



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

LUCAS BATISTA SARAIVA DA COSTA

**TERMOGRAFIA COMO TÉCNICA AUXILIAR NA IDENTIFICAÇÃO DE MASTITE
SUBCLÍNICA**

FORTALEZA

2019

LUCAS BATISTA SARAIVA DA COSTA

TERMOGRAFIA COMO TÉCNICA AUXILIAR NA IDENTIFICAÇÃO DE MASTITE
SUBCLÍNICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Delfino Barbosa Filho.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C873t Costa, Lucas Batista Saraiva da.
Termografia como técnica auxiliar na identificação de mastite subclínica / Lucas Batista Saraiva da Costa. – 2019.
36 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. José Antônio Delfino Barbosa Filho .
1. Bovinos leiteiros. 2. Termogramas. 3. Temperatura superficial do úbere. I. Título.
- CDD 630
-

LUCAS BATISTA SARAIVA DA COSTA

TERMOGRAFIA COMO TÉCNICA AUXILIAR NA IDENTIFICAÇÃO DE MASTITE
SUBCLÍNICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: 31/10/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Antônio Delfino Barbosa Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Carla Renata Figueiredo Gadelha
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos Eduardo Braga Cruz
Universidade de Fortaleza (Unifor)

Aos meus pais, Fabiana e Francisco.

À minha avó, Francisca Núbia.

À minha irmã, Mariana Batista.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUN-CAP) pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho, pelas as orientações repassadas durante esses dois anos.

Aos professores participantes da banca examinadora, Carlos Eduardo Braga Cruz e Carla Renata Figueiredo Gadelha, pela disponibilidade e compromisso em fazer parte do desenvolvimento deste trabalho.

Ao Núcleo de Estudos em Ambiência Agrícola e Bem-Estar Animal (NEAMBE), pelas valiosas contribuições, em especial aos meus amigos Lucas Sampaio, Nítalo Machado e Kênio Patrício.

Ao proprietário e funcionários da Fazenda Leleó Móveis, pelo espaço cedido para desenvolvimento da pesquisa.

À minha família e amigos, que contribuíram de forma direta e indireta nesta conquista.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o uso da termografia infravermelha como ferramenta para auxiliar no diagnóstico da mastite de vacas em condições comerciais de produção. Foram registrados termogramas do úbere de 16 vacas mestiças da raça Holandesa x Gir (450 ± 32 kg) duas vezes ao dia, sendo uma no período da manhã na sala de ordenha (04h:00min) e outra no período da tarde (13h:00min) no galpão, durante um período 3 dias. Amostras de leite foram coletadas para a contagem de células somáticas (CCS). O grau de correlação entre as temperaturas superficiais do úbere e a contagem de células somáticas foi avaliado utilizando o coeficiente de correlação linear de Pearson (r) e regressões quadráticas foram obtidas com o objetivo de verificar a relação existente em entre duas variáveis. A termografia infravermelha foi sensível a alterações na CCS demonstrando seu potencial de detecção da mastite subclínica, porém o horário de coleta e o manejo da propriedade influenciaram os resultados dos termogramas. As temperaturas superficiais do úbere obtidas no galpão não obtiveram correlação significativa com a CCS, por outro lado, as temperaturas obtidas na ordenha obtiveram correlação significativa com a CCS. A equação de regressão utilizando a média das temperaturas superficiais dos quartos anteriores e posteriores no momento da ordenha (04h:00min) obteve o melhor ajuste, comprovando que os quartos anteriores devem ser lavados em consideração quando se busca detectar mastite por meio da termografia.

Palavras-chave: bovinos leiteiros; termogramas; temperatura superficial do úbere.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the use of infrared thermography as a tool to assist in the diagnosis of cow mastitis in commercial production conditions. Udder thermograms of 16 Holstein x Gir crossbred cows (450 ± 32 kg) were recorded twice a day for 3 days, one in the morning at the milking parlor (04h:00min) and another in the afternoon (13h:00min) at the barn. Milk samples were collected for somatic cell count (SCC). The degree of correlation between udder surface temperatures and somatic cell count was evaluated using Pearson's linear correlation coefficient (r) and quadratic regressions were obtained in order to verify the relationship between two variables. Infrared thermography was sensitive to changes in SCC showing its potential for subclinical mastitis detection, but the time of collection and farm management influenced the results of the thermograms. Udder surface temperatures obtained in the barn were not significantly correlated with SCC, on the other hand, temperatures obtained in the milking parlor had a significant correlation with SCC. The regression equation using the average surface temperatures of the anterior and posterior quarters at the milking time (04h:00min) obtained the best result, proving that the anterior quarters should also be considered when searching for mastitis by infrared thermography.

Keywords: dairy cattle; thermograms; udder surface temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem obtida por meio da câmera de infravermelho e analisada no <i>smart view 4.3</i> , com área de análise selecionada por meio da ferramenta “desenhar marcadores-polígono”	19
Figura 2 – Variação de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) na área interna do galpão durante os três dias de estudo.....	22
Figura 3 – Variação de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) na área externa do galpão durante os três dias de estudo.....	22
Figura 4 – Variação dos valores do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) durante os três dias de experimento dentro do galpão.....	23
Figura 5 – Variação de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) dentro da sala de ordenha durante os três dias de estudo.....	24
Figura 6 – Variação dos valores de ITU durante os três dias de experimento dentro da sala de espera.....	25
Figura 7 – Regressão quadrática da TPO (A) e a da MTO (B) em função da CCS em vacas leiteiras mestiças de Holandesas x Gir.....	28

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Estatística descritiva para as características de temperatura de úbere, mensuradas por termografia infravermelho da visão esquerda (TEG), direita (TDG), posterior (TPG) e média (MTG) das temperaturas mensuradas no galpão; temperatura de visão esquerda (TEO), direita (TODO), posterior (TPO) e média (MTO) das temperaturas mensuradas na sala de ordenha; e CCS..... 26
- Tabela 2 – Coeficientes de correlação linear entre o termograma do visão esquerda (TEG), direita (TDG), posterior (TPG) e média das temperaturas do úbere no galpão (MTG); termograma da visão esquerda (TEO), direita (TDO), posterior (TPO) e média das temperaturas do úbere na ordenha (MTO); e a contagem de células somáticas(CCS)..... 27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCS	Contagem De Células Somáticas
CMT	California Mastitis Test
ITU	Índice De Temperatura - Umidade
TIV	Termografia De Infravermelho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Ambiência e Bem-Estar em bovinos leiteiros	13
2.2	Mastite.....	15
2.3	Termografia Infravermelho.....	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1	Descrição do Experimento.....	19
3.2	Variáveis Ambientais.....	20
3.3	Coleta das Amostras de Leite.....	21
3.4	Análise Estatística.....	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1	Monitoramento Ambiental.....	23
4.2	Termografia infravermelho x CCS.....	26
5	CONCLUSÕES.....	31
	REFERÊNCIAS	32
	APÊNDICE A – TERMOGRAMAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores de leite do mundo, e mesmo com avanços no uso de tecnologias nas propriedades leiteiras, o setor ainda enfrenta muitos desafios no que diz respeito à produtividade, qualidade do produto e rentabilidade dos produtores. Apesar de vários fatores estarem relacionados a esses desafios, pode-se destacar o manejo sanitário como um dos que mais influenciam diretamente tais condições, uma vez que a mastite ainda se destaca como uma das maiores causas de perdas econômicas nos rebanhos de bovinos leiteiros.

A mastite é um processo inflamatório da glândula mamária decorrente da interação entre animal, agente microbiano e meio ambiente (MARTINS *et al.*, 2015). É uma das doenças mais discutidas no mundo, especialmente por ser responsável por grandes perdas econômicas para produtores de leite, estimadas com base na menor produção e no leite descartado devido à mastite clínica (HOVINEN *et al.*, 2008).

Entretanto, a mastite subclínica também promove grandes perdas, devido à ação contínua de microrganismos na mucosa, durante um ou vários períodos de lactação, o que provoca uma perda progressiva do epitélio secretor, reduzindo a produção de leite e prejudicando o crescimento da prole (SOMMERHÄUSER *et al.*, 2003; DEMEU *et al.*, 2015). Em casos severos as perdas podem ser estimadas em cerca de 20% da produção de leite (BHUTTO *et al.* 2012).

Apesar de o diagnóstico precoce ser a melhor forma de combater e evitar a proliferação da doença, em muitas fazendas é utilizado somente o teste da caneca de fundo preto, método que só apresenta sensibilidade para a mastite clínica (SCHVARZ; SANTOS, 2012). Tal fato evidencia a necessidade de monitoramento da mastite subclínica e da adoção de medidas preventivas, a fim de diminuir os prejuízos sanitários, produtivos e econômicos.

