



## Aplicações da termografia por infravermelho na reprodução animal e bem-estar em animais domésticos e silvestres

*Infrared thermography applications in Animal Reproduction and welfare in domestic and wild animals*

**Marcelo George Mungai Chacur<sup>1,5</sup>, Camila Dutra Souza<sup>2</sup>, Isamara Batata Andrade<sup>2</sup>, Guilherme Pepino Bastos<sup>2</sup>, Fernanda Luiza Guinossi Deak<sup>2</sup>, Mariana Grandis Ripari Souza<sup>2</sup>, Gabriela Figueredo Cornacini<sup>3</sup>, Antônio de Pinho Marques Júnior<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Clínicas e Reprodução Animal, Laboratório de Reprodução Animal, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Pós-Graduandos em Ciência Animal, Departamento de Clínicas e Reprodução Animal, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Bolsista de Iniciação Científica, Departamento de Clínicas e Reprodução Animal, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP, Brasil.

<sup>4</sup>Escola de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>5</sup>Correspondência: chacur@unoeste.br

### Resumo

A termografia digital por infravermelho, um método indireto de avaliar estresse térmico, é um exame por imagem não-invasivo, sem contato com a superfície corpórea, indolor, não emite radiação ionizante e possibilita a digitalização da imagem em tempo real, de um animal individualmente ou de um grupo de animais, simultaneamente. A imagem gerada pela termografia digital por infravermelho possibilita a visualização da temperatura da superfície corporal, identificando aumento ou diminuição da temperatura em pontos ou áreas, auxiliando no diagnóstico da origem da variação de temperatura. A aplicação na Medicina Veterinária pode compreender o monitoramento diário de espécies domésticas, como por exemplo, as: bovina e equina, e de animais silvestres. Na reprodução animal, a termografia por infravermelho possibilita identificar padrões de temperatura escrotal, que podem ser correlacionadas com reprodutores aptos ou inaptos para a reprodução; auxilia no diagnóstico precoce de mastite subclínica em vacas leiteiras; auxilia na detecção de estro em várias espécies e, na avaliação do bem-estar animal.

**Palavras-chave:** reprodução, diagnóstico por imagem, termograma, estresse térmico.

### Abstract

*The infrared thermography is a non-invasive image exam, without contact with the body surface, therefore, painless, does not emit radiation, and allows scanning of the image in real time, an individual animal or group of animals simultaneously. The image obtained from digital infrared thermography enables measurement of the temperature of the body surface, identifying increase or decrease of the temperature in points or areas, helping in the diagnosis of the origin of this variation may be physiological or pathological. The applications in veterinary medicine range from daily monitoring to diagnose and can be used in various species such as bovine, equine, ovine, pigs, wild animals, among others. The infrared thermography has been used to identify scrotal temperature patterns, and these correlated with fit and unfit bulls for reproduction, in the early diagnosis of subclinical mastitis in dairy cows, estrus detection in female of the various species, and the animal welfare, helping for the identification of stress.*

**Keywords:** reproduction, image diagnostic, thermogram, thermal stress.

### Introdução

Tecnologias inovadoras e biotecnologias contribuem grandemente para o avanço da ciência animal. Atualmente, um dos mais importantes desafios nesta área vem sendo determinar medidas confiáveis do estado geral dos animais.

Os exames não-invasivos podem ser muito úteis para obter dados fiáveis sem interferir diretamente nos organismos, evitando assim estresse em diversos graus. A termografia digital por infravermelho pode ser o método ideal para atingir esse objetivo, pois com a geração de uma imagem térmica ou termograma é possível avaliar e então, estabelecer o significado fisiológico e/ou patológico de uma variação de temperatura.

Esta revisão tem como objetivo apresentar informações e resultados de pesquisas científicas que utilizaram a termografia digital por infravermelho como ferramenta de avaliação da temperatura da superfície de várias áreas do corpo e sua relação com a reprodução e bem-estar animal em machos e fêmeas.



### **Definição e características da termografia por infravermelho**

A termografia por infravermelho é um exame por imagem não invasivo, tendo por princípio a energia eletromagnética irradiada pelos corpos, sendo composta pelo fluxo de fótons, que são partículas sem massa atômica. Cada fóton se movimenta em um padrão de onda e se desloca com a velocidade da luz. Os fótons com maior energia correspondem aos comprimentos de onda mais curtos. No espectro eletromagnético, os comprimentos de onda de radiação infravermelha de ampla gama, variam entre 3 e 12 $\mu$ m. Em animais, ocorre entre 40 a 60% de perda de calor dentro dessa faixa de comprimento de onda (Kleiber, 1975). Pequenas mudanças de temperatura da superfície do corpo podem resultar em quantidades substanciais de fótons emitidos, ou energia irradiada, que são detectados pelas câmeras de infravermelho, registrados em termogramas.

