvolver algum grau de degeneração testicular (OYEYEMI *et al.*, 2011) e sofrer mudanças na composição do plasma de seu ejaculado, que terão implicações diretas na cinética, morfologia e qualidade seminal total (MOREIRA *et al.*, 2001; VIEIRA-NETO *et al.*, 2017).

Macroscopicamente, em touros acometidos por DT podem ocorrer diversas alterações na coloração de seu sêmen, que podem estar relacionadas à concentração espermática ou ocorrência de pigmentos e até células inflamatórias (OYEYEMI *et al.*, 2011; CBRA, 2013). Microscopicamente, algumas dessas mudanças podem ser concomitantes ao desprendimento excessivo de células do epitélio germinativo e sua disponibilização à luz do túbulo seminífero (GARCIA, 2017).

Vieira-Neto *et al.* (2017), sugerem que as células desprendidas do túbulo favoreçam o aumento de mediadores pró-inflamatórios no ejaculado, em especial as prostaglandinas. Já foi descrito por Archbald *et al.* (1990), que o teor de algumas delas no plasma seminal implica em redução da qualidade seminal, como a elevação de PGE₂, que reduz a reação acrossomal do espermatozoide de ovinos.

Fayed (1996) expôs que a adição de prostaglandina F_{2α} ao plasma seminal pode causar redução da fertilidade em touros, por causar danos acrossomais e liberação precoce das enzimas transaminase e lactato desidrogenase. Contudo, essa resposta se mostra variada a depender da espécie, tanto que, o mesmo autor evidenciou que esses danos e a liberação de enzimas transaminases não ocorrem na espécie ovina, evidenciando a resistência do espermatozoide do carneiro ao análogo da PGF_{2α}.

Nos caprinos, em especial, quanto maior o número de células disponíveis como fonte de lipídios membranares, maior a probabilidade da ocorrência de prostaglandinas no ejaculado, visto que a espécie apresenta naturalmente frações proteicas com atividade fosfolipase A, secretadas pelas glândulas bulbouretrais (GIBBONS, 2002; NUNES, 1982), e capazes de desencadear a síntese de eicosanoides através da via do ácido araquidônico (VIEIRA-NETO, 2017).

Sabe-se que a composição protéica do plasma seminal está relacionada com a capacidade fecundante do ejaculado (SOLEILHAVOUP *et al.*, 2014). Em consonância

com este fato, Moura (2005) evidenciou que a composição peptídica do ejaculado de touros está associada a aspectos fundamentais da função reprodutiva do macho.

Souza (2007) fez considerações semelhantes quanto à correlação entre proteômica e qualidade do sêmen de carneiros no início da atividade reprodutiva, sugerindo que as alterações no perfil proteico desse componente do ejaculado de ruminantes afetados pelo calor deve, também, ser sempre considerada quando da avaliação da qualidade seminal. Em acréscimo, Martins *et al.* (2010) concluíram que a concentração de proteínas solúveis do plasma seminal, apesar de ser fundamental, não pode ser utilizada como parâmetro isolado para prever a qualidade seminal de bodes da raça Parda Alpina.

Ao longo das fases da vida reprodutiva do carneiro, ocorrem diversas alterações na composição proteica de seu ejaculado (SOUZA, 2007). Todavia, de acordo com Rocha *et al.* (2015), tais alterações são mais bruscas quando da ocorrência de estresse térmico. Segundo estes, em casos de estresses intensos, a exemplo da introdução de insultos testiculares, são identificadas a proteína Dj-1 (PDJ-1) e a proteína de choque térmico HSP70.3, além da proteína C-reativa, que é encontrada quando ocorre dano celular e inflamação.

Estudos mostram que a ocorrência destes peptídeos no plasma seminal é concomitante às mudanças indesejáveis nos parâmetros do sêmen (ROCHA *et al.*, 2015). Enquanto isso, Van Tilburg *et al.* (2014), citam que a redução na qualidade espermática em períodos de estresse testicular está relacionada à redução na expressão de proteínas importantes à funcionalidade da membrana espermática, como a Trifosfato de Adenosina (ATP) sintetase.

