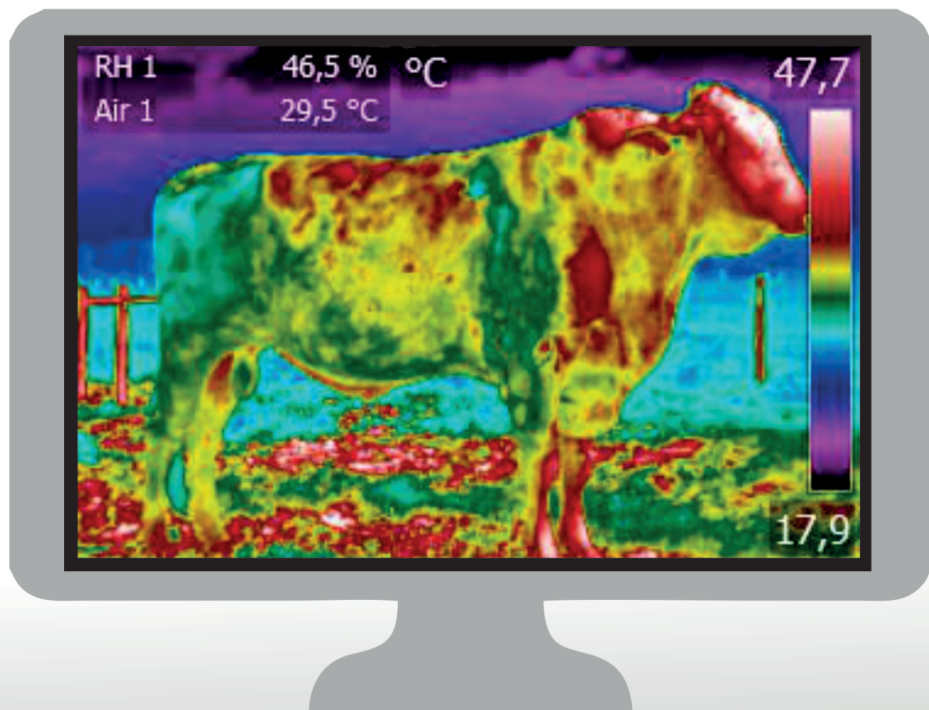


Pecuária leiteira de precisão: utilização da termografia infravermelho na produção e reprodução animal



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Leite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 229

Pecuária leiteira de precisão: utilização da termografia infravermelho na produção e reprodução animal

*Vanessa Amorim Teixeira
Thierry Ribeiro Tomich
Ângela Maria Quintão Lana
Sandra Gesteira Coelho
Lúcio Carlos Gonçalves
Mariana Magalhães Campos
Fernanda Samarini Machado
Luiz Gustavo Ribeiro Pereira*

Autores

***Embrapa Gado de Leite
Juiz de Fora, MG
2018***

Comitê Local de Publicações da Unidade
Responsável

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom Bosco
CEP: 36038-330 – Juiz de Fora/MG
Telefone: (32)3311-7400
Fax: (32)3311-7424
<http://www.embrapa.br>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Presidente
Pedro Braga Arcuri

Secretária-Executiva
Inês Maria Rodrigues

Membros
Jackson Silva e Oliveira, Leônidas Paixão Passos, Alexander Machado Auad, Fernando Cesar Ferraz Lopes, Francisco José da Silva Lédo, Pérsio Sandir D'Oliveira, Fábio Homero Diniz, Frank Ângelo Tomita Bruneli, Nívea Maria Vicentini, Leticia Caldas Mendonça, Rita de Cássia Bastos de Souza, Rita de Cássia Palmyra da Costa Pinto, Virginia de Souza Columbiano Barbosa

Supervisão editorial
Mariana Magalhães Campos

Normalização bibliográfica
Inês Maria Rodrigues

Tratamento das ilustrações e editoração eletrônica
Carlos Alberto Medeiros de Moura

Arte da Capa
Adriana Barros Guimarães

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

1ª edição
On line (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Gado de Leite

Pecuária leiteira de precisão: utilização da termografia infravermelho na Produção e Reprodução Animal / Vanessa Amorim Teixeira... [et al.]. – Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2018.
22 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 229).

ISSN 1516-7453

1. Pecuária leiteira. 2. Precisão 3. Termografia. 4. Infravermelho. 5. Produção animal. I. Teixeira, Vanessa Amorim. II. Tomich, Thierry Ribeiro. III. Lana, Ângela Maria Quintão. IV. Coelho, Sandra Gesteira. V. Gonçalves, Lúcio Carlos. VI. Campos, Mariana Magalhães. VII. Machado, Fernanda Samarini. VIII. Pereira, Luiz Gustavo Ribeiro. X. Série.

