



## Estresse térmico na reprodução equina

### *Thermal stress in equine reproduction*

Júlio César Ferraz Jacob<sup>‡</sup>, Jhonnatha Paulo Oliveira, Paula Junqueira Ferraz, Yuri Barbosa Guerson

Departamento de Reprodução e avaliação Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil.

#### Resumo

Estudos sobre estresse térmico em equinos, geralmente envolvem condições induzidas pelo exercício físico intenso, assim como as alterações fisiológicas que contemplam o efeito do ambiente em geral são relacionadas ao fotoperíodo e não ao efeito da temperatura como acontece com maior frequência em outras espécies. Verifica-se uma necessidade de maior compreensão dos efeitos deletérios do estresse térmico no desempenho reprodutivo desta espécie, visto que a produção de potros saudáveis é o objetivo de um programa reprodutivo e em geral a principal fonte de retorno econômico da atividade. Esse fato ganha ainda mais relevância diante das condições climáticas e de criação presentes nos trópicos, além da atividade reprodutiva da espécie equina depender de períodos de alta luminosidade ambiental, que coincidem com as maiores temperaturas. O presente trabalho tem por objetivo demonstrar como o estresse térmico ambiental pode promover a redução da fertilidade em fêmeas equinas e alertar para a necessidade de estudos completos envolvendo o tema.

**Palavras-chave:** bioclimatologia, desconforto térmico, índices reprodutivos.

#### Abstract

*Studies on thermal stress in equines usually involve conditions induced by intense physical exercise, as well as the physiological changes that contemplate the effect of the environment in general are related to the photoperiod and not to the effect of temperature as it in other species. We need a better understanding of the deleterious effects of thermal stress on the reproductive performance of this species, since the production of healthy foals is generally the objective of a reproductive program and the main source of economic return of the activity. This fact is even more relevant given the climatic and breeding conditions in the tropics, and the reproductive activity of the equine species take place on periods of high luminosity, which coincide with higher temperatures. The present review aims to demonstrate how the environmental thermal stress can promote the reduction of the fertility in equine females and to alert to the necessity of complete studies involving the theme.*

**Keywords:** bioclimatology, thermal discomfort, reproductive indices.

#### Introdução

Estudos da influência do clima na reprodução de fêmeas equinas estão relacionados principalmente ao fotoperíodo, enquanto estudos relacionados ao estresse térmico contemplam geralmente o estresse térmico induzido pelo exercício.

O calor ambiente é um dos principais limitantes da produção dos animais nos trópicos, visto que acontecem mudanças drásticas nas funções biológicas do animal. Ocorre um aumento das temperaturas retal, da pele e dos pelos, da sudorese e das frequências respiratória e cardíaca, bem como uma redução das perdas de água nas fezes e urina, disfunções no metabolismo das proteínas, energia e minerais, assim como distúrbios em reações enzimáticas e secreção de hormônios, além da energia despendida para eliminar calor do corpo do animal (Silva, 2000; Baccari Júnior, 2001; Titto et al., 2006).

O processo de estresse atua sobre o eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal reduzindo sua atividade e consequentemente suas incursões sobre o trato reprodutivo, afetando a concentração dos hormônios reprodutivos, a foliculogênese, ovulação e fertilidade.

Em algumas espécies estes efeitos deletérios sobre a atividade reprodutiva estão bem elucidadas, porém em equinos poucos estudos estão disponíveis, havendo resultados conflitantes, que entretanto apontam para o efeito deletério do estresse térmico sobre a reprodução desta espécie, indicando a necessidade de esforços para a compreensão dessa influência negativa.

Este trabalho tem por objetivo demonstrar como o estresse térmico ambiental pode promover a redução da fertilidade em fêmeas equinas e alertar para a necessidade de estudos completos envolvendo o tema, uma vez que apresentam dependência direta da alta luminosidade ambiental para seu desempenho reprodutivo, o que está associado ao período mais quente do ano para o sucesso reprodutivo, assim mecanismos quaisquer que interfiram na fisiologia durante o período reprodutivo podem reduzir a fertilidade, no sucesso das biotécnicas e resultar em prejuízos econômicos.