Por fim, quando se trabalha com indução de estresse térmico testicular através da insulação, é possível que não ocorram consideráveis alterações no volume do ejaculado do ruminante, pelo fato de as glândulas acessórias não serem afetadas diretamente pelo insulto (OYEYEMI, *et al.*, 2011). Todavia, em processos crônicos ou mais intensos, assim como em estresse térmico em condições ambientais, pode ocorrer uma considerável redução de volume (GABALDI e WOLF, 2002; COELHO *et al.*, 2006), visto que ocorrem alterações nas dimensões testiculares (MOREIRA *et al.*, 2001; NASCIMENTO e SANTOS, 2003) e a produção espermática está associada ao volume testicular (JONES e DACHEUX, 2007).

Morfologia espermática de reprodutores com estresse térmico testicular

As alterações encontradas no plasma seminal são concomitantes a modificações na morfologia espermática, uma vez que o estresse térmico é capaz de interferir nesse parâmetro de forma direta e indireta (ROCHA *et al.*, 2015). Os efeitos encontrados podem ser decorrentes de sua ação intratesticular ou no decorrer do trato reprodutivo masculino, sendo que os espermátócitos são o tipo celular mais suscetível a danos e morte pela ausência de termorregulação testicular (OYEYEMI *et al.*, 2011).

Nesses casos, a espermatogênese sofre um efeito deletério, podendo ficar significativamente reduzida ou inclusive ocorrer anospermia, como é observado em animais criptorquídicos ou em animais submetidos à insulação escrotal (GABALDI e WOLF, 2002; MOREIRA *et al.*, 2001). Assim, de acordo com a extensão do dano causado ao testículo, pode ocorrer além dessa redução no número de células espermáticas no

ejaculado, um aumento considerável no percentual de gametas com alterações morfológicas (NASCIMENTO e SANTOS, 2003).

Em caprinos europeus, os melhores ejaculados foram colhidos nos meses de clima frio ou ameno (AHMED *et al.*, 1997). Nos demais períodos, a falha na termorregulação gonadal em pequenos ruminantes durante a fase espermática testicular, é capaz de ocasionar alterações na espermatogênese, o que pode ser mais grave quando ocorre no período de multiplicação das espermatogônias e início da meiose, causando o aumento no percentual de células com defeitos maiores no ejaculado (CBRA, 2013; MOREIRA *et al.*, 2001). Em touros, isso também pode resultar em maior susceptibilidade à desnaturação de cromatina nos espermatozoides, que também está relacionado à redução da fertilidade do ejaculado (KARABINUS *et al.*, 1997).

Como o epidídimo também é sítio de danos espermáticos devido ao estresse térmico, nele pode ocorrer o aumento do percentual de células com defeitos menores, tanto por maior ocorrência desses espermatozoides, quanto por redução da capacidade de eliminação epididimária das células defeituosas (JONES e DACHEUX, 2007).

Durante o percurso do trânsito espermático epididimário, o estresse térmico também tem a capacidade de influenciar na maturação da membrana do espermatozoide de caprinos, reduzindo sua integridade (MARTINS *et al.*, 2010). Van Tilburg *et al.* (2014), destacam que essas alterações eminentes na membrana espermática influenciam na qualidade do sêmen por interferir na futura interação entre espermatozoide e oócito.

Johnston e Branton (1953) atribuíam a baixa qualidade seminal de touros europeus em meses quentes, aos efeitos do estresse térmico sobre o testículo e as respectivas alterações seminais ocorridas. Em seguida, Nunes *et al.* (1983) observaram em seus estudos que os ejaculados de bodes submetidos a algum grau de injúria térmica testicular, eram abundantes em patologias como cabeça isolada normal, cauda enrolada, e gotas citoplasmáticas proximal e distal (CBRA, 2013).