CDD 636.2142

Autores

Vanessa Amorim Teixeira

Médica Veterinária, M.Sc., doutoranda em zootecnia – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG

Thierry Ribeiro Tomich

Médico Veterinário, D.Sc., pesquisador – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Ângela Maria Quintão Lana

Agrônoma, D.Sc., professora – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG

Sandra Gesteira Coelho

Medica-veterinária, D.Sc., Professora – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG

Lúcio Carlos Gonçalves

Agrônomo, D.Sc., Professor – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG

Mariana Magalhães Campos

Médica-veterinária, D.Sc., Pesquisadora – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Fernanda Samarini Machado

Médica-veterinária, D.Sc., Pesquisadora – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Médico-veterinário, D.Sc., Pesquisador – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Apresentação

O registro de variações térmicas em seres vivos por meio de infravermelho deixou de ser uma possibilidade, passou por experimentos empíricos e se tornou realidade como ferramenta de gestão zootécnica, no caso de rebanhos comerciais. Com o avanço da física associada à engenharia, processos mais acurados estão cada vez mais acessíveis e soluções precisas e viáveis estão se ampliando, em termos de funcionalidade e de custos. Isso tem aberto um novo cenário, propício para o surgimento de startups, que começam a perceber o potencial de escalabilidade que este segmento apresenta.

Em termos produtivos, é possível detectar previamente problemas clínicos em animais. A atuação preditiva é sempre mais eficiente, de menor risco, com menos impacto residual e de menor custo. Por outro lado, também resultados similares são alcançados em termos reprodutivos. Nas páginas que se seguem a termografia infravermelho (TIV) é descrita de maneira acessível, sem perder o conteúdo. Este método não invasivo vem ganhando espaço em termos de aplicações na medicina veterinária, na produção animal e também nas pesquisas científicas. Uma leitura recomendada para todos.

Paulo do Carmo Martins
Chefe-geral da Embrapa Gado de Leite

Sumário

1. Introdução.....	9
2. Termografia infravermelho na produção animal	11
3. Termografia infravermelho na reprodução.....	12
4. Considerações finais	14
5. Referências	15

1. Introdução

A termografia infravermelho (TIV) é um método não invasivo e indireto que possui aplicações na medicina veterinária, produção animal e também nas pesquisas científicas. Normalmente são utilizados métodos invasivos que podem produzir falsos resultados por desencadear respostas ansiogênicas (Stewart et al., 2008; Roberto e Souza, 2014; Alves et al., 2016), assim a TIV pode ser uma opção que respeita as condições de bem-estar animal.

O princípio da TIV é fundamentado nas bases de que todos os corpos formados de matéria, ou massa, que possuam temperatura acima de zero emitem radiação infravermelha que pode ser mensurada e correlacionada com a temperatura corporal (Knizkova et al., 2007). A porção do espectro eletromagnético que se estende de aproximadamente 0,1 a 100 mm (espectro visível e infravermelho) é denominada radiação térmica (Incropera, DeWitt, 2008).

A radiação é uma forma de perda de calor por raios infravermelhos, envolvendo a transferência de calor de um objeto para outro sem contato físico. A emissividade da pele é um fator importante na determinação da sua temperatura e, através da avaliação da temperatura superficial, é possível adquirir conhecimentos sobre o estado físico e saudável dos seres vivos (Chiu et al., 2005; Bouzida et al., 2009).

As câmaras térmicas captam a radiação infravermelha emitida pela superfície, convertem-na em sinais radiométricos e criam uma imagem térmica que representa a distribuição de temperatura superficial do corpo (Incropera, DeWitt, 2008; DiGiacomo et al., 2014). No termograma, cada cor expressa faixa de temperatura específica, relacionada à escala definida (Eddy et al., 2001; Ludwing, 2013). Os dados obtidos por digitalização são processados por computador, proporcionando análise detalhada do campo de temperatura (Da Cruz Junior, 2011). Os *softwares* das câmeras termográficas permitem análise de dados de qualquer área do termograma (Godyn et al., 2013).

Em animais homeotérmicos, a termorregulação é uma característica chave na manutenção da homeostase. A capacidade de termorregulação está fortemente relacionada com o equilíbrio energético (Aksit et al., 2006). No caso de mudanças térmicas, os mecanismos fisiológicos são aumentados, aumentando assim as taxas de gasto energético (Shinder et al., 2007,

Stewart et al., 2017). A termometria cutânea é um método de avaliação do sistema vascular da pele, microcirculação, onde as emissões infravermelhas do animal estão diretamente relacionadas à perfusão e metabolismo dos tecidos. Variações na temperatura da superfície do tecido geralmente são resultados de mudanças na vascularização da área avaliada, por exemplo, calor e edema são observados quando há inflamação, por serem fatores que interferem na circulação sanguínea normal e consequentemente na emissão de radiação infravermelha da área afetada (Stelletta et al., 2012; Roberto e Souza, 2014).