A termografia por infravermelho apresenta vantagens em relação a outras tecnologias e, Gade e Moeslund (2014) destacam que: 1 – não há necessidade do contato físico entre a câmera termográfica com o corpo a ser examinado, além de ser um exame indolor e não invasivo; 2 - fornece imagens térmicas bidimensionais, sendo possível a comparação de temperatura entre áreas distintas; 3 – possibilita a digitalização de imagens em tempo real das fontes de calor e de imagens de corpos em movimento; 4 – não produz efeitos colaterais nos corpos examinados, portanto pode ser indicada para uso contínuo e repetido.

A análise de imagens termográficas por infravermelho permite visualizar gradientes de temperatura, assim, tem sido utilizada para identificar eventos fisiológicos, dentre eles o estresse térmico, em humanos e animais (Bouzida et al., 2009).

### **Aplicações da termografia por infravermelho na Medicina Veterinária**

A termografia de infravermelho pode ser usada em animais com objetivos diversos: 1 - como um exame complementar de diagnóstico por imagem, onde a diferença de 1°C entre duas regiões anatomicamente simétricas indica a presença de processo inflamatório ativo; 2 - para ampliar as ferramentas da semiologia, com acurácia na mensuração da temperatura em áreas com suspeita de inflamação; 3 – em estudos de bem-estar animal, monitorando os animais em bases pré-determinadas, regularmente. A termografia é utilizada para detectar afecções na forma subclínica, que cursam com elevação da temperatura, com média de duas semanas de antecedência em relação ao quadro do tipo clínico (Kunc et al., 2007).

Alguns fatores influenciam na temperatura da superfície da pele dos animais, devendo ser observados conforme o objetivo do exame por termografia. O ambiente no qual a imagem termográfica for capturada não deve estar sob luz solar direta, pois afetará a temperatura da pele dos animais, o mesmo valendo para os ventos diretos no corpo dos animais em exame. A câmera apresenta uma calibração de temperatura, que deve ser ajustada de acordo com a temperatura ambiente no dia da avaliação. Deve ser considerada também a composição da alimentação fornecida aos animais, o grau de atividade física prévia ao exame por termografia, tais como alimentação, recreação e ordenha. Pêlos espessos ou penas na região de medição de temperatura é um dos fatores que afetam a imagem (Kotrba et al., 2007).

#### *Termografia por infravermelho na andrologia bovina*

Devido ao uso da termografia por infravermelho na medicina e andrologia humana, houve um interesse crescente de Médicos Veterinários andrologistas em fazer uso desse exame de imagem, com os primeiros relatos publicados na década de 80. As primeiras pesquisas mostraram que a termografia poderia ser utilizada com acurácia para o estudo da termorregulação escrotal/testicular em touros, fornecendo uma imagem com base nas emissões de infravermelho com precisão de 0,10°C (Coulter, 1988; Purohit et al., 1985). Os pesquisadores descrevem que a temperatura da superfície do escroto apresenta alta correlação positiva com a temperatura do parênquima dos testículos e que as imagens termográficas (termogramas) fornecem informações precisas da termorregulação testicular (Purohit et al., 1985; Coulter et al., 1988; Lunstra e Coulter, 1997; Kastelic et al., 2001).

Em condições fisiológicas, a temperatura da superfície do escroto de um touro é 4 a 6°C mais baixa do que a temperatura abdominal (Arteaga et al., 2005; Brito et al., 2004; Brito et al., 2003; Kastelic et al., 1996a; Kastelic et al., 1997) com decréscimo da temperatura da superfície da pele do escroto, conforme se afasta do cordão espermático em direção às caudas dos epidídimos, sendo as áreas mais ventrais do escroto mais frias em relação às áreas mais dorsais (Kastelic et al., 1996a). Souza et al. (2014) encontraram gradiente de temperatura escrotal de 4,04°C, sendo a temperatura média do cordão espermático de 36,91 $\pm$ 1,56°C e a temperatura da cauda dos epidídimos de 32, 87  $\pm$  1,88°C.

Kastelic et al. (1996c) estudaram o efeito de fatores climáticos que afetam a mensuração da temperatura da superfície da pele do escroto em bovinos com termografia por infravermelho, concluindo que o ritmo circadiano da temperatura da superfície escrotal não interfere na consistência dos resultados obtidos no exame por termografia, podendo o mesmo ser realizado em qualquer hora do dia.