Em concordância, Karabinus *et al.* (1997) reportaram que em touros holandeses, a ocorrência de estresse térmico resulta em aumento na incidência de anormalidades espermáticas, concomitante à redução na produção de espermatozoides. Lunstra e Coulter (1997) e Brito *et al.* (2003), em trabalhos com touros de corte em desconforto térmico testicular, identificaram a maior ocorrência de anormalidades de cabeça (como isolada e defeitos de acrossoma), defeitos de peça intermediária e cauda, sendo destacada a ocorrência de gota citoplasmática proximal, que resultou em sêmen com menores índices de fecundidade.

Em uma síntese bibliográfica, Gabaldi e Wolf (2002) relataram que as principais patologias espermáticas de grandes ruminantes domésticos em processo de degeneração testicular, é a ocorrência de células de descamação, presença de espermátides, formas medusoides, células gigantes, e/ou de núcleos picnóticos no ejaculado. Tais alterações justificam o fato de os problemas relacionados à qualidade seminal serem os principais responsáveis pela subfertilidade em touros (OYEYEMI *et al.*, 2011).

Numa pesquisa com indução ao estresse térmico por insulação escrotal em ovinos, foi corroborado que, em situações em que a termorregulação testicular é comprometida, o ejaculado do carneiro pode apresentar inicialmente maior número de defeitos de ordem

menor (cabeças espermáticas normais livres e células com cauda dobrada ou enrolada), resultante do estresse térmico no momento do trânsito epididimário (MOREIRA *et al.*, 2001; ROCHA *et al.*, 2015; JONES e DACHEUX, 2007).

Adiante, pode ocorrer o aumento no número de defeitos de ordem maior (gota citoplasmática proximal, cabeça pequena anormal e células decapitadas), e isso pode prejudicar ainda mais a qualidade do ejaculado (MOREIRA *et al.*, 2001; CBRA, 2013), em conjunto com a redução da integridade acrossomal que ocorre nesses casos (De *et al.*, 2017).

Achados semelhantes a estes foram obtidos em um experimento realizado por Coelho *et al.* (2006), onde os autores ressaltaram que a redução na concentração espermática, assim como o aumento no percentual de células espermáticas mortas, pode ocorrer independente da ocorrência ou não de alterações morfológicas das células espermáticas obtidas no ejaculado desses animais.

Para se estimar o grau de alteração morfológica no espermatozoide desses animais, Armengol *et al.* (2015) desenvolveram um parâmetro que avalia indícios de estresse térmico no sêmen de carneiros. Para tanto, consideraram a razão entre comprimento e largura da cabeça dos espermatozoides como sendo a chamada elipticidade. Essa grandeza, segundo os autores, alcança valores acima de 2,0 em casos de estresse térmico mais intenso. Tais alterações ocorrem quando o gameta está ainda nos túbulos seminíferos, sendo, portanto, anormalidades primárias, da mesma forma que os defeitos de origem maior (HAFEZ e HAFEZ, 2004; MOREIRA *et al.*, 2001).

Em síntese, nos processos iniciais de estresse térmico, a ocorrência de defeitos menores (de origem predominantemente epididimária) é um indicador de alta sensibilidade, tornando-se uma importante ferramenta no monitoramento andrológico de ruminantes. Aliada a esta avaliação, é indispensável a verificação dos parâmetros de cinética espermática, visto que eles antecedem quaisquer alterações significativas na biometria testicular (MOREIRA *et al.*, 2001).

Alterações presentes nos parâmetros de cinética espermática

Fora relatado por Garcia (2017), que em animais afetados pela degeneração testicular a morfologia espermática é uma das características mais afetadas. Esses defeitos nos espermatozoides de ruminantes domésticos estão correlacionados à redução da fecundidade dos ejaculados, associada à menor qualidade dos parâmetros de cinética espermática (GABALDI e WOLF, 2002; VIEIRA *et al.*, 2008; VAN TILBURG *et al.*, 2014; DE *et al.*, 2017). Tais parâmetros podem ser utilizados como um indicador sensível de injúrias térmicas testiculares, já em processos iniciais (MOREIRA *et al.*, 2001), o que pode ser útil para avaliar os efeitos do clima e estação do ano sobre a reprodução do macho (VIEIRA *et al.*, 2008).