O fluxo de sangue, por sua vez, é regulado pelo sistema nervoso autônomo (Stewart et al., 2008) que pode causar mudanças na temperatura da pele do animal, alterando a quantidade de calor irradiado da termorregulação (Martello et al., 2016). A temperatura medida nas extremidades do corpo prediz a dissipação de calor de forma mais eficiente que medidas do centro, que, por sua vez, é um melhor indicador da produção de calor (DiGiacomo et al., 2014). A TIV permite a visualização da distribuição de temperatura, e pode detectar mudanças no fluxo de sangue periférico das mudanças resultantes na perda de calor e; portanto, têm sido útil para avaliar a presença de doença, edema e estresse em animais (Nascimento et al., 2014).

A termografia permite avaliar o impacto dos fatores ambientais e pode direcionar a tomada de decisão, promovendo a saúde e o bem-estar animal, além de seu meio diagnóstico subclínico e clínico eficiente, permitindo o entendimento do prognóstico na biomedicina. A TIV tem cada vez mais ganhado importância por ser uma técnica não invasiva e segura tanto para o animal quanto para o aplicador, que é capaz de detectar mudanças de temperatura corporal de forma eficiente (Roberto e Souza, 2014; Rekant et al., 2016).

Uma das vantagens dessa técnica reside no fato de não haver necessidade de se conter o animal, ou de usar sedativos, nem do contato físico direto já que o termograma é capturado à distância, gerando menor alteração fisiológica e maior confiabilidade dos dados gerados; além de ser equipamento leve, portátil e de fácil manuseio (Godyn et al., 2013). Entretanto, alguns fatores devem ser levados em consideração para que essa técnica seja utilizada com êxito; como o cuidado com as condições climáticas para termografias à radiação solar, ou em condições de alta umidade, precipitação e vento; que pode promover perda de calor por convecção; ou quando as superfícies visualizadas estiverem sujas; esses fatores podem alterar os valores de

emissividade e condutividade e assim alterar os valores das temperaturas (McManus et al., 2016; Daltro et al., 2017). A distância entre o objeto de captura de imagem e o termógrafo deve ser parametrizado intra e inter avaliações; o animal deve estar em repouso nos momentos que antecedem a aferição da temperatura (Nogueira et al., 2013) e o animal deve estar habituado ao ambiente e ao examinador (Silva et al., 2014).

Nessa série Documentos da Embrapa são discutidas as possibilidades de uso da TIV como método não invasivo e indireto aplicado como tecnologia de precisão na produção e reprodução animal.

2. Termografia Infravermelho na Produção Animal

Estudos em bovinos mostraram que a TIV pode detectar alterações térmicas antes dos sinais clínicos (Schaefer et al., 2004), além de permitir a identificação de lesões de pele (Poikalainen et al., 2012), doença respiratória bovina (Schaefer et al., 2012), estresse térmico em vacas lactantes (Daltro et al., 2017), diarreia neonatal de bezerro (Lowe et al., 2016) e doença respiratória em bezerros (Schaefer et al., 2007; Schaefer et al., 2011). Outros estudos têm investigado a termografia como solução não invasiva para a detecção de mastite (Berry et al., 2003; Polat et al., 2010). Pezeshki et al. (2011) relataram aumento de 2 a 3 graus Celsius na temperatura de superfície do úbere de vacas em lactação após inoculação com *Escherichia coli*. Martins et al. (2013) e Bastos et al. (2015) relataram que o diagnóstico de mastite subclínica, com o uso da termografia equivale ao uso do CMT (*California Mastitis Test*), e concluíram também que a temperatura na pele do úbere durante o pico de lactação é maior, devido à mudança no metabolismo nessa área específica (Stelletta et al., 2012).

A termografia também foi empregada para o diagnóstico de febre aftosa (Rainwater-Lovett et al., 2009), na avaliação de comportamento, bem – estar animal e conforto térmico (Stewart et al., 2005; Kotrba et al., 2007; McCafferty et al., 2011; Salles et al., 2016), produção de gás metano por vacas leiteiras e identificação de animais com melhor eficiência alimentar (Montanholi et

al., 2010; DiGiacomo et al., 2014), claudicação (Alsaad, Büscher, 2012), laminite e dermatite digital (Alsaad et al., 2014), estresse (Stewart et al., 2008) e dor (Stewart et al., 2009).

As doenças mencionadas acima estão todas associadas com resposta inflamatória localizada (por exemplo, trato respiratório, intestinos) e durante o seu início, os animais utilizam outros mecanismos para perda de calor (por exemplo, calor irradiado) para manter a temperatura corporal normal.