A temperatura ambiente influencia de forma branda a temperatura da pele do escroto na região do colo (área dos cordões espermáticos); de forma intermediária a temperatura da superfície da região intermediária (área dos testículos) e com alta influência na sua porção inferior (área das caudas dos epidídimos). Em particular, uma rápida alteração de temperatura ambiente leva a uma resposta compensatória aparente três horas mais tarde, seguido por um retorno lento à temperatura inicial após 23 horas. A umidade relativa do ar influencia a temperatura da superfície da pele do escroto, levando à diminuição da mesma e, após a pele escrotal estar seca, são necessários 30 minutos para que a temperatura da pele se estabilize, retornando à temperatura mensurada antes da exposição do escroto ao ambiente com alta umidade relativa do ar (Kastelic et al., 1996c). Souza et al. (2015) encontraram correlação significativa entre a temperatura retal ( $38,85 \pm 0,62^{\circ}\text{C}$ ) e a temperatura ambiente ( $r = 0,25$ ;  $P < 0,05$ ), a temperatura do termômetro de globo negro ( $r = 0,37$ ;  $P < 0,05$ ) e a umidade relativa do ar ( $r = -0,32$ ;  $P < 0,05$ ). A temperatura retal, por sua vez, apresentou correlação positiva significativa com: temperatura do cordão espermático ( $r = 0,51$ ;  $P < 0,05$ ); temperatura do terço dorsal, médio e ventral dos testículos ( $r=0,43$ ;  $0,37$  e  $0,33$ ;  $P<0,05$ , respectivamente) e temperatura das caudas dos epidídimos ( $r = 0,32$ ;  $P < 0,05$ ) (Chacur et al., 2015).

Os efeitos da colheita de sêmen por eletroejaculação na temperatura da pele do escroto de touros foi estudada em taurinos e zebuínos. Em touros *Bos taurus taurus*, a temperatura da cauda do epidídimo se elevou de forma significativa ( $P < 0,05$ ) após a colheita de sêmen pelo método da eletroejaculação com aparelho com acionamento manual do controle de estímulos, devido à contração da cauda do epidídimo (Kastelic et al., 1996b). No Brasil, em touros *Bos taurus indicus*, a colheita de sêmen por eletroejaculação com aparelho com acionamento automático de estímulos elétricos, não causou elevação significativa ( $P > 0,05$ ) da temperatura da superfície da pele escrotal, devido à padronização dos estímulos elétricos produzidos pelo módulo automático do aparelho de eletroejaculação, concluindo-se que a termografia digital por infravermelho pode ser realizada antes ou após a colheita de sêmen com uso de aparelho no modo automático (Chacur et al., 2015).

Estudos têm sido realizados em touros, com termografia por infravermelho, com dois enfoques principais: 1 – verificar a influência e a correlação dos fatores climáticos na temperatura da superfície da pele escrotal em reprodutores criados em distintas coordenadas geográficas; e 2 - estudar a correlação entre as temperaturas das distintas áreas da superfície da pele escrotal com a qualidade do sêmen produzido pelos reprodutores, colaborando com informações para a seleção dos animais mais adaptados ao clima de um determinado local.

Para se obter uma boa imagem termográfica (termograma) do escroto de um touro, recomenda-se manter a câmera de infravermelho a cerca de 1m de distância do escroto e orientar o foco emissor do equipamento em ângulo de  $90^{\circ}$  em relação à superfície da pele escrotal (Lunstra e Coulter, 1997; Brito et al., 2012; Chacur et al., 2015).

A partir da década de 90, a termografia por infravermelho foi utilizada para estudar o efeito da energia de dietas nutricionais na fertilidade de animais usados como reprodutores. Dessa forma, em um dos estudos se verificou o efeito de níveis de energia de dietas na termorregulação testicular, onde transcorridos 168 dias após o desmame de bovinos, a temperatura da superfície escrotal foi mensurada por termografia em tourinhos de raças de corte, alimentados com dietas nutricionais com nível médio de energia e alto nível de energia, não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) do nível de energia da dieta nas temperaturas, entre dietas, para a área superior, inferior ou média da superfície da pele escrotal, mas houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) na diferença de temperatura entre o colo escrotal, em relação à área das caudas dos epidídimos, sendo a diferença maior nos tourinhos que receberam dieta com nível médio de energia ( $3,9^{\circ}\text{C}$ ), em relação aos animais com dieta de alta energia com diferença de  $3,4^{\circ}\text{C}$  (Coulter et al., 1997). Concluiu-se que as dietas com nível médio de energia resultam em melhor termorregulação testicular em tourinhos jovens.