Segundo Vieira *et al.* (2008), caprinos com bolsa escrotal bipartida apresentam maior dissipação de calor pelo aumento de área com pele e, conseqüentemente, mais glândulas sudoríparas para a termorregulação testicular, apresentando melhores parâmetros de cinética espermática e menor variação de qualidade seminal no decorrer do ano. No entanto, quando estes animais são submetidos ao estresse térmico severo, com aumento na

temperatura testicular, há significantes decréscimos do volume do ejaculado, da concentração espermática, e dos índices de cinética espermática (motilidade massal, progressiva e vigor espermático) (COELHO *et al.*, 2006).

Em concordância, estudos científicos têm mostrado que nos carneiros submetidos ao estresse térmico, são encontrados índices indesejáveis de cinética espermática, o que também é associado ao maior número de defeitos espermáticos encontrado em seus ejaculados, comprometendo a motilidade dos espermatozoides (MOREIRA *et al.*, 2001; ARCHBALD, 2015).

Nos touros em situação de estresse térmico, esses achados são comuns. De acordo com os estudos de Lunstra e Coulter (1997) e Brito *et al.* (2003), o estresse térmico testicular nessa espécie tem a capacidade de afetar negativamente a morfologia espermática, interferindo de maneira indesejável na qualidade do ejaculado, no tocante aos parâmetros de cinética espermática. Oyeyemi *et al.* (2011) acrescentam que essa situação também pode ser atribuída à redução do número total de células espermáticas e do percentual de células vivas no ejaculado, que naturalmente influenciarão nos percentuais de motilidade espermática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A degeneração testicular é um processo multifatorial que se comporta como um fator limitante na reprodução de machos ruminantes domésticos. Essa patologia, independente de sua gênese, está intimamente ligada à redução na fertilidade e qualidade seminal nessas espécies. Assim, é indispensável o conhecimento de sua fisiopatologia para que sejam evitados ou minimizados seus fatores predisponentes, assim como a estipulação de um prognóstico para o futuro reprodutivo do animal.

REFERÊNCIAS

AHMED, M.M.M.; MAKAWI, S.A.; GADIR, A.A. Reproductive performance of Saanen bucks under tropical climate. *Small Ruminant Research*, v.26, p.151-155, 1997.

ARCHBALD, L.; GRONWALL, R.R.; PRITCHARD, E.L.; TRAN, T. Acrosome reaction and concentration of prostaglandin E2 in semen of rams treated with flunixin meglumine (banamine). *Large Animal Clinical Sciences*, v.33, n.2, p.373-383, 1990.

ARMENGOL, M.F.L.; SABINO, G.A.; FORQUERA, J.C.; CASA, A.D.L.; AISEN, E.G. Sperm head ellipticity as a heat stress indicator in Australian Merino rams (*Ovis aries*) in Northern Patagonia, Argentina. *Theriogenology*, v.83, p.553–559, 2015.

BRITO, L.F.C.; BARTH, A.D.; WILDE, R.E.; KASTELIC, J.P. Testicular vascular cone development and its association with scrotal temperature, semen quality, and sperm production in beef bulls. *Animal Reproduction Science*, v.134, p.135–140, 2012.

BRITO, L.F.C.; SILVA, A.E.D.F.; BARBOSA, R.T.; UNANIAN, M.M.; KASTELIC, J.P. Effects of scrotal insulation on sperm production, semen quality, and testicular echotexture

in *Bos indicus* and *Bos indicus* × *Bos taurus* bulls. *Animal Reproduction Science*, v.79, p.1–15, 2015.

CAVALCANTE, J.M.M.; BRASIL, O.O.; OLIVEIRA, R.V.; PESSOA, A.W.P.; ARAÚJO, A.A.; NUNES, J.F. Ultrassonografia testicular em caprino com degeneração testicular associado a lesões escrotais: Relato de caso. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v.08, p.54-72, 2014.

COELHO, L.A.; SASA, L.; NADER, C.E.; CELEGUINI, E.C.C. Características do ejaculado de caprinos sob estresse calórico em câmara bioclimática. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.58, n.4, p.544-549, 2006.

Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal. 3ª ed., Belo Horizonte: CBRA, 2013, p.15-90.

DE, K.; KUMAR, D.; BALAGANUR, K.; SAXENA, V.K.; THIRUMURUGAN, P.; NAQVI, S.M.K. Effect of thermal exposure on physiological adaptability and seminal attributes of rams under semi-arid environment. *Journal of Thermal Biology*, v.65, p.113–118, 2017.

DEVKOTA, B.; SASAKI, M.; MATSUI, M.; TAKAHASHI, K.I.; MATSUZAKI, S.; KOSEKI, T.; MIYAKE, Y.I. Effects of scrotal insulation and pathological lesions on α -smooth muscle actin (SMA) and vimentin in the bull testes. *Journal of Reproduction and Development*, v.56, n.2, p.187-190, 2010.

FAYED, A.H.A. Effect of Prostaglandin $F_{2\alpha}$ and Methylxanthines on enzymic release of bull epididymal spermatozoa in vitro. *Contraception*, v.53, p.181-184, 1996.

GABALDI, S.H.; WOLF, A. Importância da termorregulação testicular na qualidade do sêmen em touros. *Ciências Agrárias*, v.02, n.2, p.66-70, 2002.

GARCIA, A.R. Degeneração testicular: um problema superado ou ainda um dilema ? *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v.41, p.33-39, 2017.

GHOLAMI, H.; CHAMANI, M.; TOWHIDI, A.; FAZELI, M. H. Improvement of semen quality in holstein bulls during heat stress by dietary supplementation of omega-3 fatty acids. *International Journal of Fertility and Sterility*, v.4, p.160-167, 2011.

GIBBONS, A. Inseminación artificial con semen congelado en cabras da raza angora. *Revista Taurus*, v.4, n.16, p.24-32, 2002.

HAFEZ, E.S.E.; HAFEZ, B. *Reprodução Animal*. 7ª ed., Barueri: Manole, p.3-380, 2004.

JOHNSTON, J.E.; BRANTON, C. Effects of seasonal climatic changes on certain Physiological reactions, semen production And fertility of dairy bulls. *Journal of Dairy Science*, v.36, p.934-942, 1953.

JONES, R.C.; DACHEUX, J.L. Physiology of the epididymis In: KANDEL, F.R.; SWERDLOFF, R.S.; PRIOR, J.L. Male reproductive dysfunction: pathophysiology and treatment. Nova York: Informa Healthcare, 2007. cap.6, p.71-80.

KARABINUS, D.S.; VOGLER, C.J.; SAACKE, R.G.; EVENSON, D.P. Chromatin structural changes in sperm after scrotal insulation of Holstein bulls. *Journal of Anthology*, v.18, n.5, p.549-555, 1997.

LUNSTRA, D.D.; COULTER, G.H. Relationship between scrotal infrared temperature patterns and natural-mating fertility in beef bulls. *Journal of Animal Science*, v.75, p.767-774, 1997.

MARTINS, L.F.; BARACAT-PEREIRA, M.C.; GUIMARÃES, J.D.; GUIMARÃES, S.E.F.; PINHO, R.O. Qualidade seminal e concentração das proteínas solúveis do plasma seminal de bodes da raça Alpina. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.2, p.547-554, 2010.

MOREIRA, E.P.; MOURA, A.A.A.N; ARAÚJO, A.A. Efeitos da insulação escrotal sobre a biometria testicular e parâmetros seminais em carneiros da raça Santa Inês criados no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, p.1704-1711, 2001.

MOURA, A.A.A.N. Seminal plasma proteins and fertility indexes in the bull: the case for osteopontin. *Animal Reproduction*, Belo Horizonte, v.2, n.1, p.3-10, 2005.

NASCIMENTO, E.F.; SANTOS, R.L. *Patologia da Reprodução dos Animais Domésticos*. 2ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 137p.

NUNES, J.F. Etude des effets du plasma séminal sur la survie in vitro des spermatozoides de bouc. 1982. 33p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Université Pierre et Marie Curie, Paris, 1982.

NUNES, J.F.; RIERA, G.S.; SILVA, A.E.F.D.; PONCE DE LEON, F.A. Características espermáticas de caprinos Moxotó de acordo com a morfologia escrotal. Sobral: EMBRAPA/CNPCAPRINOS, 1983. 11p. (Circular Técnica, 6).

OYEWEMI, M.O.; ADENIJI, D.A.; OLUGBEMI, J.B. The Spermogram of Mesterolone Treated West African Dwarf Bucks with Testicular Degeneration. *Nigerian Veterinary Journal*, v.32, p.54-59, 2011.

ROCHA, D.R., MARTINS, J.A.M.; VAN TILBURG, M.F.; OLIVEIRA, R.V.; MORENO, F.B.; MONTEIRO-MOREIRA, A.C.O.; MOREIRA, R.A.; ARAUJO, A.A.; MOURA, A.A.A.N. Effect of increased testicular temperature on seminal plasma proteome of the ram. *Theriogenology*, v.84, n.8, p.1291-1305, 2015.

SALLES, M.G.F.; SOUZA, C.E.A.; RONDINA, D.; MOURA, A.A.A.N.; ARAÚJO, A.A. Respostas fisiológicas ao estresse térmico de bodes saanen em clima tropical. *Ciência Animal*, v.19, p. 19-28, 2009.

SOLEILHAVOUP, C.; TSIKIS, C.G.; LABAS, V.; HARICHAUX, G. KOHNKE, P.L.; DACHEUX, J.L.; GUÉRIN, Y.; GATTI, J.L.; GRAAF, S.P.; DRUART, X. Ram seminal plasma proteome and its impact on liquid preservation of spermatozoa. *Journal of Proteomics*, v.109, p.245-260, 2014.

SOUZA, C.E.A. Análise proteômica do plasma seminal e secreções do epidídimo em ruminantes: potenciais associações com o desenvolvimento sexual, parâmetros seminais e

função espermática. 2007. 185p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará.

SOUZA, C.E.A.; MOURA, A.A.A.N.; ARAÚJO, A.A.; LIMA, A.C.B. Estudo das interações entre o desenvolvimento gonadal, produção espermática, concentrações de testosterona e aspectos ligados à puberdade em carneiros Santa Inês ao longo do primeiro ano de vida. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v.27, p.199-201, 2003.

SOUZA, P.T.; SALLES, M.G.F.; ARAÚJO, A.A. Impacto do estresse térmico sobre a fisiologia, reprodução e produção de caprinos. *Ciência Rural*, v.42, p.1888-1895, 2012.

VAN TILBURG, M.F.; SALLES, M.G.F.; SILVA, M.M.; MOREIRA, R.A.; MORENO, F.B.; MONTEIRO-MOREIRA, A.C.O.; MARTINS, J.A.M.; CÂNDIDO, M.J.D.; ARAÚJO, A.A.; MOURA, A.A.A.N. Semen variables and sperm membrane protein profile of Saanen bucks (*Capra hircus*) in dry and rainy seasons of the northeastern Brazil (3°S). *International Journal of Biometeorology*, v.59, p.561–573, 2014.

VIEIRA, R.J.; CARDOSO, F.T.S.; AZEVEDO, L.M.; CUNHA, L.A.L.; SALVIANO, M.B. Influência da morfologia escrotal e da época do ano na qualidade do sêmen de caprinos criados no estado do Piauí. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.3, n.4, p.376-380, 2008.

VIEIRA-NETO, M.F. Efeito da flunixin meglumine na atividade espermática de machos ovinos e caprinos. 2017, 50p. (Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Estadual do Ceará.

VIEIRA-NETO, M.F.; RODRIGUES, I.C.S.; LELES, J.S.; ARAÚJO, E.P.; VIANA-NETO, A. M.; SALLES, M.G.F.; ARAÚJO, A.A. Efeito da administração de Flunixin Meglumine sobre as características seminais de machos ovinos e caprinos. *Semina: Ciências Agrárias*, v.38, p.3145-3154, 2017.