3. Termografia Infravermelho na Reprodução

A TIV da superfície do corpo vem sendo indicada em áreas da pecuária e produção animal por ser um procedimento mais fácil do que os métodos de abordagem tradicionais utilizados para medir a temperatura e produção de calor (Church et al., 2014; Roberto e Souza, 2014; Martello et al., 2016). As mudanças na temperatura superficial do corpo dos animais provêm do metabolismo e de fontes externas, estando relacionadas a vários processos fisiológicos, associados, inclusive, com a reprodução, como descrito no trabalho de Islam (2011), que avaliou a correlação da temperatura com o estro, variações ovarianas durante o ciclo (Talukder et al., 2014) e por fim no diagnóstico de prenhes (Cilulko et al., 2013).

Em fêmeas, bovinas (Osawa et al., 2004) e suínas (Simões et al., 2014), a mudança de temperatura no corpo e na vagina foi estudada para determinar a relação entre estes valores e a ovulação, sendo indicada como técnica promissora na previsão da ovulação (Scolari et al., 2009). Na detecção do cio, o uso da termografia pode melhorar as taxas de prenhes em cios regulares ou silenciosos, uma vez que a temperatura aumenta nos três dias que antecedem a ovulação (Talukder et al., 2014). Em outro estudo com gado da raça Holandês na Austrália, Talukder et al. (2014), observaram que houve redução na temperatura da vulva e focinho obtidas por TIV 48 horas antes da ovulação.

A termografia do escroto foi eficaz na caracterização da temperatura da superfície deste órgão em pequenos ruminantes (Ramires Neto et al., 2011). Em trabalhos realizados no Brasil, em touros da raça Nelore, foram avaliados a relação dos fatores climáticos com a temperatura da superfície do escroto e qualidade de sêmen com a utilização da termografia infravermelho (Ruediger

et al., 2016). No inverno, houve correlação positiva ($P < 0,05$) para motilidade espermática x temperaturas do escroto e concentração espermática x temperaturas do escroto. No verão, houve correlação negativa ($P < 0,05$) entre temperatura ambiente x concentração espermática. A conclusão do trabalho foi que a temperatura e umidade do ar influenciaram a qualidade do sêmen e a termografia pode complementar a avaliação reprodutiva dos touros (Ruediger et al., 2016).

Nos trabalhos de Kastelic et al. (1996a) foram avaliadas alterações na temperatura ambiental e sua relação com a termografia do escroto. Os autores concluíram que o ritmo circadiano da superfície escrotal não influenciou nos resultados da termografia, assim o procedimento termográfico pode ser realizado qualquer momento.

Souza et al. (2014) encontraram uma variação de temperatura do escroto de $4,04\text{ }^{\circ}\text{C}$, onde a temperatura do cordão espermático foi $36,91 \pm 1,56\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a temperatura da cauda dos epidídimos de $32,87 \pm 1,88\text{ }^{\circ}\text{C}$. Souza et al. (2015) encontraram correlações significativas ($P < 0,05$) entre temperatura retal ($38,85 \pm 0,62\text{ }^{\circ}\text{C}$) e temperatura ambiente ($r = 0,25$) e umidade relativa do ar ($r = -0,32$). Chacur et al. (2015) também encontraram correlações significativas entre temperatura retal e a temperatura do cordão espermático ($r = 0,51$), temperatura do terço dorsal, médio e ventral dos testículos ($r = 0,43$; $0,37$ e $0,33$, respectivamente) e temperatura da cauda dos epidídimos ($r = 0,32$).

Os efeitos do método de colheita espermática foram avaliados em reprodutores *Bos taurus taurus*. A eletroejaculação propiciou temperatura mais elevadas devido às contrações da cauda do epidídimo. No Brasil, a eletro ejaculação em reprodutores *Bos taurus indicus* não causou aumento de temperatura ($P > 0,05$). Assim, os autores concluíram que a termografia pode ser executada antes ou depois da colheita de sêmen por eletroejaculador automático (Chacur et al., 2015).

No trabalho de Souza et al. (2017) foram avaliadas a temperatura termográfica da superfície do escroto e suas diferenças (Δ) antes e após a coleta de sêmen e a relação com a qualidade do sêmen em touros Nelore. Foram encontradas correlações ($P < 0,05$) entre temperatura do terço dorsal dos testículos e defeitos totais ($r = 0,30$); temperatura do terço ventral dos testículos e defeitos menores ($r = 0,30$), defeitos maiores ($r = 0,28$) e defeitos totais ($r = 0,37$);

temperatura retal e temperatura do terço dorsal dos testículos ($r = 0,43$) e temperatura do terço ventral dos testículos ($r = 0,33$). Os autores concluíram que a termografia infravermelha, proporcionou mensurações precisas da temperatura do escroto podendo ser empregada para detectar alterações na termorregulação. Chacur et al. (2015) e Chacur et al. (2017), consideraram a TIV como método prático e rápido para ser utilizada na rotina de campo em exames andrológicos de touros.