A infecção produz um aumento de até 1,05°C da temperatura do úbere (SATHIYA-BARATHI *et al.*, 2016). Estudos anteriores têm investigado a aplicação da termografia de infravermelho (TIV) como ferramenta para a obtenção da temperatura superficial do úbere e, conseqüentemente para o diagnóstico da mastite (BERRY *et al.*, 2003; MARTINS *et al.*, 2015). Alguns estudos apontaram que o uso da TIV é viável, desde que seja monitorado as condições ambientais (COLAK *et al.*, 2008; HOVINEN *et al.*, 2008; POLAT *et al.*, 2010).

Porém, mesmo com o potencial de detecção da mastite subclínica, a utilização da câmara termográfica como técnica auxiliar ainda demanda estudos para refinar uma melhor

metodologia. Em Metzner *et al.* (2014) testaram diferentes metodologias para análise dos termogramas, contudo os testes só foram feitos com quartos posteriores do úbere, e os mesmos afirmam que os quartos anteriores podem apresentar diferentes padrões.

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a metodologia de uso da termografia de infravermelho como ferramenta para auxiliar no diagnóstico da mastite subclínica de vacas em condições comerciais de produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ambiência e Bem-estar em bovinos leiteiros

Dependendo das condições ambientais (umidade, velocidade do vento, radiação etc.), todo animal apresenta uma zona de conforto, uma faixa ideal de temperatura em que ele pode manter sua temperatura corporal normal sem alterar seu comportamento ou funções fisiológicas (AZEVEDO; ALVES, 2009).

Vacas leiteiras possuem uma produção de calor interno elevada em função do alto metabolismo para produção de leite (VALENTIM *et al.*, 2018) e os efeitos causados pelo acúmulo de calor são intensificados quando os valores de temperatura e umidade ambiente aumentam, colocando o animal em situação de estresse térmico (TOSETTO *et al.*, 2014). O estresse térmico pode ser definido como a soma de forças externas agindo sobre um animal que causam uma alteração na temperatura corporal (DIKMEN; HANSEN, 2009).

Dentre as estratégias fisiológicas para lidar com o estresse por calor, pode-se citar o aumento na frequência respiratória, ofegação, sudorese, menor produção de leite e desempenho reprodutivo (TOSETTO *et al.*, 2014). Já as respostas comportamentais incluem alteração do consumo de água e alimentos (aumento da ingestão de água e mudança dos tempos de alimentação para períodos mais frios durante o dia), aumento do tempo em pé e da procura de sombra, diminuição da atividade e movimento (SILVA *et al.*, 2009).

As condições ambientais podem ser avaliadas usando o índice de temperatura-umidade (ITU), que inclui os efeitos da temperatura e a umidade relativa do ar. Este índice foi introduzido pela primeira vez por Thom (1959) para descrever o efeito da temperatura ambiente em seres humanos, mas foi adaptado para descrever condições térmicas que ocasionam o estresse térmico em gado leiteiro (DIKMEN; HANSEN, 2009). O ITU é dividido em categorias que indicam potencialmente o nível de estresse térmico. Em (ARMSTRONG, 1994) usou-se o THI abaixo de 71 como zona de conforto térmico (assumindo que o THI não fique abaixo das condições de termoneutralidade das vacas leiteiras, o que induziria o estresse pelo frio), 72 a 79 como estresse térmico leve, 80 a 90 como estresse térmico moderado, e acima de 90 como estresse térmico intenso. Porém as definições dessas zonas variam entre diferentes pesquisadores, ambientes e raças.

Dentre as opções mais utilizadas para se promover o conforto térmico para os bovinos

estão: o sombreamento, aspersão e ventilação.

O sombreamento é indispensável aos animais que estão expostos a um possível estresse térmico, já que bovinos buscam se refugiar da incidência de radiação solar em locais com sombra disponível. Quantidades maiores de sombra aumentam o uso e a ingestão de alimentos do gado e reduzem a frequência respiratória e a temperatura corporal. Além disso, o provimento de sombra também minimiza os efeitos negativos do clima quente na produção de leite e na reprodução quando comparados a animais que não recebem nenhum tipo de resfriamento (SCHÜTZ *et al.*, 2010).

A aspersão de água, que deve ocorrer diretamente sobre o animal e umedecer toda a sua pelagem, permite que ocorram trocas de calor necessárias para que o animal se esfrie (AZEVEDO; ALVES, 2009). Existe também a possibilidade de se fazer a associação da aspersão de água com a utilização de ventiladores, pois assim a renovação do ar é mais rápida, eliminando o calor que os animais produzem (NÄÄS; JÚNIOR, 2001).

Apesar de o estresse térmico ser um dos principais fatores levados em consideração ao se tentar avaliar o bem-estar de bovinos leiteiros, o conceito de bem-estar é abrangente e engloba outros parâmetros como o estado de saúde mental e biológico (CARENZI; VERGA, 2009). A saúde é fundamental para o bem-estar animal, pois é indicativa do seu funcionamento fisiológico (BROOM; MOLENTO, 2004). A produção de leite, por exemplo, diminui com a temperatura do ar mais alta (ANDRÉ *et al.*, 2011), e esse declínio tem sido associado a um menor consumo de ração e redirecionamento de energia para dissipação de calor (WHEELLOCK *et al.*, 2010).

Em situações de estresse térmico por calor, as vacas podem apresentar temperatura corporal elevada, aumentando o risco de aparecimento de doenças e, em casos extremos, resultar na morte do animal. Há evidências de que as cargas elevadas de calor podem comprometer a saúde do útero (DUBOIS; WILLIAMS, 1980), do úbere e causar doenças metabólicas (WHEELLOCK *et al.*, 2010).

O estresse térmico também pode afetar a saúde da glândula mamária, favorecendo a incidência de mastite. Condições de clima quente e úmido favorecem a sobrevivência e proliferação de microrganismos patogênicos no ambiente, além de reduzir a resistência do hospedeiro, já que os animais apresentam redução na ingestão de matéria seca e conseqüentemente consumo deficiente de nutrientes essenciais para o sistema imune, como vitamina E e selênio (SANTOS; FONSECA, 2007).

2.2 Mastite

A mastite é um processo inflamatório da glândula mamária, causado por injúrias químicas, mecânicas ou por infecção microbiológica. É uma das infecções mais frequentes no rebanho leiteiro. Esta doença apresenta caráter multifatorial envolvendo diversos microrganismos, como bactérias e fungos inerentes ao ambiente e ao próprio animal (COSER *et al.*, 2012).

Por causar perdas econômicas como diminuição na produção e na qualidade do leite, a permanência da mastite nos rebanhos leiteiros tem causado grandes prejuízos principalmente nos aspectos referentes aos custos com mão de obra, serviços veterinários e medicamentos (LOPES *et al.*, 2012).

A ocorrência da doença no rebanho é caracterizada por vários fatores, os principais são as condições precárias de higiene e procedimentos errados durante a ordenha, que não só contribuem para a ocorrência, mas também para a permanência dela nas propriedades (LAFFRANCHI *et al.*, 2001).

De acordo com a manifestação clínica da doença, a mastite é dividida em dois grupos, mastite clínica e subclínica (TOZZETTI *et al.*, 2008).

A mastite clínica é caracterizada por apresentar alterações visíveis de sua manifestação, tais como: edema, endurecimento, vermelhidão, dor na glândula mamária, aparecimento de grumos e pus no leite, evoluindo para um quadro sistêmico como depressão, desidratação e diminuição da ingestão de alimentos. Nos casos mais graves pode ocorrer perda do quarto mamário e até a morte do animal (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Na forma subclínica não há sinais clínicos evidentes da doença. A sua forma de manifestação é silenciosa e isso ocorre porque a inflamação faz com que as células de defesa do animal (células somáticas) migrem para o interior do úbere para combater a infecção, ocasionando o aumento da contagem de células somáticas (CCS), alterando a composição e a qualidade do leite. Estima-se que para cada caso de mastite clínica devem existir entre 15 e 40 casos de mastite subclínica nos rebanhos (DANTAS; OLIVEIRA, 2012).

O California Mastitis Test (CMT) é um dos testes mais populares e práticos para o diagnóstico da forma subclínica e baseia-se na estimativa da CCS no leite. Este teste consiste na utilização de um detergente aniônico neutro que ao entrar em contato com a amostra de leite, causa o rompimento da membrana das células somáticas liberando material nuclear, formando

uma reação espessa e viscosa. A expressão dos resultados se classifica em cinco escores: negativo, traços, um, dois ou até três sinais positivos (DIAS, 2007).

A CCS é um dos métodos mais precisos de avaliação da saúde da glândula mamária. Este teste envolve a coleta de leite individual das vacas e envio das amostras para laboratório, utilizando como referência o aumento na concentração de células de defesa no leite. Considera-se, em nível individual, que uma vaca leiteira apresenta mastite subclínica quando a CCS é maior do que 200 mil células por mililitro (AL., 2010).