A influência da temperatura ambiente na qualidade do sêmen foi objeto de estudo em touros. Houve correlação significativa ( $P < 0,05$ ) entre a temperatura escrotal e a porcentagem de espermatozoides viáveis do ejaculado ( $r = -0,31$ ); temperatura escrotal e motilidade espermática progressiva ( $r = -0,40$ ) e temperatura escrotal com defeitos da cauda dos espermatozoides ( $r = 0,33$ ) (Coulter, 1997). Em touros da raça Nelore, houve correlação entre temperatura do terço dorsal dos testículos e defeitos espermáticos totais ( $r = 0,30$ ;  $P < 0,05$ ); temperatura do terço médio dos testículos e: defeitos menores ( $r = 0,35$ ;  $P < 0,05$ ), defeitos maiores ( $r = 0,30$ ;  $P < 0,05$ ) e defeitos totais ( $r = 0,42$ ;  $P < 0,05$ ); temperatura do terço ventral dos testículos e: defeitos menores ( $r = 0,30$ ;  $P < 0,05$ ), defeitos maiores ( $r = 0,28$ ;  $P < 0,05$ ) e defeitos totais ( $r = 0,37$ ;  $P < 0,05$ ); temperatura das caudas dos epidídimos com: defeitos maiores ( $r = 0,29$ ;  $P < 0,05$ ) e defeitos totais ( $r = 0,28$ ;  $P < 0,05$ ), concluindo que o aumento da temperatura da superfície escrotal acarreta o aumento nos defeitos espermáticos maiores, menores e totais.

#### *Termografia por infravermelho na andrologia equina*

Na esfera masculina, em equinos, a termografia foi usada por Ramires Neto et al. (2012) no estudo da termorregulação testicular, onde garanhões de diferentes idades foram mantidos em ambiente com temperatura



controlada entre 30 e 32°C, com manutenção da temperatura da pele escrotal, indicando a termografia como exame de imagem complementar na avaliação andrológica na espécie equina.

#### *Termografia por infravermelho na reprodução e lactação em vacas leiteiras*

A termografia por infravermelho pode ser utilizada em rebanhos bovinos especializados na produção de leite, como exame por imagem para auxiliar na detecção precoce do estro, com reflexos positivos na eficiência reprodutiva (Hurnik et al., 1985), no diagnóstico precoce de processos inflamatórios da glândula mamária (Scott et al., 2000; Berry et al., 2003) e no auxílio diagnóstico de afecções do aparelho osteomuscular que pode levar o animal à apresentar claudicação (Nikkah et al., 2005). O diagnóstico precoce da mastite subclínica em vacas é importante em granjas de leite para evitar a evolução da inflamação para o quadro clínico e prevenir que outros animais sejam infectados pelos agentes etiológicos causadores da inflamação, somando-se o bem-estar dos animais e evitando-se a queda de lucros econômicos devido à queda na produção de leite causada pela mastite subclínica (Gill et al., 1990).

A contagem de células somáticas (CCS) no leite de vacas é o procedimento padrão usado pela indústria de laticínios para o diagnóstico de mastite em vacas leiteiras. Elevações na contagem de células somáticas (CCS) no leite, geralmente, são encontradas tardiamente, devido à contagem ser realizada no volume total do leite produzido, e não de forma individualizada para cada animal, dificultando a identificação de classes de infecção, infecções subclínicas, ou cujo período de incubação pré-sinais clínicos demanda dias para serem identificados. No entanto, um sinal clínico presente no processo de inflamação é a elevação da temperatura na área acometida (Marieb, 1989). Assim, um método eficaz para a identificação precoce de mastite se baseia na mensuração da temperatura da superfície da pele da glândula mamária de vacas de leite com termografia por infravermelho, onde a câmera termográfica capta e registra as temperaturas das áreas examinadas do animal (Bastos et al., 2015).

Usando um modelo biológico de indução de mastite causada pelo agente bacteriano *E. coli* lipopolissacarídeo (LPS), Scott et al. (2000) verificaram que a inflamação pode ser detectada a partir de diferenças de temperatura da pele da glândula mamária com termografia por infravermelho, de forma precoce em relação ao exame de CCS ou do teor de albumina de soro bovino (ASB), e que a temperatura se elevou em 2,3°C na superfície da pele do quarto mamário que recebeu a cepa de bactérias, em relação à temperatura dos quartos não expostos a cepa de bactérias.

Seguindo na mesma linha de pesquisa de mastite com infusão de cepa bacteriana na glândula mamária, Hovinen et al. (2008) usaram cepa de *E. coli* LPS no quarto mamário anterior esquerdo, com elevação entre 1,0 e 1,5°C na temperatura, mensurada com termografia por infravermelho desse quarto tratado, em relação aos quartos não tratados.

No Brasil, em vacas da raça Holandesa, Bastos et al. (2015) concluíram que a termografia digital por infravermelho deve ser utilizada como exame complementar da glândula mamária de vacas visando a detecção precoce da elevação da temperatura da superfície da pele, colaborando para o manejo preventivo da mastite subclínica nas granjas de leite.

Berry et al. (2003) utilizaram a termografia por infravermelho para estudar os efeitos de fatores ambientais sobre a variação diária da temperatura da glândula mamária, relatando padrão circadiano para a temperatura da pele da glândula, houve também elevação da temperatura da glândula após exercício físico. Os autores observaram menor variação de temperatura ao longo do dia em glândulas sadias, em relação a glândulas com mastite induzida com cepas de bactérias, concluindo que a termografia por infravermelho é uma ferramenta de detecção precoce de mastite subclínica quando realizada junto com o monitoramento da temperatura ambiente.

A termografia por infravermelho vem sendo estudada também em vacas para a determinação do início do estro. Hurnik et al. (1985) delimitaram uma calibração de sensibilidade de 37°C que seria considerada uma área isotérmica, na região glútea do corpo da vaca, compreendendo região anal e vulvar (genitália externa). Essa área seria delimitada quando obtiverem temperatura acima de 37°C nessa região do corpo da vaca. Eles compararam o estro através da dosagem de progesterona no leite e pela termografia por infravermelho, e observaram que 93% das vacas apresentaram um aumento de 25% ou mais no tamanho da área isotérmica, pelo menos uma vez, na sequência de estros pós-parto. Mas, somente durante o terceiro estro ocorreu um aumento suficientemente consistente na área isotérmica, para causar contrastes significativos entre o dia do estro e nos dias imediatamente adjacentes a ele. Eles concluíram que a área isotérmica de 37°C na região glútea das vacas aumenta no dia do estro, indicando que ocorre um concomitante aumento na radiação térmica naquela região. No entanto, a frequência de falso-positivos e falso-negativos observada no estudo limitam um pouco a técnica para a rotina da detecção de estro, mas destacam que a termografia por infravermelho possui grande sensibilidade e resolução com grande potencial no estudo de diferentes temperaturas do corpo.

Hellebrand et al. (2003) concluíram que a fase de gestação de novilhas mantidas no pasto ou estábulo não pode ser determinada com acurácia pela monitorização apenas com câmera termográfica, e que a



temperatura externa da genitália difere da temperatura da pele do corpo, portanto a termografia pode ser utilizada para o diagnóstico do estro.

#### *Termografia por infravermelho de éguas*

Na reprodução da espécie equina, a termografia por infravermelho foi utilizada por Calabria et al. (2010) onde obtiveram diferença ( $P < 0.05$ ) para a temperatura perivulvar máxima nos momentos: T1- o diâmetro do folículo era maior que 3cm ( $34.20 \pm 0.38^\circ\text{C}$ ), T2 - crescimento do folículo dominante ( $34.41 \pm 0.22^\circ\text{C}$ ) e T3 - no momento da ovulação ( $33.43 \pm 0.13$ ), assim como temperatura perivulvar média também apresentou diferença ( $P < 0.05$ ) entre os momentos T1 ( $31.98 \pm 0.51$ ), T2 ( $31.54 \pm 0.15^\circ\text{C}$ ) e T3 ( $30.91 \pm 0.21^\circ\text{C}$ ). A temperatura máxima da vulva apresentou diferença ( $P < 0.05$ ) entre os momentos T1 ( $33.72 \pm 0.46^\circ\text{C}$ ), T2 ( $34.12 \pm 0.18^\circ\text{C}$ ) e T3 ( $33.14 \pm 0.14^\circ\text{C}$ ), assim como a temperatura média da vulva também apresentou diferença ( $P < 0.05$ ) entre os momentos T1 ( $31.40 \pm 0.30^\circ\text{C}$ ), T2 ( $31.31 \pm 0.19^\circ\text{C}$ ) e T3 ( $30.31 \pm 0.20$ ).

Estes dados sugerem que ocorre aumento de temperatura máxima e média perivulvar e vulvar durante o crescimento folicular e uma diminuição na temperatura na presença de corpo lúteo. Estas variações de temperatura mensuradas por termografia de infravermelho na égua estão relacionadas ao estrogênio, com hiperemia da região vulvar, concluindo que a termografia é um exame não-invasivo que auxilia monitorar o ciclo estral em éguas.

Bowers et al. (2009) pesquisaram a aplicabilidade da termografia na detecção de gestação tardia (>292 dias) em éguas. Para tanto, utilizaram 10 éguas prenhes e compararam a temperatura do flanco e da cernelha com a temperatura de 17 éguas vazias. Concluíram que as éguas prenhes apresentavam cerca de  $2^\circ\text{C}$  a mais tanto no flanco quanto na cernelha, indicando que a termografia também pode ser um método para avaliação de gestação tardia em éguas.

#### *Termografia por infravermelho em ovelhas*

Em ovinos, a termografia por infravermelho foi utilizada por Stelletta et al. (2006) para monitorar a temperatura de ovelhas tratadas com protocolo hormonal para sincronizar a ovulação com esponjas intravaginais de progestágeno por 14 dias, seguido de eCG; exame de termografia da vulva foi realizado 50 horas após a remoção das esponjas, os animais do grupo controle estavam em anestro estacional, houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para a temperatura da vulva entre ovelhas em anestro com  $35,42 \pm 0,63^\circ\text{C}$ , em relação às ovelhas em estro  $36,9 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , devido ao aumento do fluxo sanguíneo nos órgãos genitais.

#### *Termografia por infravermelho no bem-estar animal*

Uma questão importante para a pesquisa do bem-estar animal é que, atualmente, a maioria dos métodos usados para mensurar o estresse ou dor é invasivo como a coleta de sangue, e algumas alternativas para dosar substâncias em material biológico com redução do estresse do animal têm sido adotadas como análises de urina, saliva, fezes e leite. Observações comportamentais e sistemas fisiológicos estão envolvidos na resposta ao estresse, sendo usados em combinação para avaliar o estresse (Broom e Johnson, 1993). Fatores como espécie, raça, clima, comportamento e manejo dos animais podem influenciar na resposta dos animais perante os agentes estressores (Clark et al., 1997). A mensuração e interpretação do comportamento animal podem ser subjetivos, com variação nas respostas fisiológicas, às quais são minimizadas com o uso de técnicas não invasivas (Stewart et al., 2005). Assim, a termografia por infravermelho na avaliação do estresse animal colabora com informações de temperatura do corpo, que oscila conforme os fatores climáticos e o manejo ofertado aos animais.

Segundo revisão de Mitchell (2013), as potenciais áreas de aplicação da termografia no estudo do bem-estar animal são: 1 – Termorregulação corpórea e de órgãos e capacidade de adaptação em relação às condições ambientais ou estresse térmico pelo frio ou calor e alteração de comportamento; 2 - alterações na temperatura do corpo e/ou na temperatura da superfície de áreas do corpo em resposta a lesões, doenças, infecções, patologias e inflamação; 3 - Consequências da exposição a fatores de estresse que induzem alterações nas respostas cardiovasculares, tônus vasomotor, perfusão e troca de calor local como mutilações, procedimentos cirúrgicos ou de identificação de estresse e dor; 4 - Respostas na temperatura corporal e nas temperaturas de áreas do corpo devido à contenção ou transporte de animais.

### **Perspectivas para a termografia por infravermelho em animais**

Câmeras de infravermelho disponíveis no mercado produzem imagens de alta resolução, analisadas por *softwares* que mensuram temperaturas em pontos ou áreas selecionadas pelo operador em corpos pequenos ou grandes, estáticos ou em movimento, de um animal individualmente ou de um grupo de animais simultaneamente. A termografia por infravermelho pode ser usada para monitorar, continuamente, processos



automatizados de empresas que investem em tecnologia com aumento da eficiência da produção animal. Em particular, a instalação de câmeras termográficas fixas em salas de ordenha, galpões de aves e suínos, cocheiras de equinos e bovinos, e em instalações e ambientes que alojem animais de produção e silvestres, permitindo a detecção precoce de elevação de temperatura dos animais em doença ou como resposta fisiológica, auxiliando na tomada de decisões para o retorno do bem-estar animal. Câmeras termográficas registram, salvam, processam e enviam imagens em forma de termogramas com conectividade via e-mail e Bluetooth, num futuro próximo câmeras de infravermelho poderão operar em três dimensões, resultando em imagens tridimensionais do corpo e áreas do corpo examinadas de forma não invasiva e em tempo real, compartilhando a imagem com dispositivos eletrônicos em grandes distâncias.

### Considerações finais

A ampla aplicação das câmeras termográficas em animais e seus grandes benefícios e praticidade faz com que o interesse por essa biotecnologia venha aumentando e que seja utilizada cada vez mais na rotina dos profissionais de diversas áreas, e apesar de já existir aplicação em vários modelos animais é de grande importância a atenção na padronização da análise dos termogramas para que os resultados sejam precisos e dessa forma, seja um parâmetro além de promissor, necessário e auxiliar.

### Agradecimentos

Ao CNPq e CAPES pelas bolsas de estudo.

### Referências

- Arteaga AA, Barth AD, Brito LF.** Relationship between semen quality and pixel-intensity of testicular ultrasonograms after scrotal insulation in beef bulls. *Theriogenology*, v.64, p.408-415, 2005.
- Bastos GP, Chacur MGM, Vivian DS, Silva L, Chiari LNF, Araujo JS, Souza CD, Gabriel-filho LRA.** Temperaturas da superfície da glândula mamária em vacas da raça Holandesa negativas ao California Mastitis Test (CMT). *In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal*, 21, 2015, Belo Horizonte, MG. Anais...Belo Horizonte: CBRA, p.51, 2015.
- Berry RJ, Kennedy AD, Scott SL, Kyle BL, Schaefer AL.** Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: potential for mastitis detection. *Can J Anim Sci*, v.83, p.687-693, 2003.
- Bouzida N, Bendada A, Maldague XP.** Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. *J Therm Bio*, v. 34, n. 3, p. 120-126, 2009.
- Bowers S, Gandy S, Anderson B, Ryan P, Willard S.** Assessment of pregnancy in the late-gestation mare using digital infrared thermography. *Theriogenology*, v. 72, p. 372-377, 2009.
- Brito LF, Barth AD, Wilde RE, Kastelic JP.** Testicular vascular cone development and its association with scrotal temperature, semen quality, and sperm production in beef bulls. *Anim Reprod Sci*, v.134, p.135-140, 2012.
- Brito LFC, Silva AEDF, Barbosa RT, Kastelic JP.** 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, p.511-528, 2004.
- Brito LFC, Silva AEDF, Barbosa RT, Unanian MM, Kastelic JP.** Effects of scrotal insulation on sperm production, semen quality, and testicular echotexture in *Bos indicus* and *Bos indicus* × *Bos taurus* bulls. *Anim Reprod Sci*, v.79, p.1-15, 2003.
- Broom DM, Johnson KG.** Stress and animal welfare. Chapman & Hall: London. 1993.
- Calabria A, Corcillo G, Valentini S, Stelletta C.** Utilizzo della termografia durante la determinazione dell'estro e del momento di ovulazione nella cavalla. *In: Atti VIII Congresso Nazionale S.I.R.A. Ozzano dell'Emilia*, 17-18 Giugno, 2010.
- Chacur MGM, Souza CD, Ruediger FR, Andrade IB, Cartocci JS, Bastos GP, Oba E, Ramos AA, Gabriel-filho LRA, Putti FF, Cremasco CP.** Efeito da colheita de sêmen por eletroejaculação na temperatura da bolsa escrotal em touros Nelore, *Bos taurus indicus*. *In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal*, 21, 2015, Belo Horizonte. Anais.. Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. 2015. p.65.
- Clark JD, Rager DR, Calpin JP.** Animal well-being. IV. Specific assessment criteria. *Lab Anim Sci*, v.47, p. 586-597, 1997.
- Coulter GH, Cook RB, Kastelic JP.** Effects of dietary energy on scrotal surface temperature, seminal quality, and sperm production in young beef bulls. *J Anim Sci*, v.75, p.1048-1052, 1997.
- Coulter GH.** Thermography of bull testes. *Proc 12th Technical Conference on artificial insemination and*



- reproduction, Milwaukee, WI, 22-23 April, National Association of Animal Breeders, Columbia, MO, p.58-62, 1988.
- Coulter GH, Senger PL, Bailey DRC.** Relationship of scrotal surface temperature measured by infrared thermography to subcutaneous and deep testicular temperature in the ram. *J Reprod Fertil*, v.84, p.417-423, 1988.
- Gade R, Moeslund TB.** Thermal cameras and applications: A survey. *Mach. Vision Appl*, v.25, p.245-262, 2014.
- Gill R, Howard WH, Leslie KE, Lissemore K.** Economics of mastitis control. *J Dairy Sci*, v.73, p.3340-3348, 1990.
- Hellebrand HJ, Brehme U, Beuche H, Stollberg U, Jacobs H.** Application of thermal imaging for cattle management. In: Proc., 1st European Conference on Precision Livestock Farming, Berlin, Germany: p.761-763, 2003.
- Hovinen M, Siivonen J, Taponen S, Hänninen L, Pastell M, Aisla AM, Pyörälä S.** Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. *J Dairy Sci*, v. 91, n. 12, p.4592-4600, 2008.
- Hurnik JF, Webster AB, De Boer S.** An investigation of skin temperature differentials in relation to estrus in dairy cattle using a thermal infrared scanning technique. *J Anim Sci*, v.61, p.1095-1102, 1985.
- Kastelic JP, Cook RB, Coulter GH.** Contribution of scrotum and testes to scrotal and testicular thermoregulation in bulls and rams. *J Reprod Fertil*, v. 108, p. 81-85, 1996a.
- Kastelic JP, Cook RB, Coulter GH, Saacke RG.** Insulating the scrotal neck affects semen quality and scrotal/testicular temperatures in the bull. *Theriogenology*, v.45, p.935-942, 1996b.
- Kastelic JP, Cook RB, Coulter GH, Wallins GL, Entz T.** Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. *Anim Reprod Sci*, v.41, p.153-159, 1996c.
- Kastelic JP, Cook RB, Coulter GH.** Contribution of the scrotum, testes and testicular artery to scrotal/testicular thermoregulation in bulls at ambient temperatures. *Anim Reprod Sci*, v. 45, p.255-261, 1997.
- Kastelic JP, Cook RB, Pierson RA, Coulter GH.** Relationships among scrotal and testicular characteristics, sperm production, and seminal quality in 129 beef bulls. *Can J Vet Res*, v.65, p.111-115, 2001.
- Kleiber M.** *The Fire of Life.* R.E. Krieger Publishing Company: Huntington, New York, 1975.
- Kotrba R, Knizkova I, Kunc P, Bartosa L.** Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. *J Therm Biol*, v.32, p.355-359, 2007.
- Kunc P, Knizkova I, Prikryl M, Maloun J.** Infrared thermography as a tool to study the milking process. *Agricultura Tropica et Subtropica*, v. 40, n. 1, p. 29-32, 2007.
- Lunstra DD, Coulter GH.** Relationship between scrotal infrared temperature patterns and natural-mating fertility in beef Bulls. *J Anim Sci*, v.75, p.767-774, 1997.
- Marieb EN.** *Human Anatomy and Physiology.* p.676-677. Benjamin Cummings: California, 1989.
- Mitchell MA.** Thermal imaging in physiology: Theoretical and practical considerations. in: F. Luzi, M.A. Mitchell, L.Nanni Costa, V. Redaelli (Eds.) *Thermography: Current Status and Advances in Livestock Animals and in Veterinary Medicine.* Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche-Brescia, Brescia, Italy, p.47-65, 2013.
- Nikkah A, Plaizier JC, Einarson MS, Berry RJ, Scott SL, Kennedy AD.** Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation. *J Dairy Sci*, v.88, p.2479-2753, 2005.
- Purohit RC, Hudson RS, Ridell MG, Carson RL, Wolfe DF, Walker DF.** Thermography of the bovine scrotum. *Am J Vet Res*, v.46, p.2388-2392, 1985.
- Ramires-Neto C, Monteiro GA, Delfioli DJZ, Fioratti EG, Dell'Acqua Jr. JA, Papa FO, Alvarenga MA.** Study of testicular thermoregulation efficiency in stallion with different ages. 8th ISSR Abstracts, *J Equine Vet Sci*, v.32, p.510, 2012.
- Scott SL, Schaefer AL, Tong AKW, Lacasse P.** Use of infrared thermography for early detection of mastitis in dairy cows. *Can J Anim Sci*, v.80, p 764-765, 2000.
- Souza CD, Chacur MGM, Ruediger FR, Andrade IB, Cartocci JS, Bastos GP, Oba E, Ramos AA.** Termorregulação escrotal em touros nelore (*Bos taurus indicus*). *Colloquium Agrariae*, v.10, n. Especial, p. 101-106, 2014.
- Souza CD, Chacur MGM, Ruediger FR, Andrade IB, Cartocci JS, Bastos GP, Oba E, Ramos AA, Gabriel-filho LRA, Putti FF, Cremasco CP.** Termogramas por infravermelho da bolsa escrotal e características do sêmen em touros Nelore, *Bos taurus indicus*. In: Congresso Brasileiro De Reprodução Animal, 21, 2015, Belo Horizonte. Anais.. Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, p.82, 2015.
- Stelletta C, Stradaoli G, Gianesella M, Mayorga Munoz IM, Morgante M.** Studio termografico della area perivulvare in pecore in fase estrale ed in fase anaestratale. In: XVII Congresso Sipaoc. Lamezia Terme (Cz), 25/28 Ottobre, 2006.
- Stewart M, Webster JR, Schaefer AL, Cook NJ, Scott SL.** Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Anim. Welf*, v.14, p.319-325, 2005.