A vascularização sanguínea no escroto colabora para a termorregulação e pode sofrer alterações devido ao aumento da temperatura ambiente, facilitando a perda de calor por radiação (Brito et al., 2004; Ruediger et al., 2016). A TIV foi utilizada para avaliar os efeitos ambientais sobre a qualidade do sêmen em touros da raça Braford em ambiente subtropical. Observou-se que esta técnica pode ser utilizada para avaliar efeitos sobre os aspectos físico-quantitativos, mas não sobre a qualidade morfológica dos espermatozóides (Menegassi et al., 2014; Menegassi et al., 2015).

Não obstante de todas as aplicações e estudos disponíveis, ainda existe deficiência de métodos eficazes que associem de forma precisa as temperaturas da pele aos processos fisiológicos, patológicos, clínicos e subclínicos com a termografia, uma vez que a temperatura da superfície corporal está diretamente associada ao metabolismo individual e as condições climáticas (Brioschi, 2011).

4. Considerações Finais

A termografia por infravermelho pode ser usada como método alternativo não invasivo e complementar na avaliação reprodutiva. Para isso, é importante a avaliação individual, sistemática e, se possível, ininterrupta dos animais, para que se possa criar padrão de temperatura termográfica e de procedimentos para detectar precocemente alterações nos animais.

5. Referências

AKSIT, M.; YALÇIN, S.; ÖZKAN, S.; METIN, K.; ÖZDEMİR, D. Effects of temperature during rearing and crating on stress parameters and meat quality of broilers. **Poultry Science**, v. 85, p. 1867-1874, 2006.

ALSAAOD, M.; BÜSCHER, W. Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 95, p. 735-742, 2012.

ALSAAOD, M.; SYRING, C.; DIETRICH, J., DOHERR, M. G., GUJAN, T.; STEINER, A. A field trial of infrared thermography as a non-invasive diagnostic tool for early detection of digital dermatitis in dairy cows. **The Veterinary Journal**, v. 199, n. 2, p.281-285, 2014.

ALVES, M. B. R.; DE ANDRADE, A. F. C.; DE ARRUDA, R. P.; BATISSACO, L.; FLOREZ-RODRIGUEZ, S. A.; OLIVEIRA, B. M.; TORRES, M. A.; LANÇONI, R.; RAVAGNANI, G. M.; PRADO FILHO, R. R.; VELLONE, V. S.; LOSANO, J. D.; FRANCI, C. R.; NICHI, M.; CELEGHINI, E. C. Recovery of normal testicular temperature after scrotal heat stress in rams assessed by infrared thermography and its effects on seminal characteristics and testosterone blood serum concentration. **Theriogenology**, v. 86, p. 795-805, 2016.

BASTOS, G. P.; CHACUR, M. G. M.; VIVIAN, D. S.; SILVA, L.; CHIARI, L. N. F.; ARAUJO, J. S.; SOUZA, C. D.; GABRIEL FILHO, L. R. A. Temperaturas da superfície da glândula mamária em vacas da raça Holandesa negativas ao *California Mastitis Test* (CMT). In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal. **Anais...**, Belo Horizonte, v.21, p.51, 2015.

BERRY, R. J.; KENNEDY, A. D.; SCOTT S. L.; KYLE, B. L.; SCHAEFER, A. L. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, n. 4, p. 687-93, 2003.

BOUZIDA N.; BENDADA A.; MALDAGUE X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, v. 34, n. 3, p. 120-126, 2009.

BRIOSCHI, M. L. **Metodologia de normalização de análise do campo de temperaturas em imagem infravermelha humana**. 2011. 115 p. Tese

de doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BRITO, L. F. C.; SILVA, A. E.; BARBOSA, R. T.; KASTELIC, J. P. Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. **Theriogenology**, v. 61, n. 2-3, p. 511-528, 2004.

CHACUR, M. G. M. Termografia por infravermelho na reprodução de bubalinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 41, p. 180-187, 2017.

CHACUR, M. G. M.; SOUZA, C. D.; RUEDIGER, F. R.; ANDADRE, I. B.; CARTOCCI, J. S.; BASTOS, G. P.; OBA, E.; RAMOS, A. A.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; RUTTI, F. F.; CREMASCO, C. P. Efeito da colheita de sêmen por eletroejaculação na temperatura da bolsa escrotal em touros Nelore, *Bos taurus indicus*. In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal. **Anais...**, Belo Horizonte, v. 21, p. 85, Resumo, 2015.