Outros fatores interferem de forma indireta na CCS. Observa-se que vacas com mais de cinco crias tendem a desenvolver o aumento das células somáticas no úbere, sendo muitas vezes necessária a troca desses animais. Vale ressaltar também que animais que apresentam mastite há muito tempo, são portadores de mastite crônica. Nessas circunstâncias, recomenda-se o descarte desses animais e a sua reposição por outros mais jovens (LANGONI, 2000).

A mastite também é dividida em mastite contagiosa e mastite ambiental, e esta divisão é de acordo com o tipo de agente patogênico (LANGONI, 2013).

A mastite contagiosa apresenta baixa incidência de casos clínicos e alta incidência de casos subclínicos. Caracterizam-se por quadros de longa duração ou crônicos e alta contagem de células somáticas. É causada por microrganismos bem adaptados à sobrevivência no úbere e são transferidos de um quarto infectado a outro sadio. A transmissão geralmente ocorre durante a ordenha por meio de vetores como: as mãos dos ordenhadores, material utilizado para secar os tetos (panos ou esponjas) e por meio das teteiras. Os principais agentes causadores são: *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* e *Corynebacterium bovis* (DANTAS; OLIVEIRA, 2012).

A mastite ambiental é causada por microrganismos que vivem preferencialmente no ambiente onde as vacas estão alojadas, onde há acúmulo de esterco, urina, barro e camas orgânicas. Este tipo de mastite é responsável pela maioria dos casos clínicos. Os principais agentes causadores são microrganismos presentes nos coliformes, os mais conhecidos são: *Streptococcus uberis* e *Streptococcus dysgalactiae* e as bactéria Gram negativas *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter aerogenes*, *Serratia spp.*, *Pseudomonas spp.* e *Proteus spp.* (BRITO *et al.*, 2007).

A prevalência da mastite está relacionada, principalmente, ao manejo antes, durante e após a ordenha. Isso demonstra a importância dos procedimentos adequados de ordenha,

incluindo as formas corretas de higienização e desinfecção do ambiente, do animal, do profissional e de todos os utensílios utilizados na ordenha (ALEXANDRINO *et al.*, 2015).

2.3 Termografia Infravermelho

Todos os corpos emitem radiação infravermelha, entretanto a intensidade dessa radiação depende da temperatura do objeto e da capacidade que esse objeto tem em emitir essa radiação. O calor ou energia térmica, ou ainda luz infravermelha, é um tipo de energia emitida pelos corpos e invisível ao olho humano. A termografia infravermelha (TIV) consiste no mapeamento térmico da superfície de um corpo, captando as variações de temperatura emitida por estes através da radiação infravermelha (ALVES; VECCHIA, 2012).

Segundo Nogueira *et al.* (2013), vários estudos apresentam a TIV como potencial ferramenta para auxiliar no diagnóstico de processos inflamatórios nas várias espécies de animais, dentre elas podendo ser citado: avaliação dos efeitos da temperatura sobre a superfície escrotal e a influência dessa temperatura sobre a fertilidade de touros, na detecção de lesões instaladas na coluna de equinos, no impacto das variáveis ambientais sobre as variáveis fisiológicas em caprinos, no auxílio do desenvolvimento de um índice de conforto térmico para aves, dentre outros.

A termografia infravermelha é apontada como uma ferramenta de fácil diagnóstico, rápida aplicação e com a vantagem de poder ser utilizada a campo. Além de ser classificada como uma técnica não invasiva que visa à saúde, o conforto e o bem-estar dos animais. O desenvolvimento deste tipo de tecnologia favorece o diagnóstico precoce e contribui para aplicação do tratamento de forma correta e eficaz (ROBERTO; SOUZA, 2014).

Berry *et al.* (2003) usaram a termografia infravermelha para investigar os efeitos dos fatores ambientais sobre a temperatura diária do úbere e os autores encontraram um padrão de flutuação da temperatura do úbere dos animais durante o dia. Após estabelecido o padrão, eles conseguiam prever com certa precisão (variação menor do que 0,5 °C) a temperatura do úbere baseados apenas nos fatores ambientais. Já que o autor encontrou uma variação muito baixa da temperatura do úbere durante o dia, ele conclui que a utilização da câmera termográfica para detecção precoce da mastite apresenta potencial desde que seja feito em conjunto um monitoramento ambiental.

Segundo Scott *et al.* (2000), foi observado, através da utilização da câmera termográfica, um aumento de 2,7 °C na temperatura do úbere de vacas com mastite induzida. Os autores ainda observaram que através da TIV a mastite pode ser detectada mais cedo do que com testes de soroalbumina e contagem de células somáticas. Enquanto o pico de soroalbumina foi observado somente 6 horas após a indução, foi possível detectar diferenças de temperatura do úbere após 1 hora.

Polat *et al.* (2010) afirma que a termografia infravermelha pode ser empregada para avaliar a presença de mastite subclínica com uma alta habilidade de diagnóstico preditivo similar ao CMT. No entanto, ele conclui que a confiabilidade do uso da termografia infravermelha ainda deve ser testada em vacas com características diferentes e em condições ambientais variadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos com animais foram conduzidos de acordo com as diretrizes do Comitê de Ética e Uso de Animais da Universidade Federal do Ceará (Processo número 4244290319).

3.1 Descrição do Experimento

O experimento foi conduzido em uma fazenda comercial no município de Russas, Ceará, Brasil (04°56'25"S e 37°58'33"O). O clima da região é classificado como tropical quente semiárido, apresenta pluviosidade média de 857,7 mm (IPECE, 2017).

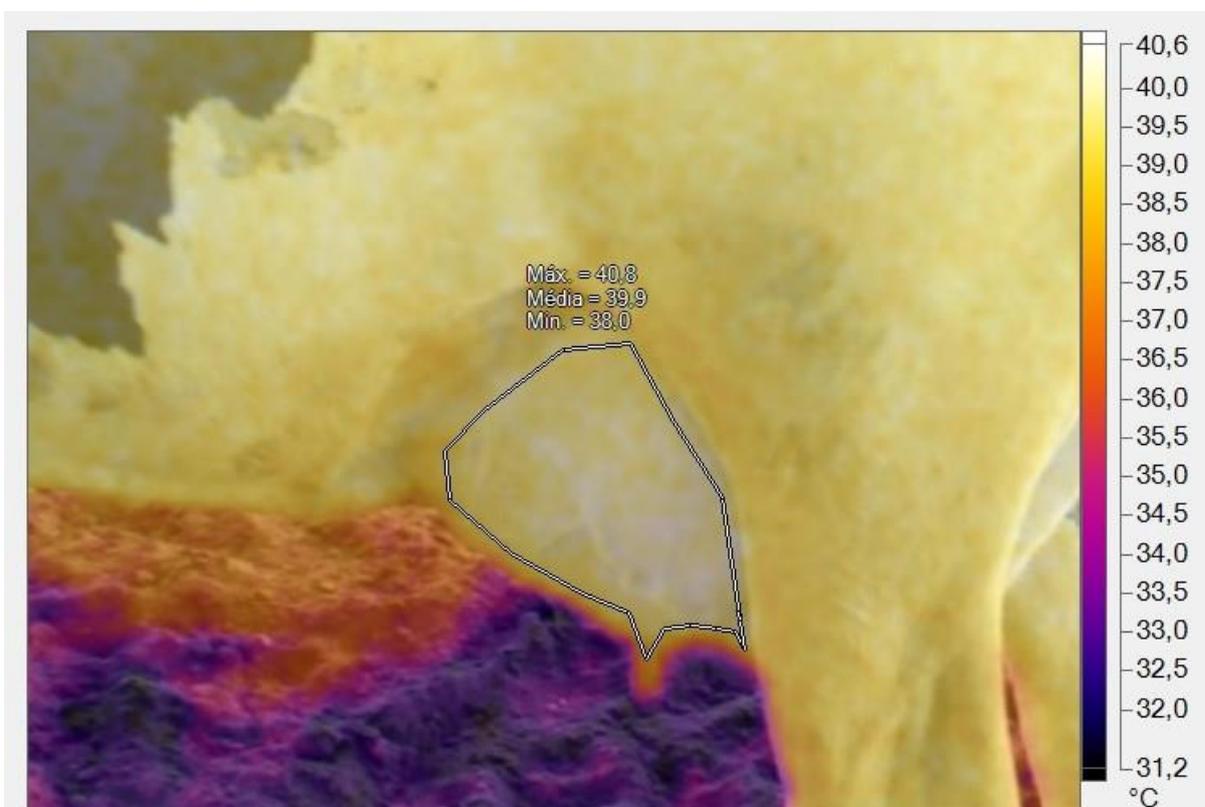
O experimento foi realizado em novembro de 2018, o período de coleta foi de 3 dias. Foram utilizadas no estudo 16 vacas mestiças da raça Holandesa x Gir com diferentes graus genético, com em média 450 ± 32 kg e 170 dias em lactação (DEL), produção média de 19,3 litros de leite por dia e na segunda lactação. Os animais foram selecionados de forma aleatória dentro de um dos lotes produtivos da propriedade e estavam alojados em um galpão com 6m de altura, 50m de comprimento e 15m de largura, do tipo compost barn utilizando cama de bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera*), uma palmeira típica da região.