<sup>‡</sup>Correspondência: juliorep@ufrj.br

Recebido: 22 de fevereiro de 2019

Aceito: 27 de março 2019



## Estresse e desconforto térmico

Os animais endotérmicos tentam manter sua temperatura corporal, dentro de uma determinada faixa de temperatura ambiente, denominada zona de conforto térmico ou de termoneutralidade, onde a manutenção da temperatura corporal ocorre com a mínima mobilização dos mecanismos termorreguladores (Nääs, 1989; Titto, 1998).

O desconforto térmico é gerado por um ambiente inadequado e implica em estresse devido ao esforço realizado pelo animal com a finalidade de manter sua temperatura corporal constante. O estresse térmico é definido como o resultado da inabilidade do animal em dissipar calor suficientemente para manter a sua homeotermia (West, 1999).

Para terem produtividade, os animais dependem de estarem nessa zona de conforto térmico (Curtis, 1983). A zona de termoneutralidade define limites de temperatura. Acima da temperatura crítica superior, o animal entra em estresse pela temperatura elevada e abaixo da temperatura crítica inferior sofre estresse pelo frio. A partir desse ponto infere-se que o animal está sob estresse climático (Lu, 1989; Marai et al., 2007). A zona de conforto térmico para equinos vai de 5°C a 25°C (Morgan, 1996)

### Efeitos do estresse térmico na reprodução

Temperatura e umidade ambiente altas, a tempo são conhecidas por causar influência negativa sobre o sucesso reprodutivo em animais domésticos em países tropicais e subtropicais (Ju, 2005). Porém a padronização das condições ambientais para elaboração de protocolos experimentais *in vivo* para estudo do estresse climático em éguas é um desafio, principalmente devido a dependência da espécie da iluminação natural para plena atividade reprodutiva, tornando a manutenção destes animais em câmaras bioclimáticas uma conduta questionável.

Estudos sobre o efeito do estresse térmico climático em éguas em estação ou repouso são escassos, os primeiros experimentos foram conduzidos pelo grupo de pesquisa coordenado pelo professor Júlio Cesar Ferraz Jacob da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e partiram da observação empírica da oscilação negativa dos índices reprodutivos durante as estações de monta, especificamente em períodos mais quentes da estação.

Pesquisas em outras espécies animais, mostram que períodos de alta temperatura e umidade causam estresse térmico com efeitos negativos na performance reprodutiva. Nas fêmeas mamíferas, a consequência mais óbvia é a probabilidade de redução de gestação. O estresse térmico tem demonstrado alterar o status endócrino, o mecanismo de luteólise, o desenvolvimento embrionário inicial e o crescimento fetal (Jordan, 2003).

Rivier e Rivest (1991) relatam que o estresse é acompanhado por um acréscimo na atividade do eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal (HPA) e um decréscimo na função reprodutiva e sugerem que haja uma possível relação entre os hormônios do HPA e os do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (HPG). De fato, o hormônio liberador de corticotrofinas (CRH) e os corticosteróides da adrenal iniciam um importante papel na modulação do efeito do estresse na função. Os hormônios relacionados ao estresse podem influenciar a função sexual em três níveis do eixo HPG: no hipotálamo, por meio do CRH, onde este inibe a secreção de GnRH, na hipófise, diminuindo a liberação de LH e FSH que são estimulados pelo GnRH e, nas gônadas alterando o efeito estimulatório das gonadotrofinas (Rivier e Rivest, 1991; Pereira, 2005).

Com a diminuição da liberação das gonadotrofinas (LH e FSH), a produção de estrógenos também será afetada. Isto está possivelmente relacionado ao fato de afetar a capacidade esteroidogênica dos folículos e da dinâmica folicular ovariana, alterando a expressão do RNAm de receptores de colesterol em células ovarianas, bem como, as concentrações de colesterol e ácidos graxos no fluido folicular ovariano de folículos de vários tamanhos (Argov et al., 2005). Acarretando em transtornos reprodutivos tais como: falhas na detecção do estro ocasionado pela presença de estro silencioso, falhas no desenvolvimento e qualidade do oócito, na fertilização e implantação do embrião devido a não preparação do útero e formação de um corpo lúteo de má qualidade (De Rensis e Scaramuzzi, 2003). Além disso, pode ainda levar a fêmea a uma condição de anestro ou ninfomania em vacas (Grunert et al., 2005).

Em vacas, estes fenômenos são bem conhecidos e refletem na falha do animal em expressar seu potencial genético, levando inclusive a subfertilidade (Dobson e Smith, 2000; Bartolomeu et al., 2005).

Durante o período de crescimento folicular, o estresse calórico pode comprometer o oócito, devido a ações diretas na elevação da sua temperatura ou, devido a alterações na função folicular que comprometem a sua qualidade. Altera também a dinâmica folicular afetando folículos no início do estágio antral do desenvolvimento, causando prejuízo no folículo subsequente (Guzeloglu et al., 2001), na função e redução da dominância do folículo selecionado (Hansen e Aréchiga, 1999), que pode ser visto por uma redução da capacidade esteroidogênica das células da teca e da granulosa e, conseqüentemente, uma queda da concentração sanguínea de estradiol (De Rensis e Scaramuzzi, 2003), além do comprometimento dos mecanismos luteolíticos (Wilson et al., 1998) que são dependentes do estrógeno. A concentração de progesterona no plasma pode ser aumentada ou diminuída dependendo se o estresse térmico é agudo ou crônico, e do estado metabólico do animal. Estas mudanças endócrinas reduzem a atividade folicular e alteram o mecanismo ovulatório, levando ao decréscimo na qualidade do oócito e do embrião (Hansen, 2005). O ambiente uterino também é modificado, reduzindo a probabilidade da implantação do embrião em vacas (De Rensis e Scaramuzzi, 2003).



Essas alterações hormonais causam problemas reprodutivos como puberdade tardia, ciclo estral irregular, cistos ovarianos, baixa taxa de ovulação, anestro e mortalidade embrionária devido ao comprometimento da competência do oócito e inibição do desenvolvimento embrionário (Hansen et al., 2001).

Em bovinos, tem sido relatado que o estresse térmico pode influenciar a habilidade do endométrio em produzir e secretar prostaglandina, o que pode levar a luteólise prematura (Hansen, 2005).

Em ratas, foi observado menor expressão de receptores para os hormônios FSH e LH, bem como menor número de células nos folículos antrais e pré-ovulatórios, submetidas a ambientes controlado com alta temperatura (35°C) e umidade (70%) (Shimizu et al., 2005).

#### *Efeito do estresse térmico sob a atividade ovariana em éguas*

Dworaczyk et al. (2010), avaliaram o efeito do estresse térmico induzido pelo exercício sobre a dinâmica ovariana em éguas. Por meio do exame ultrassonográfico diário durante dois ciclos estrais consecutivos, coletou-se dados referentes a duração do intervalo interovulatório; diâmetro do maior folículo ovulatório; e número de folículos 5 dias antes e 5 dias após a ovulação agrupados segundo seus diâmetros, nas classes: <10mm, 10-15mm, 15.1-25mm e >25mm. Os autores não observaram diferença entre os grupos em relação ao intervalo interovulatório ou no diâmetro máximo do folículo ovulatório. Entretanto, houve uma diferença potencial no número de folículos antes e após a ovulação. No dia -5 em relação a ovulação, o número de folículos antrais foi maior no grupo exercitado (EXER) quando comparado ao não exercitado (NOEX) ( $17.81 \pm 1.12$  e  $17.43 \pm 1.78$ ,  $P = 0.001$ , respectivamente). Ao avaliar o tamanho desses folículos e agrupá-los em relação aos seus diâmetros no D-5, observou-se diferenças entre o número de folículos nos grupos: <10mm ( $P = 0.005$ ; EXER  $5.46 \pm 0.73$ , NOEX  $7.57 \pm 1.05$ ), 10-15mm ( $P < 0.05$ ; EXER  $4.77 \pm 0.58$ , NOEX  $2.81 \pm 0.58$ ), e 15.1-25mm ( $P < 0.05$ , EXER  $6.04 \pm 0.73$ , NOEX  $5 \pm 0.84$ ). Imediatamente após a ovulação, houve uma tendência ( $P = 0,065$ ) a um número maior de folículos presentes nos ovários das éguas EXER ( $18.17 \pm 1.26$ ) em relação as NOEX ( $16.60 \pm 1.31$ ). A mesma tendência ( $P = 0.062$ ) também foi observada no total de folículos de 10-15mm (EXER  $4.93 \pm 0.72$ , NOEX  $3.20 \pm 0.51$ ). Entretanto, houve significativamente mais folículos de 15,1-25 mm no grupo NOEX em relação ao grupo EXER ( $3.20 \pm 0.57$  e  $2.86 \pm 0.40$ ,  $P < 0,05$ , respectivamente), bem como a diferença se manteve entre folículos >25mm ( $P < 0.05$ ; EXER  $1.10 \pm 0.06$ , NOEX  $1.84 \pm 0.25$ ). Os resultados apresentados nesta pesquisa são parcialmente consistentes com os obtidos por Kelley et al. (2009), mas diferem dos resultados obtidos por Mortensen et al. (2009), que não encontrou diferença no diâmetro do maior folículo pré-ovulatório. De forma semelhante a outras espécies (De Rensis e Scaramuzzi, 2003), o aumento da atividade folicular no quinto dia após a ovulação (D-5), indica uma redução da dominância do folículo maior no grupo EXER. Os autores consideraram que esta diferença na dinâmica ovariana ilustra a potencial diferença funcional na atividade folicular entre éguas induzidas ao estresse térmico induzido pelo exercício e aquelas não exercitadas, que talvez sejam elucidadas por experimentos que envolvam dosagens hormonais.

Em sua tese, Oliveira (2016) avaliou o efeito do estresse térmico sobre o ciclo estral e a perfusão sanguínea das artérias ovariana e uterina, comparando os resultados entre éguas sob conforto térmico (mantidas em área de sombreamento – GI) e éguas em desconforto térmico (área sem acesso a sombra – GII). O estresse térmico foi avaliado a partir da determinação e comparação entre os grupos das variáveis fisiológicas: temperatura retal, frequência respiratória e frequência cardíaca usados para determinar índices bioclimáticos: coeficiente de adaptabilidade (CA) e coeficiente de tolerância ao calor (CTC), que permitem identificar o grau de estresse sofrido em determinado ambiente. Os índices bioclimáticos se baseiam no desvio da normalidade dos parâmetros vitais, quando da exposição a diferentes ambientes térmicos, para avaliar a adaptabilidade do animal ao ambiente. Quanto ao CA, quanto mais afastado do valor três, menos adaptado ao ambiente encontra-se o animal (Martins Jr., 2004), ou seja, maior pressão o ambiente exerce sobre o animal, provocando maior estresse térmico. O CTC é um índice que se baseia na temperatura retal do animal para avaliar seu *status* homeotérmico. Quanto mais próximo de 100, mais adaptado está o animal, ou seja, sua temperatura retal não varia em relação ao ambiente termal. O GII apresentou menor habilidade em manter a homeotermia, demonstrando estar em condição de maior estresse térmico que o GI, explicitados pelo CA de 5,3 e 4,6 ( $P < 0,05$ ) para GII e GI, respectivamente, bem como para o CTC de 82,5 e 92 para GII e GI ( $P < 0,05$ ), respectivamente.

A duração do ciclo estral, do diestro e do estro não variou entre os grupos experimentais, tanto nos ciclos naturais como nos ciclos tratados com prostaglandina, o que demonstra que a condição de maior desconforto térmico no GII, não afetou a duração completa do ciclo estral, do diestro ou do estro. Entretanto, a divergência folicular ocorreu 1,7 dias mais cedo no grupo sob condição de sombreamento - GI ( $10,2 \pm 3,2$  em relação ao grupo em insolação  $11,9 \pm 2,8$ , no qual a divergência folicular foi mais tardia. O diâmetro dos seis maiores folículos no dia anterior a ovulação não variou entre grupos experimentais.

Roth et al. (2000), avaliando o estresse térmico em vacas, relatam que durante a fase luteal a concentração plasmática de inibina foi maior no grupo de vacas sob conforto térmico em relação ao grupo sob estresse térmico. Os autores relatam ainda que a duração e amplitude da segunda onda de FSH, bem como a concentração de FHS plasmático na primeira onda foram quatro vezes maiores no grupo sobre estresse térmico.

Oliveira (2016) na comparação dos valores do índice de pulsatilidade (PI) e resistividade (RI), verificou que o fluxo sanguíneo da artéria ovariana e uterina não diferiram entre grupos experimentais durante o estro ou no



diestro, apresentado valores de PI e RI semelhantes entre os animais a sombra (GI) e em insolação (GII).

O índice de temperatura do globo e umidade (ITGU), é um índice físico utilizado com o objetivo de caracterizar ou quantificar as faixas de conforto térmico ideais para as diferentes espécies animais. Segundo o National Weather Service of USA, citado por Baêta (1985), os valores de ITGU até 74, 74 a 79, 79 a 84 e acima de 84 definem situação de conforto, alerta, perigo e emergência, respectivamente. Ao comparar os dados da variação do PI e RI nas artérias ovariana e uterina em relação ao ITGU. Observou-se que a partir do ITGU de 79 pontos, ocorreu aumento da perfusão da artéria ovariana no grupo em insolação quando comparado ao grupo à sombra, uma vez que os animais expostos ao sol obtiveram um valor médio de PI da artéria ovariana menor que o grupo a sombra nas classes de ITGU >79. O RI da mesma artéria também foi inferior no grupo ao sol em relação ao grupo a sombra, entretanto, apenas quando o ITGU foi maior que 84, resultado que não se repetiu para os índices observados na artéria uterina.

#### *Efeito do estresse térmico sob os índices reprodutivos em equinos*

Oliveira et al. (2015), avaliaram a taxa de recuperação embrionária (TR) e taxa de gestação (TG), durante o verão, na região da Baixada Fluminense – RJ, onde a temperatura ambiente e índices bioclimáticos permanecem em condições de estresse e perigo em 90% dos dias de verão.

Os autores verificaram um efeito negativo do estresse climático sobre os índices reprodutivos, havendo queda na taxa de recuperação à medida que a temperatura ambiental se eleva. Maior TR (71%) foi observada a temperatura ambiente de 26°C, tendo ocorrido redução significativa a temperatura de 29°C, com 51,4%. Entretanto, não houve relação significativa da TR com a umidade relativa do ar e com o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), embora menor TR tenha sido obtido quanto maior foi o desconforto térmico expressado pelo ITU. O que demonstra que o parâmetro temperatura ambiental isoladamente, possa ser o fator com maior influência negativa sobre os índices reprodutivos

Maior TG foi obtida aos 24, 25 e 26°C (81,5%, 63% e 66,7%, respectivamente), próximo a faixa de conforto térmico equino, enquanto as TG observadas para temperaturas superiores não variaram entre si e foram menores que os valores encontrados entre 24, 25 e 26°C, seguida de queda significativa principalmente às temperaturas de 27 e 28°C (35,3% e 40%, respectivamente)

A mesma tendência foi observada para a relação da TG com o ITU, maior TG foi obtida para ITU entre 74 e 75 unidades (68,3%) e menor TG para o ITU  $\geq$  78 unidades (45%) mostrando queda significativa na TG ( $P < 0,05$ ) a medida que o ITU se eleva, entretanto, o efeito da umidade isoladamente não apresentou relação significativa com a TG o que denota uma maior influência da temperatura sobre a TG.

Os autores sugerem que a influência negativa do estresse térmico junto aos índices reprodutivos, pode estar associada alterações na foliculogênese e competência oocitária, na formação e atividade do corpo lúteo e por alterações no útero propriamente. De fato estudos com cultivo de células endometriais oriundas de porcas submetidas a altas temperaturas e umidade demonstram que em relação ao grupo controle as células endometriais de porcas sobre estresse térmico secretaram maiores quantidades de prostaglandina e que a medida que se elevou a temperatura do ambiente a secreção da prostaglandina também aumentou (Gros et al. 1989), o mesmo foi observado por Wettemann et al. (1984) em vacas sob estresse térmico entre 8 e 16 dias gestação, as quais tiveram maiores quantidades circulantes de PGF<sub>2a</sub> e seus metabólitos quando comparado a vacas em conforto térmico.

Em Vassouras, RJ, Nogueira et. al. (2011) avaliaram a relação entre a temperatura ambiente e umidade do ar e o número de coletas de embriões equinos positivas e negativas. O número de coletas positivas foi maior em temperatura  $\leq$  25°C (81, 8%), quando comparado ao número de embriões obtidos a temperaturas >25°C (52 %), bem como o número de coletas negativas foi maior no grupo temperatura alta (47,2%) quando comparado a temperatura baixa (18,2%)

De forma semelhante, Van Delft (2009), na Argentina, avaliou a relação do estresse térmico sobre a taxa de recuperação embrionária em equinos, através do índice humidex que associa temperatura e umidade do ar para estimar parâmetros de conforto, quanto maior o humidex maior o desconforto, o autor relata uma redução de 0,52% na taxa de recuperação embrionária a medida que o índice humidex aumenta em uma unidade.

Mortensen et al. (2009), avaliaram o efeito do exercício em ambientes quentes e úmidos sobre a redução da taxa de recuperação embrionária em éguas, para tanto o autor dividiu as doadoras em dois grupos: exercitado (EXER) e não exercitado (NOEX). Houve um incremento médio de 1,97°C na temperatura corpórea durante o exercício. Os autores observaram que o diâmetro do folículo pré-ovulatório foi maior nas éguas não exercitadas em relação as éguas exercitadas ( $41.5 \pm 0.5$  mm e  $39.8 \pm 0.5$  mm). O intervalo entre a administração da PGF<sub>2a</sub> (no D7 após a ovulação) até a ovulação subsequente foi maior nas éguas EXER em relação as NOEX ( $9.3 \pm 0.3$  d. e  $8.5 \pm 0.3$  d.). Ao discutir os resultados, os autores, mesmo não tendo avaliado a concentração plasmática dos hormônios gonadotróficos, atribuem o resultado a uma alteração na função de liberação de gonadotrofinas induzida pela ação de glicocorticóides em condição de estresse em equinos (Williams et al., 2002) que inibe a liberação de gonadotrofinas (Kalantaridou et al., 2004). Esse atraso no desenvolvimento folicular foi apontado como possível causa da redução da fertilidade das éguas EXER, que apresentaram menor taxa de recuperação embrionária em relação as NOEX.

A taxa de recuperação embrionária para éguas NOEX foi de 63% (22 embriões recuperados em 35 coletas),





enquanto nas éguas EXE foi menor, apenas 34% de embriões recuperados (11 embriões em 32 coletas). Foi observada ainda uma tendência à menor frequência de embriões de qualidade Grau 1 nas éguas EXE ( $P = 0,051$ ) quando comparadas às NOEX (4 de 11, 36% e 16 de 22, 73%, para éguas NOEX e EXE, respectivamente), resultados semelhantes aos obtidos em vacas, que obtiveram menor taxa de recuperação e qualidade de embriões em vacas em estresse térmico (Gordon et al., 1987; Monty e Racowsky, 1987; Putney et al., 1988).

Apesar dos resultados apontarem um efeito negativo do estresse térmico induzido pelo exercício, sobre a taxa de recuperação embrionária, Montensen et al. (2009) se questionou a respeito do resultado obtido ter sido gerado devido ao estresse térmico afetando diretamente o oócito e/ou desenvolvimento do embrião ou aos efeitos sistêmicos gerais induzidas pelo exercício. Assim, Mortensen et al. (2010), realizaram a primeira pesquisa *in vitro* para avaliação do efeito direto da exposição ao calor a partir da análise da competência meiótica do oócito bem como da expressão de marcadores de estresse térmico nos oócitos de embriões produzidos por ICSI e *in vivo*. Estes observaram que os oócitos em estádios tardios de maturação *in vitro* são sensíveis ao estresse térmico e apresentaram redução na competência de desenvolvimento sugerindo que o calor pode reduzir também a produção de embriões em éguas expostas a tal condição. Nos blastocistos resultantes destes oócitos houve maior expressão de proteínas de choque térmico (HSPA1A), sugerindo uma resposta ao insulto ambiental.

### Considerações finais

Conclui-se que apesar de escassos e conflitantes, os dados das pesquisas apontam para a influência negativa do estresse climático sobre a reprodução equina, trazendo um alerta para a necessidade de estudos aprofundados sobre as alterações dos processos fisiológicos decorrentes de condições climáticas desfavoráveis, bem como adequação do manejo ambiental visando o conforto térmico em animais em repouso ou sob treinamentos sob condições de alta temperatura e umidade.

### Referências

- Argov N, Moallem U, Sklan D.** Summer heat stress alters the mRNA expression of selective-uptake and endocytotic receptors in bovine ovarian cells. *Theriogenology*, v.64, p.475-1489, 2005.
- Baccari Jr F.** Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 142p, 2001.
- Baêta FC.** Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season. 1985. 218 p. Thesis. University of Missouri, Missouri, 1985.
- Bartolomeu CC, Del Rei JA, Álvares GTC, Rezende RG.** Influência do estresse térmico sobre a atividade de monta de vacas da raça girolanda no município de Entre Rios/BA. In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, Goiânia, GO. Anais... Goiânia:CBRA, 2005.
- Curtis SE.** Environmental management in animal agriculture. Ames: The Iowa State University Press, 409p, 1983.
- De Rensis F, Scaramuzzi Jr.** Heat Stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review. *Theriogenology*, v.60, p.1139-1151, 2003.
- Dobson H, Smith FR.** What is stress, and how does it affect reproduction? *Anim Reprod Sci*, v.60-61, p.743-752, 2000.
- Dworczyk MC, Vogelsang MM, Scott BD, Sigler DH, Vogelsang SG, Welsh TH.** The effect of exercise-induced heat stress on ovarian dynamics in the mare. *Anim Reprod Sci*, v.121, p.47-48, 2010.
- Gordon I, Boland MP, McGovern H, Lynn G.** Effect of season on superovulatory responses and embryo quality in Holstein cattle in Saudi Arabia. *Theriogenology*, v.27, n.1, p.231, 1987.
- Gross TS, Putney DJ, Bazer FW, Thatcher WW.** Effect of in-vitro heat stress on prostaglandin and protein secretion by endometrium from pregnant and cyclic gilts at Day 14 after oestrus. *J Reprod Fertil*, v.85, p.541-550, 1989.
- Grunert E, Birge HE, Vale GW.** Patologia clínica da reprodução dos animais mamíferos domésticos: ginecologia. São Paulo: Livraria Varela, 2005.
- Guzeloglu A, Ambrose DJ, Kassa T, Diaz T, Thatcher, JM, Tatcher JJ.** Long-term follicular dynamics and biochemical characteristics of dominant follicles in dairy cows subjected to acute heat stress. *Anim Reprod Sci*, v.66, p.15-34, 2001.
- Hansen JP, Aréchiga FC.** Strategies for Managing Reproduction in the Heat-Stressed Dairy Cow. *J Animal Sci*, v.77, p.36-50, 1999.
- Hansen JP, Drost M, Rivera MR, Paula-lobes FF, Alkatanani MY, Krininger III EC, Chase CC.** Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. *Theriogenology*, v.55, p.91-103, 2001.
- Hansen, JP.** Managing the Heat-Stressed Cow to Improve Reproduction In: 7 th Western Dairy Management Conference, 7, 2005, Reno, NV. Proceedings... p. 9-11, 2005.
- Jordan ER.** Effects of heat stress on reproduction. *J Dairy Sci*, v.86, p.104-114, 2003.
- Ju JC.** Cellular responses of oocytes and embryos under heat stress: hints to molecular signaling. *Anim Reprod*, v.2, n.2, p.79-90, 2005.



- Kalantaridou SN, Makrigiannakis A, Zoumakis E, Chrousos GP.** Stress and the female reproductive system. *J Reprod Immunol*, v.62, n.1-2, p.61-68, 2004.
- Kelley DE, Gibbons JR, Pratt SE, Smith RL, Mortensen CJ.** Exercise lengthens the interovulatory interval in mares. *Equine Sci Soc Proc*, v.29, n.5, p.337-338, 2009.
- Lu CD.** Effects of heat stress on goat reproduction. *Small Rumin Res*, v.2, n.2, p.151-162, 1989.
- Marai IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM A.** Physiological traits as affected by heat stress in sheep – A review. *Small Rumin Res*, v.71, n.1-3, p.1-12, 2007.
- Martins Júnior LM.** Adaptabilidade das raças Boer e Anglonubiana às condições climáticas da região Meio Norte do Brasil. 2004. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, 2004.
- Monty DE Jr., Racowsky C.** In vitro evaluation of early embryo viability and development in summer heat-stressed, superovulated dairy cattle. *Theriogenology*, v.28, p.451-465, 1987.
- Morgan K.** Short-term Thermoregulatory Responses of Horses to Brief Changes in Ambient Temperature. Dissertation. Report 209. Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala, Sweden, 51p, 1996.
- Mortensen CJ, Choi YH, Hinrichs K, Ing NH, Kraemer DC, Vogelsang SG, Vogelsang MM.** Embryo recovery from exercised mares. *Anim Reprod Sci*, v.110, n.3-4, p.237-244, 2009.
- Mortensen CJ, Choi YH, Ing NH, Kraemer DC, Vogelsang MM, Hinrichs K.** Heat shock protein 70 gene expression in equine blastocysts after exposure of oocytes to high temperatures in vitro or in vivo after exercise of donor mares. *Theriogenology*, v.74, p.374-383, 2010.
- NÄÄS IA.** Princípios de conforto térmico na produção animal. São Paulo: Ícone, 183p, 1989.
- Nogueira IV, Gomes LP, Athayde FP, Dornelas GN, Gomes GM.** Influência do Clima na Recuperação Embrionária em Éguas da Raça Mangalarga Marchador no Município de Vassouras- RJ. *Revista de Saúde*, v.2, n.1, p.27-34, 2011.
- Oliveira JP, Jacob JCF, de Jesus VLT, Silva PCA.** Influência da temperatura e umidade ambiente em um programa de transferência de embriões equinos, na Baixada Fluminense, Rio de Janeiro. *Rev Bras Med Vet*, v.37, n.2, p.158-162, 2015.
- Oliveira, JP.** Dinâmica Folicular e Fluxo Sanguíneo Ovariano e Uterino em Éguas Mangalarga Marchador em Condições de Sombra e Insolação, 2016. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- Pereira, CCJ.** Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.
- Putney DJ, Drost M, Thatcher WW.** Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between days 1 to 7 post insemination. *Theriogenology*, v.30, n.2, p.195-209, 1988.
- Rivier C, Rivest S.** Effect of stress on the activity of the Hypothalamic-Pituitary-Gonadal Axis: Peripheral and Central Mechanisms. *Biol Reprod*, v.45, n.4, p.523-532, 1991.
- Roth Z, Meidan R, Braw-Tal R, Wolfenson D.** Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *J Reprod Fert*, v.120, p.83-90, 2000.
- Shimizu T, Ohshima I, Ozawa M, Takahashi S, Tajima A, Shiota M, Miyazaki H, Kanai Y.** Heat stress diminishes gonadotropin receptor expression and enhances susceptibility to apoptosis of rat granulosa cells, *Reproduction*, v.129, p.463-472, 2005.
- Silva RG.** Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 286p, 2000.
- Titto C, Titto E, Vieira R, Glaser F, Titto R, Ablas P.** Tolerância ao calor em bovinos de corte de raças europeias, utilizadas em cruzamento industrial no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia, 4, Ribeirão Preto, São Paulo. Anais... Ribeirão Preto: SBBiomet, 2006.
- Titto, EAL.** Taxa de sudação e composição mineral do suor de equinos das raças Bretão, Anglo-árabe e Mangalarga. *Ars Vet Jaboticabal*, v.14, p. 264-272, 1998.
- Van Delft TVAF.** Effect of climate on the success of an equine embryo transfer. Faculty of Veterinary Medicine Theses (Doctoral Thesis). Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands, 30p., 2009.
- West WJ.** Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *J Animal Sci*, v.77, n.2, p.21-35, 1999.
- Wettemann RP, Bazer FW, Thatcher WW, Hoagland TA.** Environmental influences on embryonic mortality. *Proc 10th Int Congr Anim Reprod*. AL, Urbana-Champaign, v.5, n.13, p. 26-32, 1984.
- Williams RJ, Marlin DJ, Smith N, Harris RC, Haresign W, Morel MC.** Effects of cool and hot humid environmental conditions on neuroendocrine responses of horses to treadmill exercise. *Vet J*, v.164, n.1, p.54-63, 2002.
- Wilson JS, Marion SR, Spain, NJ, Spiers ED, Keisler HD, Lucy CM.** Effects of Controlled Heat Stress on Ovarian Function of Dairy Cattle. 1. Lactating Cows. *J Dairy Sci*, v.81, p.2124-2131, 1998.
-