CHIU W. T.; LIN P. W.; CHIOU H. Y.; LEE, W. S. YANG, Y. Y.; LEE, H. M.; HSIEH, M. S.; HU, C. J.; HO, Y. S.; DENG, W. P.; HSU, C. Y. Infrared thermography to mass-screen suspected SARS patients with fever. **Asia Pacific Journal of Public Health**, v. 17, n. 1, p. 26-28, 2005.

CHURCH, J. S.; HEGADOREN, P. R.; PAETKAU, M. J.; MILLER, C. C.; REGEV-SHOSHANI, G.; SCHAEFER, A. L.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S. Influence of environmental factors on infrared eye temperature measurements in cattle. **Research in Veterinary Science**, v. 96, n. 1, p.220-226, 2014.

CILULKO, J.; JANISZEWSKI, P.; BOGDASZEWSKI, M.; SZCZYGIELSKA, E. Infrared thermal imaging in studies of wild animals. **European Journal of Wildlife Research**, v. 59, n. 1, p.17-23, 2013.

DA CRUZ JÚNIOR, C. A. **Tolerância ao calor em ovinos reprodutores criados no Distrito Federal**. 2011. 99 f. Tese de Doutorado - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília, Brasília.

DALTRO, D. D. S.; FISCHER, V.; ALFONZO, E. P. M.; DALCIN, V. C.; STUMPF, M. T.; KOLLING, G. J.; SILVA, M. V. G. B.; MCMANUS, C. Infrared

thermography as a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows.

Revista Brasileira de Zootecnia, v. 46, n.5, p. 374-383, 2017.

DIGIACOMO, K. L.; MARETT, L. C.; WALES, W. J.; HAYES, B. J.; DUNSHEA, F. R.; LEURY, B. J. Thermoregulatory differences in lactating dairy cattle classed as efficient or inefficient based on residual feed intake. **Animal Production Science**, v. 54, n. 10, p.1877-1881, 2014.

EDDY, A. L.; VAN HOOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. The role of thermography in the management of equine lameness. **The Veterinary Journal**, v. 162, n. 3, p. 172-181, 2001.

GODYN, D.; HERBUR, E.; WALCZAK, J. Infrared thermography as a method for evaluating the welfare of animals subjected to invasive procedures - a Review. **Annals Animals. Science**, v. 13, p. 423-434, 2013.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 2008. 643 f. Rio de Janeiro: LTC.

ISLAM, R. Synchronization of Estrus in Cattle: A Review. **Veterinary Word**, v. 4, n. 3, p. 136-141, 2011.

KASTELIC, J. P.; COOK, R. B.; COULTER, G. H.; WALLINS G. L.; ENTZ, T. Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. **Animal Reproduction Science**, v. 41, n. 3-4, p. 153-159, 1996a.

KASTELIC, J. P.; COOK, R. B.; COULTER, G. H.; SAACKE, R. G. Isolating the scrotal neck affects semen quality and scrotal/testicular temperatures in the bull. **Theriogenology**, v. 45, n. 5, p.935-942, 1996.

KNIZKOVA, I.; KUNC, P.; GÜRDIL, K. A. G.; PINAR, Y.; SELVI, K. Ç. Applications of infrared thermography in animal production. **Anadolu Journal Agricultural Science**, v. 22, n. 3, p.329-336, 2007.

KOTRBA, R.; KNIZKOVA, I.; KUNC, P.; BARTOS, L. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infra-red thermography. **Journal Thermal Biology**, v. 32, n. 6, p. 355-359, 2007.

LOWE, G. L.; SCHAEFER, A. L.; WAAS, J. R.; WILSON, M. T.; SUTHERLAND, M. A.; STEWART, M. **Brief communication:** The use of infrared thermography and feeding behaviour for early disease detection in New Zealand dairy calves. p. 177–179 in Proc. N.Z. Society Animal Production, Adelaide, Australia, 2016.

LUDWIG, N. Thermal imaging in biological applications. In: LUZI, F.; MITCHELL, M.; NANNI COSTA, L.; REDAELLI, V. (Ed.). **Thermography:** current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine. Brescia Foundation, p.27-40, 2013.

MARTELLO, L. S.; SILVA, S. L.; GOMES, R. C.; SILVA CORTE, R. R.; LEME, P. R. Infrared thermography as a tool to evaluate body surface temperature and its relationship with feed efficiency in *Bos indicus* cattle in tropical conditions. **International Journal Biometeorol**, v. 60, n. 1, p. 173–181, 2016.

MARTINS, R. F. S.; PAIM, T.; DALLAGO, S. L. B.; MELO, C. B.; LOUVANDINI, H.; MCMANUS, C. Mastitis detection in sheep by infrared thermography. **Research in Veterinary Science**, v. 94, n. 3, p.722-724, 2013.