Os animais eram ordenhados duas vezes ao dia, às 04h:00min e às 16h:00min. Trinta minutos antes da ordenha, os animais eram retirados do galpão e alojados na sala de espera, onde permaneciam tomando banho por meio de aspersores. Enquanto os animais estavam na ordenha, era realizado o revolvimento da cama, a distribuição da ração e limpeza dos bebedouros e corredores de alimentação do galpão. Às 09h:00min os animais retornavam para a sala de espera da ordenha para tomar outro banho, onde permaneciam por volta de 1 hora. Logo após saída dos animais da sala de ordenha, eram realizados todos os processos de higienização da instalação.

Foram registrados termogramas por um termo-visor com resolução de 4800 pixels (Fluke® modelo TiS10, Everett, WA, EUA), com uma distância de 1 metro e emissividade (ϵ) indicada para tecidos biológicos (0.98). Foram registrados termogramas duas vezes ao dia, sendo um no período da manhã quando os animais estavam na sala de ordenha (04h:00min) e outro no período da tarde (13h:00min) com os animais dentro do galpão. Os termogramas foram gerados da visão direita, esquerda e posterior da superfície do úbere com os animais no

galpão, e na ordenha da visão posterior e de uma das laterais visíveis do úbere. Os termogramas gerados foram analisados pelo software smart view 4.3, para obtenção da temperatura superficial do úbere foi utilizada a ferramenta de “desenhar marcadores-polígono”, Figura 1.

Figura 1 – Imagem obtida por meio da câmera de infravermelho e analisada no smart view 4.3, com área de análise selecionada por meio da ferramenta “desenhar marcadores- polígono”



Fonte: Próprio autor.

3.2 Variáveis Ambientais

Dados ambientais de temperatura do ar (Temp) e umidade relativa do ar (RH) foram mensurados utilizando miniestações meteorológicas equipadas com data loggers (Onset®, modelo U23-001 HOBO® Pro v2, Cape Cod, Massachusetts, USA) para caracterizar o ambiente térmico utilizando o índice de temperatura e umidade (ITU), Equação 3.1 proposto por Thom (1959).

$$ITU = tbs + 0,36t po + 41,5. \quad (3.1)$$

Em que: tbs é temperatura de bulbo seco, em °C e tpo é temperatura de ponto de orvalho, em °C.

Foram instalados quatro data logger ao todo, dois no ambiente interno do galpão, um na sala de ordenha e um no ambiente externo ao galpão, com dados registrados em intervalos de 10 minutos.

3.3 Coleta das Amostras de Leite

As coletas das amostras foram realizadas logo após a ordenha e os procedimentos referentes as coletas para a CCS seguiram a metodologia descrita pela Clínica do Leite (ESALQ-USP), na seguinte ordem:

- O laboratório forneceu os materiais de coleta, contendo os frascos com o conservante bronopol e etiquetas para identificação das amostras;
- Após o fim da ordenha de cada animal, foi permitida a entrada de ar no medidor por 15 segundos para homogeneizar o leite. Após os 15 segundos o leite foi transferido do coletor para o frasco;
- Imediatamente após coletar a amostra, o frasco foi virado de cabeça para baixo 10 vezes;
- Os frascos foram colocados na caixa e após 15 minutos, foi repetido o processo virando a caixa toda de ponta cabeça 10 vezes para completar a diluição;
- As amostras foram ordenadas na caixa e enviadas ao laboratório.

No laboratório a contagem de células somáticas foi determinada por citometria de fluxo (Somacount 300®).

3.4 Análise Estatística

O grau de correlação entre as características de temperatura de úbere e contagem de células somáticas foi avaliado utilizando o coeficiente de correlação linear de Pearson (r) (Equação 3.2), quanto a magnitude e o sentido foi utilizado como critério a classificação em quintis de cinco partes (KONOPATZKI *et al.*, 2011): $0 \leq r < 0,2$ muito fraca; $0,2 \leq r < 0,4$ fraca; $0,4 \leq r < 0,6$ moderada; $0,6 \leq r < 0,8$ forte e $0,8 \leq r < 1$ muito forte. O coeficiente r foi calculado utilizando software R 3.4.3 (TEAM, 2016).

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{x_i - \bar{x}}{S_x} \frac{y_i - \bar{y}}{S_y} . \quad (3.2)$$

Em que \bar{x} e \bar{y} são as médias amostrais de x e y , respectivamente; S_x e S_y são os desvios padrões amostrais de x e y , respectivamente.

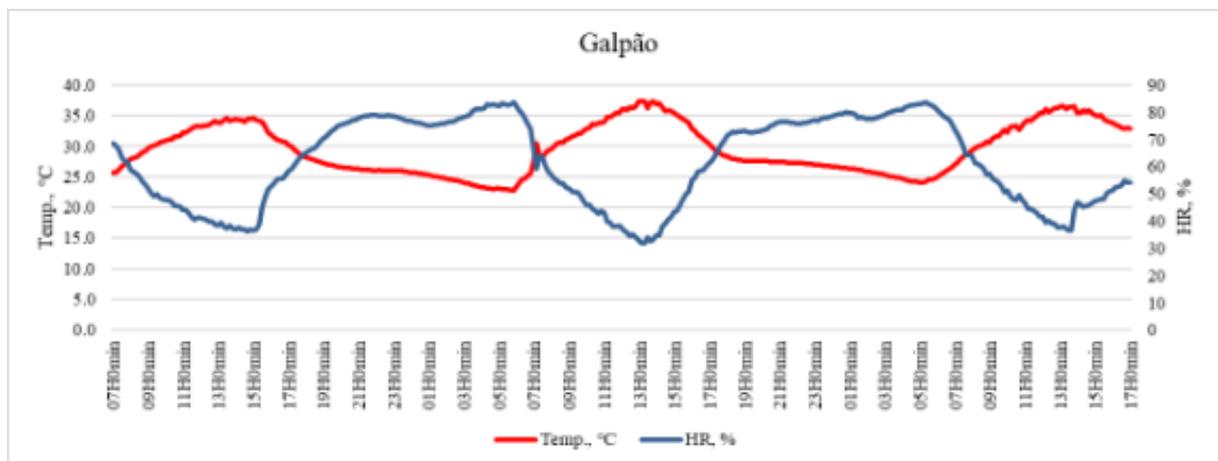
Foram ajustadas equações das regressões utilizando a função `lm` disponível no software R 3.4.3 (TEAM, 2016). A significância ($p < 0,05$) do coeficiente de regressão foi testada pelo teste t , cuja hipótese de nulidade considerada é que o coeficiente de regressão não difere de zero. As regressões quadráticas foram obtidas com o objetivo de verificar a relação existente entre as características de temperatura do úbere mensuradas por termografia infravermelha e a CCS das vacas em lactação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Monitoramento Ambiental

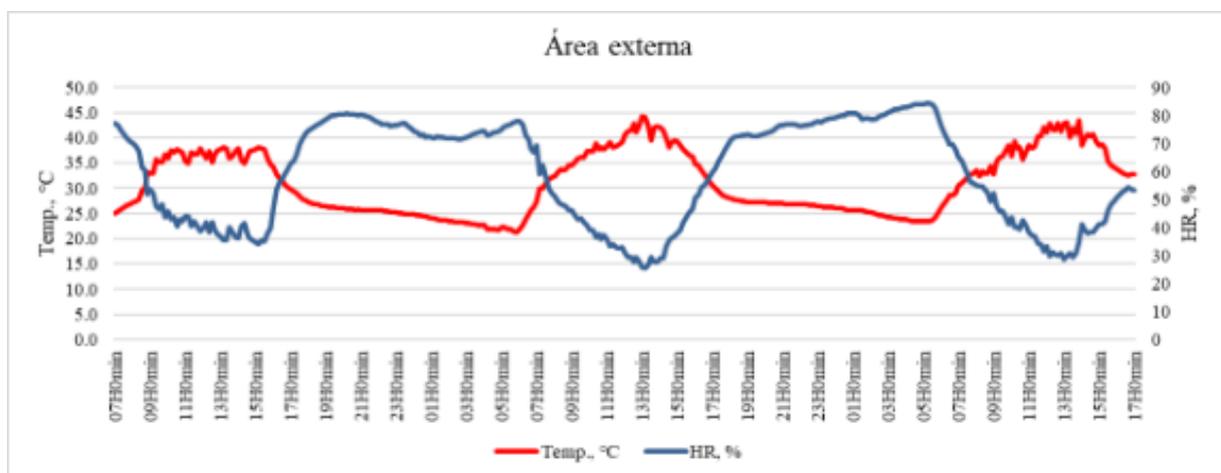
Nas Figuras 2 e 3 estão apresentados os valores de temperatura e umidade obtidos por meio dos dois data loggers instalados na área interna do galpão e na área externa, respectivamente.

Figura 2 – Variação de Temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) na área interna do galpão durante os três dias de estudo



Fonte: Próprio autor

Figura 3 - Variação de Temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) na área externa do galpão durante os três dias de estudo



Fonte: Próprio autor

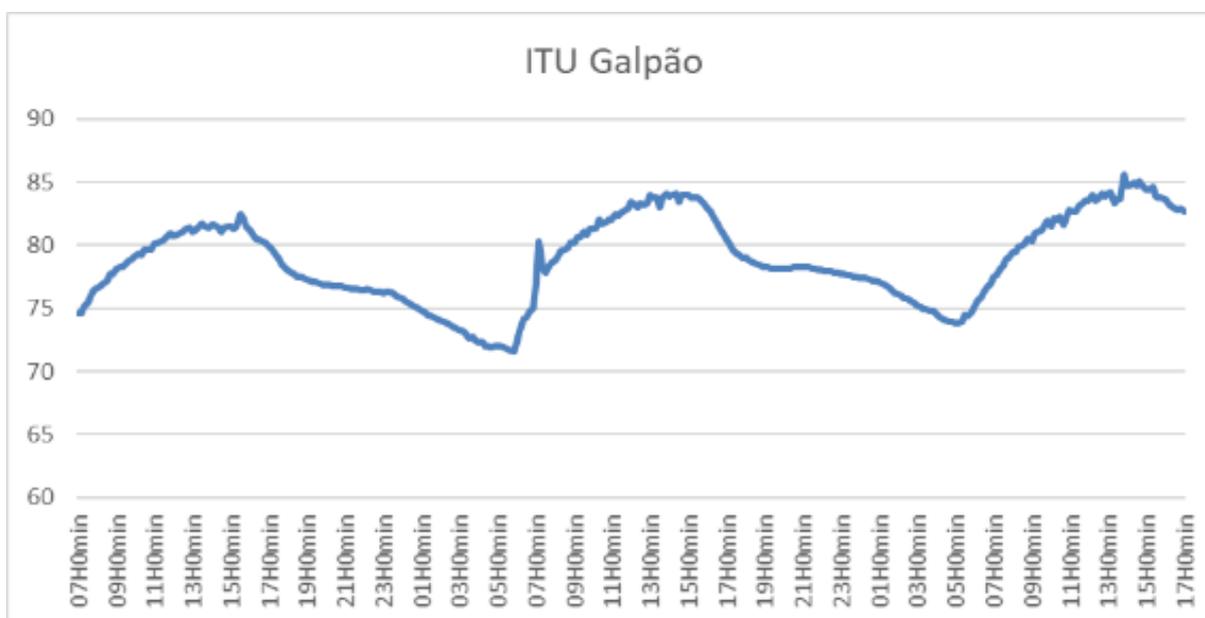
A temperatura média do ar dentro do galpão durante o período de estudo foi de 31°C e

a umidade relativa média do ar de 59%. Analisando a Figura 2 é possível observar que os valores máximos de temperatura foram obtidos por volta de 13h da tarde, chegando a alcançar 36,5°C, bem como são obtidos os valores mínimos de umidade relativa do ar, que nos momentos mais quentes chegaram a 32%.

A zona de conforto térmico para bovinos leiteiros está situada entre 5 e 25°C (ROENFELDT, 1998). Enquanto Fuquay (1981) ressalta que seu limite superior varia entre 24 e 27°C. Por meio do gráfico é possível observar que durante quase todo o período do estudo, a temperatura estava próxima ou superior a esse limite. Em situações onde a temperatura ambiente excede esse limite, ocorre redução gradativa na eficácia dos processos de dissipação de calor e o animal tende a entrar em condição de estresse térmico.

Baseado nos dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos por meio dos data loggers, foi gerado um gráfico (Figura 4) com a variação dos valores de ITU dentro do galpão.

Figura 4 – Variação dos valores do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) durante os três dias de experimento dentro do galpão



Fonte: Próprio autor.

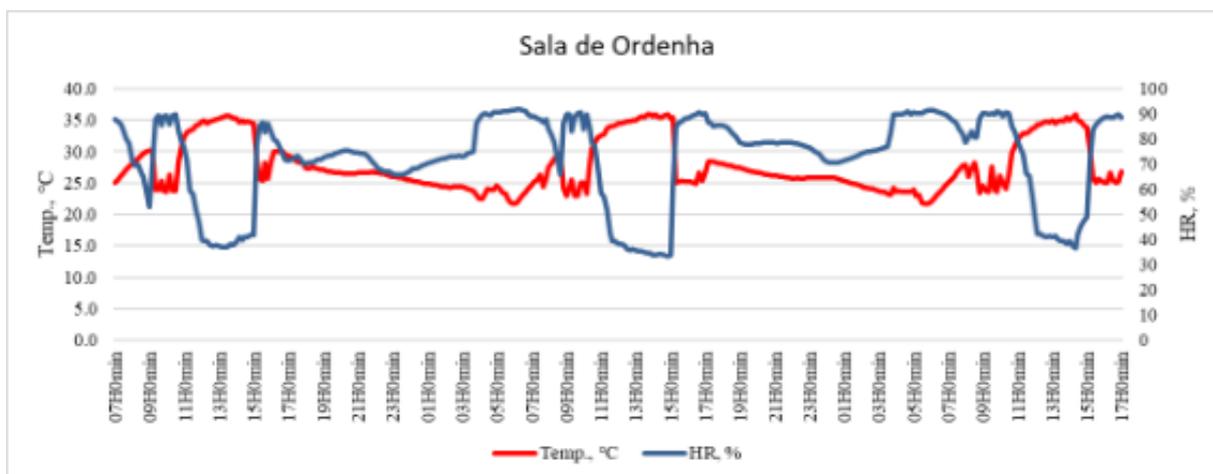
Levando em consideração os valores de ITU observados na Figura 4, é possível afirmar que durante o período do estudo as vacas se mantiveram muito próximas ou acima da faixa de conforto para vacas Girolandas proposta por Azevedo *et al.* (2005), ressaltando

que nos momentos mais quentes os valores de ITU ultrapassaram a marca de 80 no interior do galpão.

Azevedo *et al.* (2005), considerando a variação normal de temperatura retal de vacas mestiças das raças Gir e Holandesa, estimou valores críticos superiores de ITU entre 75 e 80. Comparados aos bovinos europeus, os zebuínos são mais resistentes ao estresse térmico e a outros estressores ambientais que limitam a expressão das características produtivas nas áreas tropicais e subtropicais, portanto, à medida que o grau genético da raça Zebu nas vacas mestiças aumenta, maior são os valores críticos superiores de ITU.

Já que os animais eram submetidos a um banho na sala de espera fora do horário de ordenha, o microclima do local também foi avaliado. Os resultados obtidos de temperatura do ar e umidade relativa do ar estão representados na Figura 5.

Figura 5 – Variação de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) dentro da sala de ordenha durante os três dias de estudo



Fonte: Próprio autor

A temperatura média do ar na sala de espera foi de 27,7°C, enquanto a umidade relativa do ar média foi de 72%. Comparando os dados de temperatura e umidade entre a sala de ordenha, Figura 5, e o galpão, Figura 1, é possível observar um comportamento diferente das variáveis avaliadas.

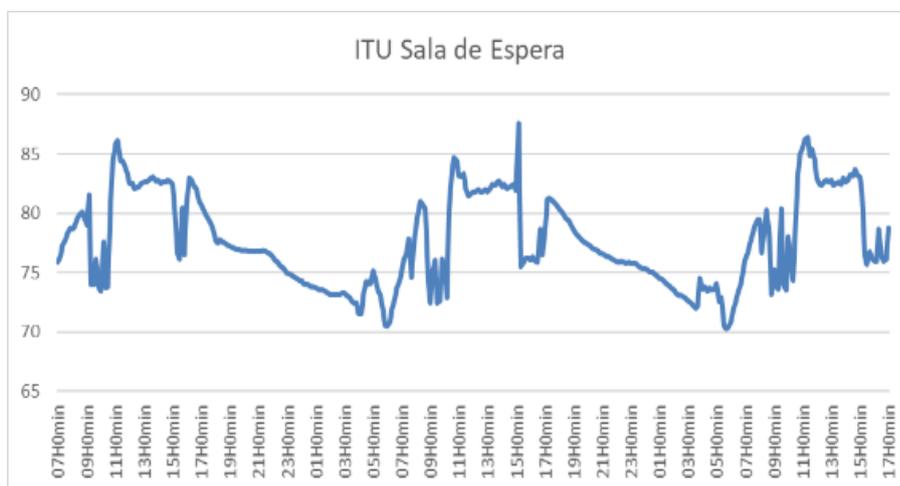
Às 9h da manhã os animais eram encaminhados para sala de espera, onde permaneciam tomando banho por meio dos aspersores por cerca de 1 hora. Tal fato explica o aumento da umidade relativa do ar no local durante o período de 9h às 11h. O processo volta a se repetir às 15h e às 04h, horários em que os animais eram encaminhados para tomar banho na

sala de espera antes das ordenhas. Segundo Schüller e Heuwieser (2016), a alta umidade relativa dentro da sala de ordenha é gerada devido aos frequentes processos de banho e limpeza realizados no local, causando altas taxas de evaporação. Além disso, devido as condições de manejo, normalmente a sala de ordenha fica centralizada na propriedade, o que dificulta a ventilação natural.

Para avaliar o conforto dos animais nos períodos em que estavam na sala de ordenha, foi elaborado um gráfico com a variação dos valores de ITU dentro do local (Figura 6).

De acordo com a Figura 6 é possível observar que mesmo com os banhos nos horários de 9h e 15h e com temperaturas mais amenas os valores de ITU na sala de espera ainda continuam próximos aos valores críticos superiores entre 75 e 80 propostos por Azevedo *et al.* (2005). Além disso, a alta densidade dos animais na sala de espera combinado com a baixa ventilação, leva à um acúmulo de ar quente e úmido dentro da instalação, o que dificulta a perda de calor dos animais para o ambiente.

Figura 6 – Variação dos valores de ITU durante os três dias de experimento dentro da sala de espera



Fonte: Próprio autor

4.2 Termografia Infravermelho x CCS

A estatística descritiva com os dados obtidos pelos termogramas e CCS estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatística descritiva para as características de temperatura de úbere, mensuradas por termografia infravermelho da visão esquerda (TEG), direita (TDG), posterior (TPG) e média (MTG) das temperaturas mensuradas no galpão; temperatura da visão esquerda (TEO), direita (TDO), posterior (TPO) e média (MTO) das temperaturas mensuradas na sala de ordenha; e CCS.

	N	Média ± DP	Moda	Mediana	Min.	Máx.	CV (%)
TEG (°C)	16	39,4 ± 0,9	39,9	39,4	37,8	40,8	2,2
TDG (°C)	16	39,4 ± 1,0	39,9	39,4	37,0	41,1	2,4
TPG (°C)	16	39,5 ± 0,7	39,4	39,4	38,2	41,2	1,8
MTG (°C)	16	39,4 ± 0,8	39,1	39,3	37,9	41,0	1,9
TEO (°C)	8	36,9 ± 0,5	37,4	37,1	36,1	37,5	1,4
TDO (°C)	8	37,0 ± 0,7	37,8	36,9	36,1	37,9	1,9
TPO (°C)	16	37,2 ± 0,8	36,6	37,2	35,8	38,5	2,1
MTO (°C)	16	37,1 ± 0,6	36,9	37,1	36,1	38,2	1,7
CCS (1000 cel./ml)	16	317 ± 370	99	140	59	1199	117

N = número de animais por característica, Média ± DP = média ± desvio-padrão,

Min. = valor mínimo, Máx. = valor máximo, CV (%) = coeficiente de variação

Fonte: Próprio autor.

Os resultados com as correlações entre os termogramas obtidos em diferentes locais e visões superficiais do úbere com a contagem de células somáticas estão presentes na Tabela 2. É possível observar que as temperaturas superficiais do úbere obtidas no galpão (TEG, TDG, TPG e MTG) apresentaram correlação forte e muito forte entre si, porém não obtiveram correlação significativa com a CCS. Por outro lado, as temperaturas obtidas na ordenha (TDO, TPO e MTO) obtiveram correlação significativa forte e muito forte com a CCS.

Tabela 2 – Coeficientes de correlação linear entre o termograma da visão esquerda (TEG), direita (TDG), posterior (TPG) e média das temperaturas do úbere no galpão (MTG); termograma da visão esquerda (TEO), direita (TDO), posterior (TPO) e média das temperaturas do úbere na ordenha (MTO); e a contagem de células somáticas (CCS).

	TEG	TDG	TPG	MTG	TEO	TDO	TPO	MTO	CCS
TEG (°C)	-	0,83*	0,62*	0,91*	0,37	-0,04	0,15	0,16	0,04
TDG (°C)	0,00*	-	0,73*	0,95*	0,58	0,05	0,04	0,13	-0,02
TPG (°C)	0,01*	0,00*	-	0,84*	0,50	-0,68	-0,27	-0,24	-0,34
MTG (°C)	0,00*	0,00*	0,00*	-	0,51	-0,18	-0,01	0,04	-0,10
TEO (°C)	0,36	0,13	0,22	0,20	-	-	-0,18	0,57	0,02
TDO (°C)	0,93	0,91	0,06	0,67	-	-	0,89*	0,96*	0,90*
TPO (°C)	0,58	0,87	0,31	0,97	0,66	0,00*	-	0,92*	0,76*
MTO (°C)	0,55	0,62	0,37	0,87	0,14	0,00*	0,00*	-	0,81*
CCS **	0,87	0,94	0,19	0,72	0,96	0,00*	0,00*	0,00*	-

* valores significativos com $p < 0,05$ **CCS em 1000 cel/ml

Muito fraca	$0,0 \leq r < 0,2$
Fraca	$0,2 \leq r < 0,4$
Moderada	$0,4 \leq r < 0,6$
Forte	$0,6 \leq r < 0,8$
Muito Forte	$0,8 \leq r \leq 1,0$

Fonte: Próprio autor.

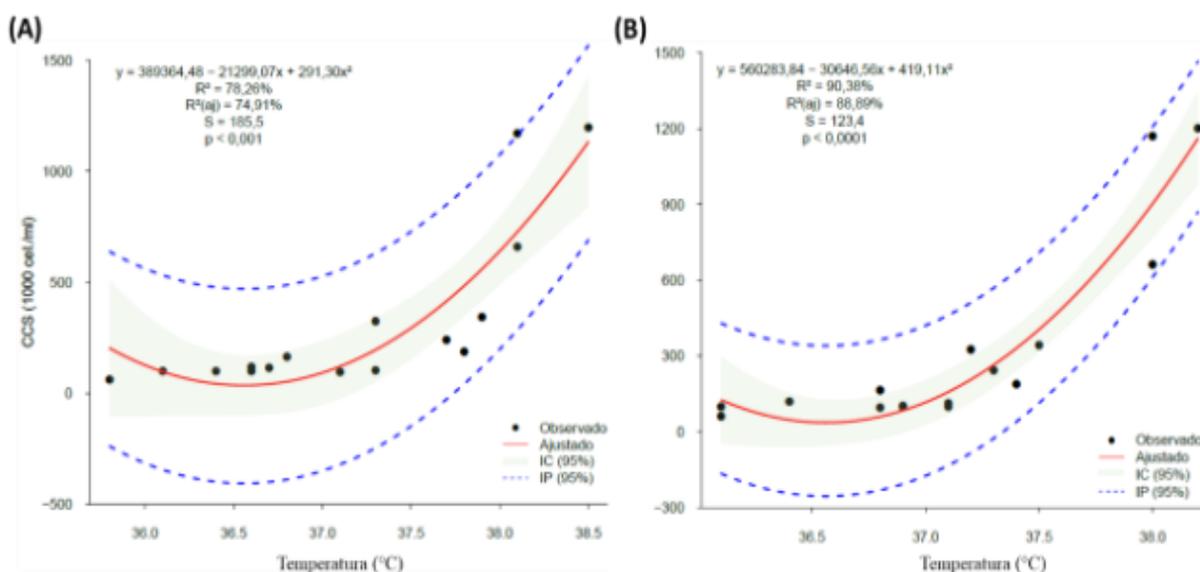
A temperatura ambiental influenciou a TSU nos termogramas obtidos no galpão, pelo horário de aquisição dos termogramas, superestimando os valores obtidos e, assim dificultando a sensibilidade de detecção da mastite. Berry *et al.* (2003) usaram a termografia infravermelho para investigar os efeitos dos fatores ambientais sobre a temperatura diária do úbere. Os autores encontraram um ciclo circadiano da temperatura superficial do úbere (TSU), com maiores valores no período da tarde por se tratar do período mais quente do dia.

Corroborando com esse resultado, Daltro *et al.* (2017) observaram uma correlação positiva entre o Índice de Temperatura de Globo negro e Umidade (ITGU) e a TSU da região posterior do úbere. Os autores justificaram esse comportamento como uma resposta ao estresse térmico, uma vez que tal condição promove a vasodilatação nas áreas periféricas para favorecer a troca de calor, o que resulta em um maior fluxo sanguíneo e aumento da temperatura na superfície da pele. Sendo assim, em regiões onde os animais possam estar submetidos a condições de estresse térmico, recomenda-se a aquisição dos termogramas em um horário mais ameno do dia.

Além disso, animais mantidos em galpões podem sujar seus úberes com o material da cama, o que afeta negativamente o resultado das análises dos termogramas obtidos por meio da câmera infravermelho (METZNER *et al.*, 2014). Entretanto, neste estudo, antes da ordenha, os animais eram submetidos a um banho na sala de espera por meio da utilização de aspersores, o que resultava na limpeza prévia do úbere das vacas.

As equações de regressão apresentaram modelos significativos, Figura 7. Observou-se nos termogramas gerados da TPO e a MTO que a TIV foi sensível o suficiente para detectar alterações na temperatura superficial do úbere proporcionadas pela infecção da glândula mamária, uma vez que, a elevação dos valores de CCS estava relacionada a um aumento na TSU. Colak *et al.* (2008), tentando avaliar mudanças na TSU em função do CMT em bovinos, observaram um aumento na TSU à medida que a pontuação do CMT aumentou, já que, assim como outras infecções, a mastite gera uma resposta inflamatória do organismo e um aumento simultâneo da temperatura do úbere (SATHIYABARATHI *et al.*, 2016).

Figura 7 – Regressão quadrática da TPO (A) e a da MTO (B) em função da CCS em vacas leiteiras mestiças de Holandesa x Gir



Fonte: Próprio autor.

As equações utilizando os valores de TPO e MTO apresentaram coeficientes de determinação (R²) de 74 e 88%, respectivamente. Os quartos posteriores são responsáveis por 60% da produção de leite, e em razão do maior volume são mais expostos à danos físicos e a maior ocorrência de mastite nessa zona do úbere (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Dessa forma, alguns autores utilizaram essa zona do úbere para detectar casos de mastite (METZNER *et al.*, 2014; BERRY *et al.*, 2003). Por outro lado, a equação utilizando MTO obteve um melhor ajuste, comprovando que os quartos anteriores também devem ser utilizados como zonas de aquisição de termogramas do úbere para avaliar a mastite utilizando a TIV.

A termografia infravermelho foi sensível a alterações na CCS demonstrando seu potencial de detecção da mastite subclínica, porém o manejo da propriedade, o horário e o local da coleta tiveram efeito sobre a temperatura do úbere, indicando que existem vários outros fatores que devem ser levados em consideração ao se montar uma equação para detecção da mastite por meio da TIV, se tornando ainda mais complexo ao se utilizar essa metodologia em condições comerciais de produção, onde ocorrem variados manejos. Períodos com temperatura mais elevadas tendem a elevar a temperatura superficial do úbere, tornando os resultados imprecisos.

A equação de regressão utilizando a média das temperaturas superficiais dos quartos anteriores e posteriores no momento da ordenha obteve o melhor ajuste, comprovando que os quartos anteriores também devem ser lavados em consideração quando se busca detectar mastite por meio da termografia.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que é possível detectar mastite subclínica utilizando a termografia infravermelho, desde que seja monitorado as condições de temperatura ambiente, uma vez que esta pode influenciar a temperatura superficial do úbere.

A temperatura superficial de todos os quartos do úbere deve ser levada em consideração ao se elaborar uma equação para detecção de mastite, já que a equação de regressão utilizando a média das temperaturas superficiais dos quartos anteriores e posteriores no momento da ordenha obteve o melhor ajuste.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRINO, B. et al. Isolamento e sensibilidade a quimioterápicos de streptococcus spp envolvidos na mastite clínica e subclínica de bovinos da microrregião de Araguaína, Tocantins. **DESAFIOS Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 2, n. Especial, p. 156–170, 2015.
- ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental / Influence of different surfaces on the temperature and energy flux: an experimental trial. **Revista Ambiência**, v. 8, n. 1, p. 101–111, 2012.
- ANDRÉ, G. et al. Quantifying the effect of heat stress on daily milk yield and monitoring dynamic changes using an adaptive dynamic model. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 9, p. 4502–4513, 2011.
- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of dairy science**, v. 77, n. 7, p. 2044–2050, 1994.
- AZEVÊDO, D. M. M. R. A.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Embrapa Meio-Norte Teresina, 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/78361/1/documento-188.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2023.
- AZEVEDO, M. d.; et al. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 holandês-zebu em lactação. [S.I.]: **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2000–2008, 2005.
- BERRY, R. J. et al. 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. 687–693, 2003.
- BHUTTO, A. L.; MURRAY, R. D.; WOLDEHIWET, Z. California mastitis test scores as indicators of subclinical intra-mammary infections at the end of lactation in dairy cows. **Research in veterinary science**, v. 92, n. 1, p. 13–17, 2012.
- BRITO, L. G.; SALMAN, A. K. D.; GONÇALES, M. A. R.; FIGUEIRÓ, M. R. **Manejo sanitário voltado ao controle da mastite bovina**. Cartilha para o produtor de leite de Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007.
- CARENZI, C.; VERGA, M. Animal welfare: review of the scientific concept and definition. **Italian journal of animal science**, v. 8, n. sup1, p. 21–30, 2009.
- COLAK, A. et al. Short communication: early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 91, n. 11, p. 4244–4248, 2008.
- COSER, S.; LOPES, M.; COSTA G, M. **Mastite bovina: controle e prevenção**. Boletim Técnico. Lavras/MG, v. 93, p. 1–30, 2012.
- DALTRO, D. DOS S. et al. 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.

DANTAS, T.; OLIVEIRA, A. de. **Mastite bovina: considerações e impactos econômicos**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2012/doc_170.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2023.

DEMEU, F. A. et al. Influência da escala de produção no impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. **Revista CERES**, v. 62, n. 2, p. 167–174, 2015.

DIAS, R. d. C. Principais métodos de diagnóstico e controle da mastite bovina. *Acta Veterinaria Brasílica*. Mossoró /RN, v. 1, n. 1, p. 23–27, 2007.

DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of dairy science**, v. 92, n. 1, p. 109–116, 2009.

DUBOIS, P. R.; WILLIAMS, D. J. Increased incidence of retained placenta associated with heat stress in dairy cows. **Theriogenology**, v. 13, n. 2, p. 115–121, 1980.

FUQUAY, J. W. Heat stress as it affects animal production. **Journal of animal science**, v. 52, n. 1, p. 164–174, 1981.

HOVINEN, M. et al. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. **Journal of dairy science**, v. 91, n. 12, p. 4592–4598, 2008.

IPECE. **Perfil Básico Municipal Russas**. IPECE, 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Russas_2017.pdf. Acesso em: 08 out. 2019.

KONOPATZKI, M. R. S. **Variabilidade espacial e temporal da produtividade, atributos do solo, planta e características físico-químicas de frutos em pomar de peras**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2011.

LAFFRANCHI, A. et al. Etiologia das infecções intramamárias em vacas primíparas ao longo dos primeiros quatro meses de lactação. **Ciencia rural**, v. 31, n. 6, p. 1027–1032, 2001.

LANGONI, H. Tendências de modernização do setor lácteo: monitoramento da qualidade do leite pela contagem de células somáticas. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 3, n. 3, p. 57–64, 2000.

LANGONI, H. Qualidade do leite: utopia sem um programa sério de monitoramento da ocorrência de mastite bovina. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. Botucatu – São Paulo, v. 33, n. 5, p.620–626, 2013.

LOPES, M.; et al. **Avaliação do impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros**. **Arquivos do Instituto Biológico**. São Paulo, v. 79, n. 4, p. 477–483, 2012.

MARTINS, J. D.; et al. Subclinical mastitis in dairy cattle rural properties Goiás. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. Fedearl University of Ceará, v. 9, n. 2, p. 206–214, 2015.

METZNER, M. et al. Infrared thermography of the udder surface of dairy cattle: characteristics, methods, and correlation with rectal temperature. **Veterinary journal (London, England: 1997)**, v. 199, n. 1, p. 57–62, 2014.

NÄÄS, I. DE A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental/Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 5, n. 1, p. 139–142, 2001.

NOGUEIRA, F. R. B.; et al. Termografia infravermelha: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelha. *[S.I.]*: **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 35, n. 3, p. 289–297, 2013.

OLIVEIRA, A. J. de; et al. Mastite clínica e subclínica em pequenas propriedades leiteiras no município de Araguari-MG. **Veterinária Notícias**. Uberlândia, v. 19, n. 1, 2013.

POLAT, B. et al. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 93, n. 8, p. 3525–3532, 2010.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B. Utilização da Termografia de Infravermelho na Medicina Veterinária e na Produção Animal. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 3, p. 73–84, 2014.

ROENFELDT, S. You can't afford to ignore heat stress. *[S.I.]*: **Dairy Herd Management**, v. 35, p.6–12, 1998.

SANTOS, M. d.; FONSECA, L. d. **Estratégias para controle de mastite e melhoria da qualidade do leite**. São Paulo: Manole, 2007.

SATHIYABARATHI, M. et al. Infrared thermography: A potential noninvasive tool to monitor udder health status in dairy cows. **Veterinary world**, v. 9, n. 10, p. 1075–1081, 2016.

SCHÜLLER, L. K.; HEUWIESER, W. Measurement of heat stress conditions at cow level and comparison to climate conditions at stationary locations inside a dairy barn. **The Journal of dairy research**, v. 83, n. 3, p. 305–311, 2016.

SCHÜTZ, K. E. et al. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 93, n. 1, p. 125–133, 2010.

SCHVARZ, D. W.; SANTOS, J. M. G. dos. Mastite bovina em rebanhos leiteiros: Ocorrência e métodos de controle e prevenção. *[S.I.]*: **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 5, n. 3, 2012.

SCOTT, S.; SCHAEFER, A.; TONG, A.; LACASSE, P. Use of infrared thermography for early detection of mastitis in dairy cows. *[S.I.]*: **Can J Anim Sci**, v. 80, p. 764–765, 2000.

SILVA, É. C. L. DA et al. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Acta scientiarum. Animal sciences**, v. 31, n. 3, 2009.

SILVA, M. F.; et al. **Avaliação da qualidade do leite produzido no sistema de produção de leite da Embrapa Pecuária Sudeste em São Carlos-SP.** [S.I.]: XIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E V HORNADA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO, 2016.

SOMMERHÄUSER, J. et al. The epidemiology of *Staphylococcus aureus* infections from subclinical mastitis in dairy cows during a control programme. **Veterinary microbiology**, v. 96, n. 1, p. 91–102, 2003.

TEAM, R. C. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016.

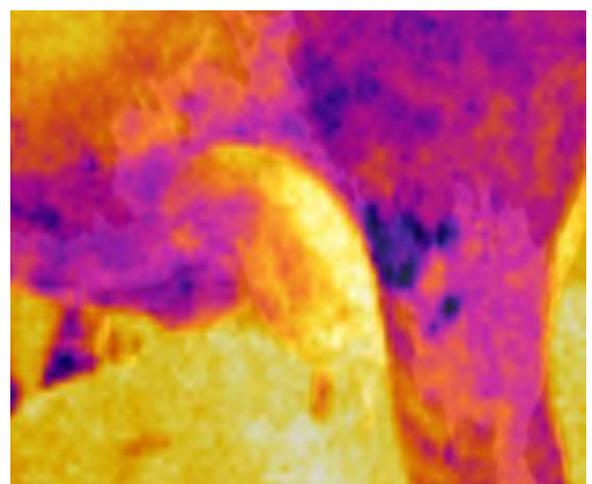
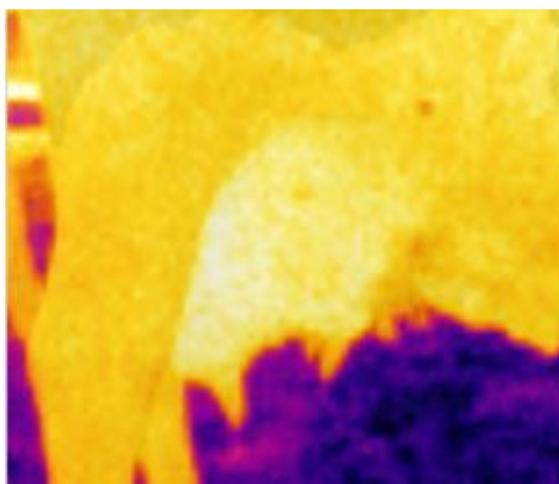
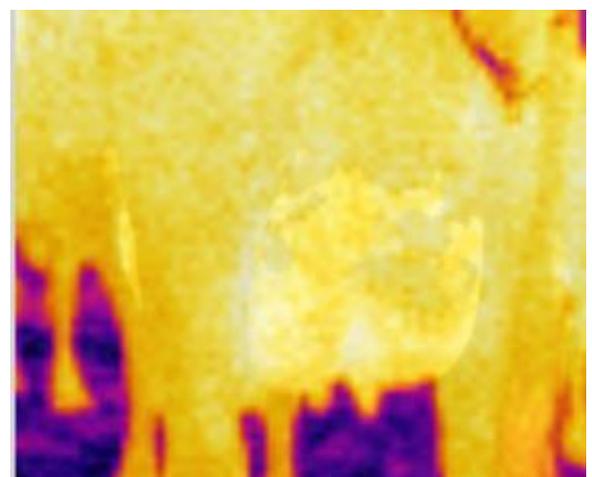
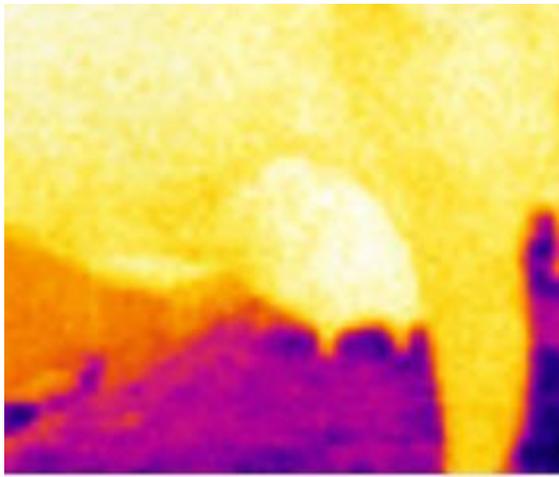
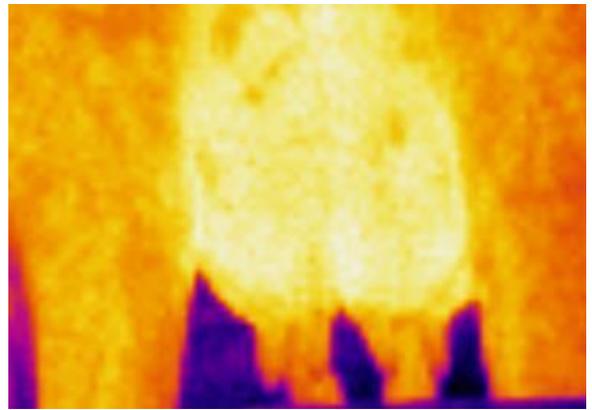
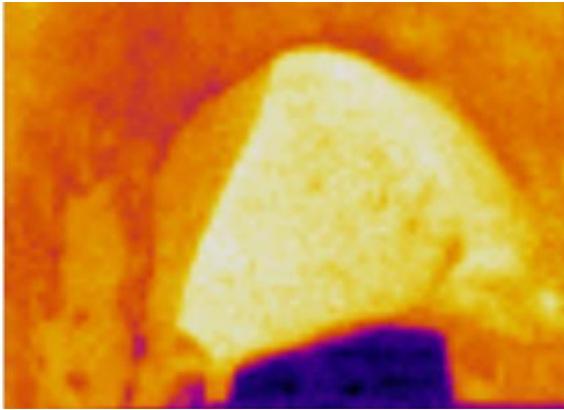
THOM, E. C. The Discomfort Index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57–61, 1959.

TOSETTO, M. R. et al. Influência do macroclima e do microclima sobre conforto térmico de vacas leiteiras. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 1, p. 6–10, 2014.

TOZZETTI, D. S.; BATAIER, M. B. N.; ALMEIDA, L. R. d.; PICCININ, A. Prevenção, controle e tratamento das mastites bovinas – revisão de literatura. **Revista científica eletrônica de medicina veterinária.** Garça/SP, v. 6, n. 10, p. 1–7, 2008.

VALENTIM, J.; et al. Efeito do estresse térmico por calor em vacas leiteiras. [S.I.]: **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 15, 2018.

WHEELLOCK, J. B. et al. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of dairy science**, v. 93, n. 2, p. 644–655, 2010.

APÊNDICE A – TERMOGRAMAS

Fonte: Imagens coletadas pelo próprio autor.