MCCAFFERTY, D. J.; GILBERT, C.; THOMPSON, D.; POMEROY, P. P.; THOMPSON, D.; CURRIE, J. I.; ANCEL, A. Estimating metabolic heat loss in birds and mammals by combining infrared thermography with biophysical modelling. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 158, n. 3, p. 337-345, 2011.

MCMANUS, C.; CANDICE, B.; TANURE, C. B.; PERIPOLLI, V.; SEIXAS, L.; FISCHER, V. GABBI, A. M.; MENEGASSI, S. R. O.; STUMPF, M. T.; KOLLING, G. J.; DIAS, E.; COSTA JUNIOR, J. B. G. Infrared thermography in animal production: an overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 123, p.10–16, 2016.

MENEGASSI, S. R. O.; BARCELLOS, J. O. J.; DIAS, E. A.; KOETZ, C. J.; PEREIRA, G. R.; PERIPOLLI, V.; MCMANUS, C.; CANOZZI, M. E.; LOPES, F. G. Scrotal infrared digital thermography as a predictor of seasonal effects on sperm traits in Braford bulls. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 3, p. 357–364, 2015.

MONTANHOLI, Y. R.; SWANSON, K. C.; PALME, R.; SCHENKEL, F. S.; MCBRIDE, B. W.; LU, D.; MILLER, S. P. Assessing feed efficiency in beef

steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids. **Animal**, v. 4, n. 5, p.692-701, 2010.

NASCIMENTO, G. R.; NAAS, I. A.; BARACHO, M. S.; PEREIRA, D. F.; NEVES, D. P. Infrared Thermography In The Estimation Of Thermal Comfort Of Broilers [termografia Infravermelho Na Estimativa De Conforto Térmico De Frangos De Corte]. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p.658-663, 2014.

NOGUEIRA, F. R. B.; SOUZA, B. B.; CARVALHO, M. G. X.; JUNIOR GARINO, F.; MARQUES, A. V. M. S.; LEITE, R. F. Termografia infravermelha: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelha. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 35, n. 3, p. 289-297, 2013.

PEZESHKI, A.; STORDEUR, P.; WALLEMACQ, H.; SCHYNTS, F.; STEVENS, M.; BOUTET, P.; PEELMAN, L. J.; DE SPIEGELEER, B.; DUCHATEAU, L.; BUREAU, F.; BURVENICH, C. Variation of inflammatory dynamics and mediators in primiparous cows after intramammary challenge with *Escherichia coli*. **Veterinary Research**, v. 42, n. 15, p.15, 2011.

POIKLAINEN, V.; PRAKS, J.; VEERMAE, I.; KOKIN, E. Infrared temperature patterns of cows body as an indicator for health control at precision cattle farming. **Agronomy Research**, v. 1, p. 187-194, 2012.

POLAT, B.; COLAK, A.; CENGIZ, M.; YANMAZ, L. E.; ORAL, H.; BASTAN, A.; KAYA, S.; HAYIRLI, A. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 93, n. 8, p. 3525–3532, 2010.

RAINWATER-LOVETT, K.; PACHECO, J. M.; PACKER, C.; RODRIGUEZ, L. L. Detection of foot-and mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. *The Veterinary Journal*, v. 180, n. 3, p.317-324, 2009.

RAMIRES NETO, C. ; RODELLO, L. ; BICUDO, S.D. Termografia scrotal em ovinos pré-puberes submetidos a estresse térmico ambiental. In: IX Congresso Brasileiro de Buiatria. **Anais...**, Goiânia, Veterinária e Zootecnia, p. 1017, 2011.

REKANT, S. I.; LYONS, M. A.; PACHECO, J. M.; RODRIGUEZ, L. L. Veterinary applications of infrared thermography. **American Journal of Veterinary Research**, v. 77, n. 1, p.98-107, 2016.

ROBERTO, J. V. B.; DE SOUZA, B. B. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. **Journal Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, p. 73-84, 2014.

RUEDIGER, F. R.; CHACUR, M. G. M.; ALVES, F. C. P. E.; OBA, E.; RAMOS, A. A. Digital infrared thermography of the scrotum, semen quality, serum testosterone levels in Nellore bulls (*Bos taurus indicus*) and their correlation with climatic factors. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 1, 2016.

SALLES, M. S. V.; DA SILVA, S. C.; SALLES, F. A.; ROMA, L. C. J. R.; EL FARO, L.; BUSTOS MAC LEAN, P. A.; LINS DE OLIVEIRA, C. E. MARTELLO, L. S. Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. *Journal of thermal biology*, v. 62, p. 63-69, 2016.

SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; BENCH, C.; CHABOT, J. B.; COLYN, J.; LIU, T.; OKINE, E. K.; STEWART, M.; WEBSTER, J. R. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. **Research in Veterinary Science**, v. 93, n. 2, p.928-935, 2011.

SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; CHURCH, J. S.; BASARAB, J.; PERRY, B.; MILLER, C.; TONG, A. K. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. **Veterinary Science**, v. 83, n. 3, p.376-384, 2007.

SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; TESSARO, S. V.; DEREGET, D.; DESROCHES, G.; DUBESKI, P. L.; TONG, A. K. W.; GODSON, D. L. Early detection and prediction of infection using infrared thermography. **Canadian Journal Animal Science**, v. 84, n. 1, p. 73-80, 2004.

SCOLARI, S.; EVANS, R.; KNOX, R.; TAMASSIAM.; CLARK, S. Determination of the relationship between vulvar skin temperatures and time of ovulation in swine using digital infrared thermography. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 22, p.178, 2009.

SHINDER, D.; RUSAL, M.; TANNY, J. Thermoregulatory response of chicks (*Gallus domesticus*) to low ambient temperatures at an early age. **Poultry Science**, v. 86, p. 2200-2209, 2007.

SILVA, E. M. N. Avaliação da adaptabilidade de caprinos leiteiros com auxílio da precisão termográfica no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 36, n. 2, p. 231-237, 2014.

SIMÕES, V. G.; LYAZRHI, F.; PICARD-HAGEN, N.; GAYRARD, V.; MARTINEAU, G. P.; WARET-SZKUTA, A. Variations in the vulvar temperature of sows during proestrus and estrus as determined by infrared thermography and its relation to ovulation. **Therioenology**, v. 82, n. 8, p.1080-1085, 2014.

SOUZA, C. D.; CHACUR, M. G. M. ; RUEDIGER, F. R. ; ANDRADE, I. B. ; CARTOCCI, J. S. ; BASTOS, G. P. ; OBA, E. ; GABRIEL FILHO, L. R. A. ; PUTTI, F. F. ; CREMASCO, C. P. Scrotal surface temperature in Nelore bulls (*Bos taurus indicus*). In: VI International Symposium on Animal Biology of Reproduction (ISABR 2016). **Anais...** Campos do Jordão; Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, p.284, 2017.

SOUZA, C. D.; CHACUR, M. G. M.; RUEDIGER, F. R.; ANDRADE, I. B.; CARTOCCI, J. S.; BASTOS, G. P.; OBA, E., RAMOS, A. A.; GABRIEL-FILHO, L. R. A.; PUTTI, F. F.; CREMASCO, C. P. Termogramas por infravermelho da bolsa escrotal e características do sêmen em touros Nelore, *Bos taurus indicus*. In: Congresso Brasileiro De Reprodução Animal. **Anais...** Belo Horizonte; Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, p.82, 2015.

SOUZA, C. D.; CHACUR, M. G. M.; RUEDIGER, F. R.; CARTOCCI, J. S.; ANDRANDE, I. B.; BASTOS, G. P.; OBA, E.; RAMOS, A. A. Termorregulação escrotal em touros Nelore (*Bos taurus indicus*). **Colloquium Agrariae**, v. 10, p. 101-106, 2014.

STELLETTA, C.; GIANESELLA, M.; VENCATO, J.; FIORE, E.; MORGANTE, M. **Thermographic applications in veterinary medicine**. 2012. Infrared thermography.

STEWART, M.; WILSON, M. T.; SCHAEFER, A. L.; HUDDART, F.; SUTHERLAND, M. A. The use of infrared thermography and accelerometers

for remote monitoring of dairy cow health and welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 5, p.3893-3901, 2017.

STEWART, M.; STAFFORD, K. J.; DOWLING, S. K.; SCHAEFER, A. L.; WEBSTER, J. R. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. **Psychology Behavioral**, v. 93, n. 4-5, p.789-797, 2008.

Stewart, M. , Stookey, J. M.; Stafford , K. J.; Tucker, C. B.; Rogers, A. R.; Dowling, S. K.; Verkerk, G. A.; Schaefer , A. L.; Webster, J. R. Effects of local anesthetic and a nonsteroidal antiinflammatory drug on pain responses of dairy calves to hot-iron dehorning. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p.1512-1519, 2009.

STEWART, M.; WEBSTER, J. R.; SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; SCOTT, S. L. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. **Animal Welfare**, v.14, p.319-325, 2005.

TALUKDER, S.; KERRISK, K. L.; INGENHOFF, L. THOMSON, P. C.; GARCIA, S. C.; CELI, P. Infrared technology for estrus detection and as a predictor of time of ovulation in dairy cows in a pasture-based system. **Theriogenology**, v. 81, n. 7, p.925-935, 2014.



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO