



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**CLEBSON PEREIRA DE ALMEIDA**

**MAPEAMENTO TERMOGRÁFICO, ORDENHABILIDADE E DETECÇÃO DE  
ESTRO POR TERMOGRAFIA EM VACAS GIROLANDO F1**

**ILHÉUS – BAHIA**

**2020**

**CLEBSON PEREIRA DE ALMIEDA**

**MAPEAMENTO TERMOGRÁFICO, ORDENHABILIDADE E DETECÇÃO DE ESTRO POR TERMOGRAFIA EM VACAS GIROLANDO F1**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Santa Cruz, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Área de concentração: Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

**ILHÉUS – BAHIA**

**2020**

A447 Almeida, Clebson Pereira de.  
Mapeamento termográfico, ordenhabilidade e detecção de estro por termografia em vacas girolando F1 / Clebson Pereira de Almeida. – Ilhéus, BA: UESC, 2020.  
66 f. : il.

Orientador: Luiz Gustavo Ribeiro Pereira.  
Tese (doutorado) –Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal.  
Inclui referências.

1. Leite – Produção. 2. Bovino de leite. 3. Ordenha. 4. Bovino – Fatores climáticos. I. Título.

CDD 637.1

**CLEBSON PEREIRA DE ALMIEDA**

**MAPEAMENTO TERMOGRAFICO, ORDENHABILIDADE E DETECÇÃO  
DEESTRO POR TERMOGRAFIA EM VACAS GIROLANDO F1**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Santa Cruz, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Ilhéus, 28 de fevereiro de 2020.

---

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira - DSc  
UESC/EMBRAPA  
(Orientador)

---

Bruno Borges Deminicis - DSc  
UFSB

---

Gisele Andrade de Oliveira – DSc  
DCAA/UESC

---

João Paulo Pacheco Rodrigues– DSc  
UNIFESSPA

---

José Augusto Gomes Azevedo – DSc  
DCAA/UESC

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, que até aqui me ajudou.

À minha família.

Ao professor LUIZ GUSTAVO RIBEIRO PEREIRA, por me orientar durante esse período.

Aos colegas pesquisadores e funcionários da EMBRAPA GADO DE LEITE, Coronel Pacheco Minas Gerais, por se empenharem no decorrer dos experimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UESC, Eduardo, por estar sempre disposto e tão bem informado para esclarecer todas as dúvidas surgidas durante o curso.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UESC, por buscar melhorias para o curso aumentando o nosso conhecimento na área.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram com o desenvolvimento deste projeto. Muito obrigado a todos!

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Termogramas da cabeça, corpo, membros, genital e glândula mamária de vacas Girolando F1 ..... 19
- Figura 2 – Comportamento das variáveis climáticas de acordo com os horários de obtenção das imagens térmicas..... 22
- Figura 3 – Mapa de calor indicando as correlações entre as características climáticas, comportamentais e fisiológicas com a termografia do olho, narina e chanfro ..... 24
- Figura 4 – Mapa de calor indicando a intensidade das correlações entre as características climáticas, comportamentais e fisiológicas com a termografia ..... 25
- Figura 5 – Mapa de calor indicando a intensidade das correlações entre as características climáticas, comportamentais e fisiológicas com a termografia dos Tetos anteriores e posteriores de vacas girolando F1 lactantes mantidas em confinamento ..... 26
- Figura 6 – Mapa de calor indicando a intensidade das correlações entre as características climáticas, comportamentais e fisiológicas com as características de produção e composição do leite e morfologia de vacas girolando F1 mantidas em confinamento ..... 29
- Figura 7 – Método utilizado para obtenção das imagens ultrassonográficas dos tetos ..... 43
- Figura 8 – Imagens ultrassonográficas demonstrando as diferentes formações de cisternas de tetos de vacas de alta e baixa produção e fluxo de leite .... 44
- Figura 9 – Classificação de vacas Girolando como de alta e baixa produção e fluxo de acordo com o desvio padrão ..... 45
- Figura 10 – Imagem termográfica de vulva e olho de novilha girolando F1 para avaliação de ralação das temperaturas obtidas, com o ciclo estral ..... 60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição dos ingredientes e da dieta experimental.....	20
Tabela 2 – Temperaturas termográficas máxima, mínima e média de diferentes regiões anatômicas da cabeça de vacas Girolando F1 lactantes mantidas em confinamento (°C) .....	23
Tabela 3 – Temperaturas termográficas máxima, mínima e média das regiões de flanco, costado, mão, vulva, base da cauda e ânus de vacas Girolando F1 (°C) .....	24
Tabela 4 – Temperaturas termográficas máxima, mínima e média das regiões de glândula mamária, cisterna da glândula e tetos anterior e posterior esquerdo e direito de vacas Girolando F1 lactantes mantidas em confinamento .....	27
Tabela 5 – Correlação entre variáveis climáticas e fisiológicas com a produção e composição do leite de vacas Girolando F1 mantidas em confinamento .....	28
Tabela 6 – Composição da dieta fornecida aos animais experimentais .....	42
Tabela 7 – Comparação das características de produção de leite e grupos divergentes de vacas Girolando para produção de leite e fluxo de leite aos 2 minutos de ordenha (PLFL2), produção de leite (PL) ou fluxo médio de leite (FM) .....	48
Tabela 8 – Comparação das características ultrassonográficas de tetos de grupos divergentes de vacas Girolando .....	49
Tabela 9 – Comparação das características de morfologia de aparelho mamário de grupos divergentes de vacas Girolando .....	50
Tabela 10 – Índice de temperatura e umidade e temperaturas de olho e vulva de novilhas girolando F1 .....	61
Tabela 11 – Índice de temperatura e umidade e termogramas de olho e vulva de novilhas Girolando F1 criadas a pasto em função dos dias do ciclo estral .....	61

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	9
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	12
<b>2.1.</b>	<b>Objetivos gerais</b> .....	12
	<b>Referências</b> .....	13
<b>3</b>	<b>MAPEAMENTO POR TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA DE VACAS GIROLANDO F1 E RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA COM VARIÁVEIS COMPORTAMENTAIS, PRODUTIVAS E FISIOLÓGICAS</b> .....	15
	<b>Resumo</b> .....	16
<b>3.1</b>	<b>Introdução</b> .....	17
<b>3.2</b>	<b>Material e Métodos</b> .....	18
3.2.1	Mapeamento Térmico .....	18
3.2.2	Dieta experimental e descrição dos cochos e bebedouros eletrônicos .....	20
3.2.3	Sensores de atividade e ruminação .....	20
3.2.4	Variáveis Fisiológicas .....	21
3.2.5	Produção e Composição do Leite .....	21
3.2.6	Procedimentos estatísticos .....	21
<b>3.3</b>	<b>Resultados</b> .....	22
3.3.1	TI de Glândula mamária, produção e composição do leite .....	26
<b>3.4</b>	<b>Discussão</b> .....	29
3.4.1	Mapeamento térmico .....	29
3.4.2	Consumo, cochos e bebedouros eletrônicos .....	31
3.4.3	Sensores de atividade, ruminação e fisiologia dos animais .....	32
3.4.4	Temperatura core .....	33
3.4.5	TI, produção e composição do leite .....	33
<b>3.5</b>	<b>Conclusão</b> .....	34
	<b>Referências</b> .....	35
<b>4</b>	<b>RELAÇÃO ENTRE PRODUÇÃO E FLUXO DO LEITE COM CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E FUNCIONAIS DE VACAS GIROLANDO F1</b> .....	38
	<b>Resumo</b> .....	39
<b>4.1</b>	<b>Introdução</b> .....	40



<b>4.2</b>	<b>Objetivo</b> .....	41
<b>4.3</b>	<b>Material e métodos</b> .....	41
4.3.1	Seleção de animais, alojamento, dieta e cronograma experimental .....	41
4.3.2	Ultrassonografia e procedimento de ordenha .....	42
4.3.3	Avaliação morfológica dos animais .....	45
4.3.4	Análise estatística .....	45
<b>4.4</b>	<b>Resultados</b> .....	46
4.4.1	Produção e ordenhabilidade .....	46
4.4.2	Características ultrassonográficas dos tetos .....	46
4.4.3	Características morfológicas dos animais .....	46
<b>4.5</b>	<b>Discussão</b> .....	51
<b>4.6</b>	<b>Conclusão</b> .....	53
	<b>Referências</b> .....	54
<b>5</b>	<b>RELAÇÃO TERMOGRÁFICA ENTRE AS TEMPERATURAS DA VULVA E OLHO COM CICLO ESTRAL DE NOVILHAS GIROLANDO</b> .....	57
	<b>Resumo</b> .....	58
<b>5.1</b>	<b>Introdução</b> .....	59
<b>5.2</b>	<b>Material e Métodos</b> .....	59
<b>5.3</b>	<b>Resultados</b> .....	61
<b>5.4</b>	<b>Discussão</b> .....	61
<b>5.5</b>	<b>Conclusão</b> .....	63
	<b>Referências</b> .....	64

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento da população mundial, associado à demanda por alimentos, coloca as potencialidades agrícolas brasileiras em uma posição de destaque no cenário Mundial. O Brasil se destaca como terceiro maior produtor de leite do mundo e quinto consumidor. Seguindo a tendência mundial, tem se observado reduções do número de fazendas produtoras e do tamanho dos rebanhos atrelados a uma produção crescente do volume de leite produzido (FAO, 2020).

A aplicação de novas tecnologias na agropecuária tem contribuído com a melhoria da produtividade, trazendo benefícios econômicos e sociais (GASPARINI et al., 2017), principalmente, em regiões onde os solos de baixa fertilidade e o clima exigem a aplicação de inovações tecnológicas para potencializar as atividades agropecuárias (LOPES, 2016). O Girolando F1 apresenta grande potencial de adaptação as condições climáticas regionais e com uma população estimada de 10 milhões de animais (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2017) ocupa posição importante na produção nacional de leite.

Os parâmetros genéticos de herdabilidade para características produtivas colocam Girolando F1 em posição de destaque quando comparado aos animais mestiços compostos com maior fração da raça Gir (CANAZA-CAYO et al., 2018). O melhoramento promovido nos últimos 16 anos imprimiu características produtivas e reprodutivas na raça, que é responsável pela produção de 80% do leite bovino no Brasil (ABCG, 2020), porém, a produção, lactação curta, baixo fluxo de leite, são características a serem melhoradas.

A umidade relativa e temperatura do ar são variáveis relacionadas à manutenção do bem-estar animal e influenciam os índices produtivos das vacas de leite. O desenvolvimento e utilização de tecnologias não invasivas e de baixo custo, capazes de identificar condições de estresse térmico, são importantes face aos extremos climáticos vivenciados nos últimos anos (SEJIAN et al., 2018).

Sob temperatura e umidade elevadas, o gado leiteiro aumenta suas taxas de respiração, temperatura retal e frequência cardíaca. Essas variações afetam diretamente o crescimento, produção de leite e a reprodução dos animais. Raças leiteiras de alta produção estão mais susceptíveis a essas

variações, tanto pela maior produção de calor metabólico, quanto pela necessidade de se manterem em homeostase (KADZERE et al., 2002). Essa condição pode suprimir o sistema imunológico dos animais, tornando os susceptíveis as doenças típicas de regiões de clima tropical (DIAS et al., 2016).

Tecnologias automatizadas capazes de monitorar temperaturas corporais internas (LEES et al., 2018), e externas dos animais de produção têm sido desenvolvidas, aprimoradas e utilizadas como forma de prevenir e reduzir as perdas econômicas por estresse térmico na pecuária (JAMES & KOLTES, 2018). Dentre estas técnicas, a termografia por câmeras de infravermelho (TI) se destaca por ser de fácil utilização, em muitos casos tem baixo custo de aplicação e ainda por ser não invasiva, se torna eficaz, principalmente, quando se precisa trabalhar com espécies refratárias a presença de um operador.

As temperaturas superficiais obtidas por TI, podem ser úteis no diagnóstico, monitoramento e controle da condição metabólica (PAIM et al., 2013) e de saúde de vacas leiteiras (COLAK et al., 2008), submetidas a condições de umidade relativa (UR), temperatura do ar (TA) e índice de temperatura e umidade (ITU), fora dos padrões necessários para vacas de leite.

A TI pode ser utilizada como rotina no acionamento do sistema de ventilação dos galpões de confinamento, facilitando a manutenção do conforto térmico e redução das perdas de energia (CHACUR et al., 2016). Na identificação de regiões de troca de calor superficial dos animais, que se assemelhem com a temperatura retal (TR), e nas relações entre essa e aspectos produtivos e fisiológicos, como frequência cardíaca (FC) e frequência respiratória (FR), podendo facilitar a seleção de características através de ferramentas de monitoramento remoto.

O crescente movimento de mecanização dos sistemas de ordenha para vacas leiteiras tem demandado o trabalho de avaliação de características raciais e fenotípicas adaptadas a essas novas realidades (SHORTALL et al., 2018). O melhoramento de características raciais que tornem eficientes o processo de ordenha, são essenciais para a viabilização desses em fazendas produtoras de leite, tanto a pasto quanto em galpões (CASTRO et al., 2018).

Variações de até 1,27°C foram observadas nas temperaturas superficiais da base da cauda de vacas leiteiras Holandês, Japonesas e Friesan entre 48 e

24h antes da ovulação (MIURA et al., 2017). A utilização da TI das regiões de olho e vulva podem ser úteis na identificação do estro em vacas Girolando mantidas em pastagens, facilitando o manejo reprodutivo e gerando informações indispensáveis para o melhoramento genético da raça.

Baseado nas hipóteses que: *i*) existe relação entre temperaturas obtidas por TI em diferentes regiões anatômicas e os parâmetros produtivos; *ii*) a TI pode ser utilizada para detecção de estro em novilhas Girolando; e *iii*) Variáveis de ordenhabilidade apresentam relação com produção e características morfométricas de animais Girolando F1?

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos gerais**

- a) Gerar mapeamento por termografia infravermelha de vacas Girolando F1 e relacionar a temperatura de diferentes posições anatômicas com variáveis comportamentais, produtivas e fisiológicas;
- b) Avaliar a relação entre ordenhadabilidade, produção de leite, características ultrassonográficas dos tetos e tipo leiteiro de vacas Girolando F1;
- c) Avaliar a eficácia da detecção de estro através da termografia infravermelha de olho e vulva.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE GIROLANDO (ABCG). Produção de leite no Brasil e participação da genética Girolando com ênfase em reprodução. Disponível em: <<http://www.girolando.com.br/index.php?paginasSite/tecnico,39>> Acesso em 09/01/2020.
- CANAZA-CAYO, A. W.; LOPES, P. S.; SILVA, M. V. G. B. D.; COBUCI, J. A.; TORRES, R. D. A.; MARTINS, M. F.; ARBEX, W. A. Estrutura populacional da raça Girolando. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 2072-2077. 2014.
- CASTRO, A. L. O; CARVALHO, C. C. S.; RUAS, J. R. M.; PEREIRA, K. C. B.; MENEZES, G. C. C.; COSTA, M. D. Physiological parameters of F1 Holstein X Zebu cows raised in environments with and without shading. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 3, p. 722-730. 2018.
- CHACUR, M. G. M.; BASTOS, G. P.; VIVIAN, D. S.; DA SILVA, L.; CHIARI, L. N. F.; ARAUJO, J. S.; SOUZA, C.D; GABRIEL FILHO, L. R. A. Utilização da termografia de infravermelho para avaliação de fatores climáticos e sua influência na reprodução e lactação em gado de leite. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 44, p. 1-10. 2016.
- COLAK, A; POLAT, B.; OKUMUS, Z; KAYA, M; YANMAZ, L. E; HAYIRLI. A. Early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.91, n.11, p. 4244-4248, 2008.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QL/visualize>> Acesso em: 04/02/2020.
- GASPARINI, L. V. L.; COSTA, T. S.; HUNGARO, O. A. D. L.; SZNITOWSKI, A. M.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão: estudos de casos no Mato Grosso. **Texto para Discussão**, n. 2296. 2017.
- KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v.77, p.59-91. 2002.
- LEES, A. M.; LEES, J. C.; SEJIAN, V.; WALLAGE, A. L.; GAUGHAN, J. B. Using infrared thermography as an *in situ* measure of core body temperature in lot-fed Angus steers. **International journal of biometeorology**, v. 62, n. 1, p. 3-8. 2018.
- LOPES, M. A. Escolhas estratégicas para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 151-154. 2016.

MIURA, R.; YOSHIOKA, K.; MIYAMOTO, T.; NOGAMI, H.; OKADA, H.; ITOH, T. Estrous detection by monitoring ventral tail base surface temperature using a wearable wireless sensor in cattle. **Animal reproduction science**, n. 180, p. 50-57, 2017.

SEJIAN, V.; BHATTA, R.; GAUGHAN, J. B.; DUNSHEA, F. R.; LACETERA, N. Adaptation of animals to heat stress. **Animal**, v. 12, n. 2, p. 431-444, 2018.

SHORTALL, J; FOLEY, C; SLEATOR, R. D; O'BRIEN, B. The effect of dairy cow breed on milk production, cow traffic and milking characteristics in a pasture-based automatic milking system. **Livestock Science**, v. 209, p. 1-7. 2018.

**3 MAPEAMENTO POR TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA DE VACAS  
GIROLANDO F1 E RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA COM VARIÁVEIS  
COMPORTAMENTAIS, PRODUTIVAS E FISIOLÓGICAS**



## MAPEAMENTO POR TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA DE VACAS GIROLANDO F1 E RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA COM VARIÁVEIS COMPORTAMENTAIS, PRODUTIVAS E FISIOLÓGICAS

### RESUMO

Foi realizado o mapeamento termográfico de onze regiões anatômicas de vacas Girolando F1 ( $\frac{1}{2}$  Gir  $\frac{1}{2}$  Holandês) e verificadas as correlações entre variáveis térmicas com características produtivas, fisiológicas e de conforto térmico. Foram utilizadas 28 fêmeas primíparas com  $200 \pm 15$  dias de lactação, peso médio de  $634 \pm 70$  Kg e produção média de  $14,7 \pm 3,9$  Kg dia, mantidas em galpão de confinamento do tipo free-stall. As frequências cardíaca (FC) e respiratória (FR), temperatura retal (TR) e termografias por infravermelho (TI) foram obtidos às 5h e 7h da manhã (pré ordenha), 11h (entre ordenhas), e às 15h, 19h, 23h59 (pós ordenha). As temperaturas do chanfro obtidas por TI apresentaram correlação de 0,75, -0,77 e 0,66 com as variáveis temperatura do ar (TA), umidade do ar (UA) e índice de temperatura e umidade (ITU), respectivamente. Entre as regiões anatômicas avaliadas pela TI, a região de glândula mamária apresentou maior correlação com a TR ( $r = 0,36$  e os termogramas do chanfro são fortemente influenciados pelas variáveis climáticas UR, TA e ITU). A temperatura do chanfro obtida por TI pode ter aplicação em estudos relacionados à termo regulação e à adaptação de bovinos ao ambiente, já a região do úbere é a que apresenta maior potencial para estimar a temperatura core dos animais.

**Palavras-chave:** Produção de leite. Clima tropical. Comportamento de consumo. Pecuária de precisão.

### 1 3.1 Introdução

2 As condições ambientes tropicais podem reduzir a produtividade e a  
3 expressão da capacidade genética e nutricional de vacas leiteiras (KADZERE  
4 et al., 2002). O mapeamento das temperaturas da superfície corporal por TI  
5 pode gerar parâmetros para o acompanhamento de mudanças fisiológicas  
6 significantes e ser útil para a tomada de decisões nos sistemas de produção de  
7 leite. Pode ter utilidade para nortear a adoção de medidas nutricionais  
8 (GANDRA et al., 2019), e de prática de manejo que minimizem o estresse  
9 térmico, refletindo em aumento do consumo de matéria seca e da produção de  
10 leite (ORTIZ et al., 2015).

11 A susceptibilidade das raças bovinas ao estresse por calor aumenta os  
12 níveis de cortisol e hormônios somatotrópicos reduzindo a produção de leite  
13 dos animais com menor capacidade adaptativa (AFSAL et al., 2018). Animais  
14 zebuínos (*Bostaurus indicus*) de maior conversão alimentar apresentam menor  
15 frequência respiratória, temperatura retal e superficial na região da cabeça,  
16 indicando maior capacidade de manutenção da homeostase em condições de  
17 estresse por calor (MARTELLO et al., 2016).

18 Vacas F1 Holandês x Zebu apresentam maior adaptação as condições  
19 de estresse por calor (MADALENA et al., 1979), e menores frequência cardíaca  
20 e respiratória quando comparadas a vacas  $\frac{3}{4}$  Holandês x Gir e da raça  
21 Holandês (DALCIN et al., 2016). A população de bovinos obtida dos  
22 cruzamentos entre gado Holandês e Gir é estimada em 10 milhões de animais  
23 (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2007), que estão distribuídos nos mais diversos  
24 climas do território brasileiro, tendo mostrando boa capacidade adaptativa.

25 A TI é uma técnica não invasiva e promissora para a produção animal. A  
26 diversidade de informações térmicas obtidas dos animais pode não identificar a  
27 origem fisiológica das alterações, contudo, possibilita a adoção de medidas  
28 capazes de minimizar perdas de produtividade e promover melhorias nas  
29 condições de bem-estar dos animais (MCMANUS et al., 2016).

30 A TI está cada dia mais acessível, e o mapeamento termográfico de  
31 grupos genéticos específicos é importante para criar parâmetros de  
32 normalidade e de anomalias, que possam ser utilizados no desenvolvimento de  
33 algoritmos para detecção precoce de doenças, avaliação de estresse calórico,  
34 detecção de estro e melhoramento de índices produtivos dos animais. A

35 facilidade de obtenção de termogramas pode gerar banco de dados e variáveis  
36 úteis para a seleção e melhoramento animal.

37 O presente estudo teve como objetivo o mapeamento termográfico  
38 envolvendo onze regiões anatômicas de vacas Girolando F1 (½Gir x  
39 ½Holandês) e a avaliação das correlações existentes entre as temperaturas  
40 obtidas por TI e variáveis produtivas, comportamentais e fisiológicas.

41

### 42 **3.2 Material e Métodos**

43 O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da  
44 Embrapa Gado de leite, Coronel Pacheco, MG, Brasil, protocolo nº  
45 9264220317. A pesquisa foi desenvolvida entre os meses de setembro e  
46 novembro de 2017, no Complexo Multiusuário de Bioeficiência e  
47 Sustentabilidade da Pecuária, Embrapa Gado de Leite, Coronel Pacheco, MG  
48 (21°33'22"S, 43°06'15"W).

49 O clima da região é do tipo Cwa, segundo Köppen, mesotérmico, com  
50 verão quente e chuvoso e inverno frio e seco. A pluviosidade média anual é de  
51 aproximadamente 1.500mm, distribuídos irregularmente, e somente 13% desse  
52 total ocorre de maio a setembro, período considerado como época da seca.

53 As condições de temperatura (T°C) e (UR - %) foram obtidos *in loco* com  
54 a utilização do higrômetro digital modelo MO297 (2010 Extech Instruments  
55 Corporation). O higrômetro foi mantido sempre à distância máxima de 1m do  
56 animal e a aproximadamente 1,5m do operador da câmera termográfica. Os  
57 valores de TA e UR foram utilizados para se obter ITU, segundo a equação  
58 proposta por Thom (1959):  $ITU = (0,8 * (T^{\circ}C + UR\%) / 100) * (T^{\circ}C - 14,4) + 46,4$ .

59 Foram utilizadas 28 vacas Girolando F1, não gestantes, aos 210 ± 15  
60 dias de lactação com peso médio de 634Kg ± 69,5. Os animais foram  
61 vermifugados e adaptados durante 20 dias ao manejo de contenção com  
62 cabresto, para coleta dos parâmetros fisiológicos e obtenção das imagens. Os  
63 termogramas foram obtidos as 5h e 7h da manhã (pré ordenha), 11h (entre  
64 ordenhas), e as 15h, 19h, 23h59 (pós ordenha).

65

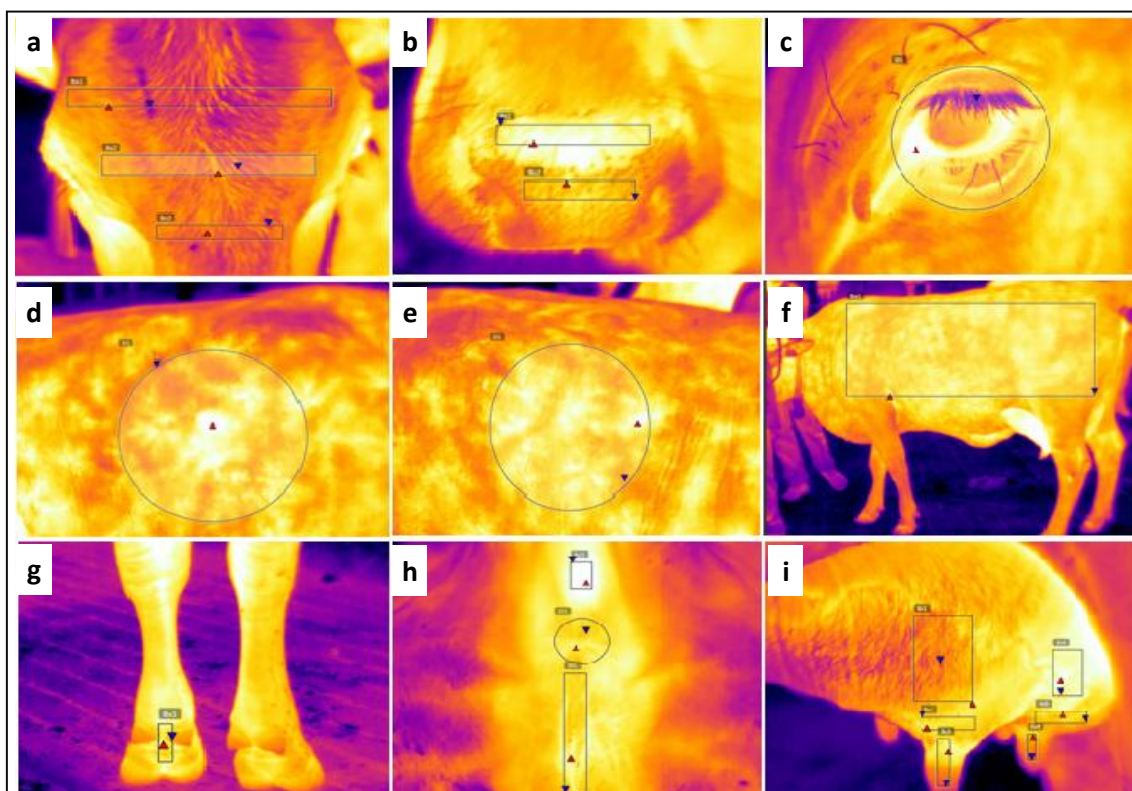
#### 66 **3.2.1 Mapeamento Térmico**

67 Os animais foram contidos com auxílio de cabresto no próprio ambiente  
68 de confinamento e mantidos em posição que permitiu a captura das imagens

69 termográficas das regiões: área do olho esquerdo (OLH), mão dianteira  
 70 esquerda caudal (Mao), flanco direito (FD) e esquerdo (FE), lado esquerdo  
 71 (LE), chanfro linha inferior (CHLS), chanfro linha média (CHLM), chanfro linha  
 72 superior (CHLS), narina superior (RSUPNA), narina inferior (RINAR), vulva  
 73 (VU), ânus (AN), base da cauda (BC), úbere anterior direito inferior (ADI), úbere  
 74 anterior direito superior (ADS), úbere posterior direito superior (PDS), úbere  
 75 posterior direito inferior (PDI), anterior esquerdo inferior (PEI), úbere anterior  
 76 esquerdo superior (AES), úbere posterior esquerdo superior (PES), úbere  
 77 posterior esquerdo inferior (PEI) e tetos direito anterior (TDA), teto direito  
 78 posterior (TDP), teto esquerdo anterior (TEA) e teto esquerdo posterior (TEP)  
 79 (Figura 1).

80

81 Figura 1 – Termogramas da cabeça, corpo, membros, genital e glândula  
 82 mamária de vacas Girolando F1



83

84 Fonte: Dados de pesquisa.

85 Legenda: (A) Chanfro linha superior, média e inferior; (B) Narina superior e inferior; (C) Olho;  
 86 (D) Flanco direito; (E) Flanco esquerdo; (F) Lateral esquerda; (G) Mão esquerda; (H) Base da  
 87 cauda, ânus e vulva; (I) Glândula mamária, cisterna da glândula e Teto.

88

89 Foi utilizada a câmera termográfica FLIR T420 (FLIR Systems Inc.,  
 90 Sorocaba, SP, BRASIL). As imagens de lateral (Figura 1f) foram obtidas com o

91 termógrafo a 3m do animal; as do chanfro (Figura 1b), mão (Figura 1g), flanco  
 92 (Figura 1d-1e) e glândula mamária (Figura 1i) foram obtidas com a  
 93 aproximadamente 50cm; do olho (Figura 1c) e narina (Figura 1b) a 30cm  
 94 aproximadamente, baseado nas distâncias adotadas por Salles et al. (2016).

95 O tempo utilizado para obter as imagens foi de aproximadamente 5  
 96 minutos por animal, totalizando 140 minutos para obter as imagens dos 28  
 97 animais. Os arquivos foram processados e interpretados usando o software  
 98 FLIR Tools 5.6 (FLIR Systems, Wilsonville, OR, USA). As imagens do chanfro  
 99 foram analisadas subdivididas em: linha do olho, linha acima e abaixo do olho.  
 100 Da mesma forma, a narina foi subdividida em superior e inferior, assim como a  
 101 região de períneo onde, na mesma imagem avaliou-se a base da cauda, ânus  
 102 e vulva.

103

### 104 3.2.2 Dieta experimental e descrição dos cochos e bebedouros eletrônicos

105 Os animais receberam silagem de milho, concentrado na proporção  
 106 75:25 com base na matéria seca. O fornecimento da dieta (Tabela 1) foi  
 107 regularmente ajustado para permitir 5% de sobras, tendo como base o volume  
 108 consumido no dia anterior. O consumo e o comportamento alimentar foram  
 109 obtidos de forma automatizada em cochos eletrônicos AF 1000 MASTER  
 110 (Intergado, Betim, MG). Já os dados relativos ao consumo de água e pesagem  
 111 dos animais foram obtidos com bebedouros eletrônicos (WD-1000, Intergado  
 112 Ltd., Contagem, Minas Gerais, Brasil).

113

Tabela 1 – Composição dos ingredientes e da dieta experimental

<b>Ingredientes</b>	<b>MS</b>	<b>MO</b>	<b>Cinzas</b>	<b>PB</b>	<b>EE</b>	<b>FDNcp</b>
Silagem de milho	32,56	94,3	5,7	8,17	3,53	41
Concentrado	86,43	87,26	12,4	37,65	2,68	11
%	47,32	92,37	7,63	16,25	3,3	33
g/Kg de MS	473,2	923,7	76,29	162,48	32,97	330

Fonte: Dados de pesquisa.

Legenda: MS: Matéria seca; PB: Proteína bruta; MO: Matéria orgânica; EE: Extrato etéreo; FDNcp: Fibra em detergente neutro.

114

### 115 3.2.3 Sensores de atividade e ruminação

116 Os colares SCR Heatime<sup>®</sup>Pro+, versão 15.5.9.0My Farm (Allflex Brasil,  
117 Joinville, SC) foram utilizados para obtenção das variáveis tempo de ruminação  
118 (min de ruminação/2 horas) e escore de atividade.

### 119 3.2.4 Variáveis Fisiológicas

120 A frequência cardíaca (FC) foi avaliada com uso de  
121 estetoscópio (Littmann<sup>®</sup>, modelo classic II SE, Oakdale, MN, EUA). A  
122 temperatura retal (TR) foi obtida com termômetro eletrônico G-tech  
123 (Accumed Produtos Médico- Hospitalares LTDA, Duque de Caxias/RJ) inserido  
124 a 3cm e posicionado na parede do reto. A frequência respiratória (FR) foi  
125 aferida por contagem dos movimentos torácicos por 15 segundos e extrapolado  
126 para um minuto.

127

### 128 3.2.5 Produção e Composição do Leite

129 Os dados de produção de leite, fluxo e tempo de ordenha foram obtidos  
130 por sistema automático de coleta de dados embarcado em equipamento de  
131 ordenha de linha baixa, duplo quatro, espinha de peixe, equipada com  
132 contadores eletrônicos de células somáticas MM27, controle MPC 580/680 e  
133 sistema de remoção automática de clusters (DeLaval, Tumba, Suécia). Os  
134 dados de ordenha foram obtidos pelo software Alpro (DeLaval, Tumba, Suécia).  
135 A regulagem de vácuo foi mantida a 42 KPA.

136 Nas ordenhas subsequentes à obtenção das imagens termográficas das  
137 5h e 15h, coletou-se amostra de leite que foram armazenadas em tubos  
138 plásticos com bronopol e, após serem refrigeradas, foram encaminhadas para  
139 o Laboratório de Qualidade de Leite da EMBRAPA, em Juiz de Fora MG,  
140 Brasil, por espectrometria de absorção infravermelha (ISO9266/IDF141).

141

### 142 3.2.6 Procedimentos estatísticos

143 Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado e foram feitas seis  
144 coletas em seis diferentes horários: 5h e 7h da manhã (pré ordenha), 11h  
145 (entre ordenhas), e às 15h, 19h, 23h59 (pós ordenha). Todos os animais em  
146 posição anatômica e as coletas realizadas aleatoriamente, até que todos os  
147 animais fossem fotografados.

148 As análises estatísticas utilizadas para avaliar os dados fisiológicos,  
149 climáticos e de conforto térmico foram baseados na estatística descritiva  
150 (média  $\pm$  desvio padrão, mínimo e máximo). O teste de normalidade na  
151 distribuição dos dados foi aplicado para todas as variáveis.

152 Os valores das temperaturas máxima, mínima e média obtidos das  
153 imagens termográficas, os valores referentes a produção, composição e  
154 qualidade do leite, além das informações fisiológicas de ruminação e  
155 temperatura foram analisadas através programa estatístico SAS versão 9.3  
156 (Copyright © SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina,  
157 USA).

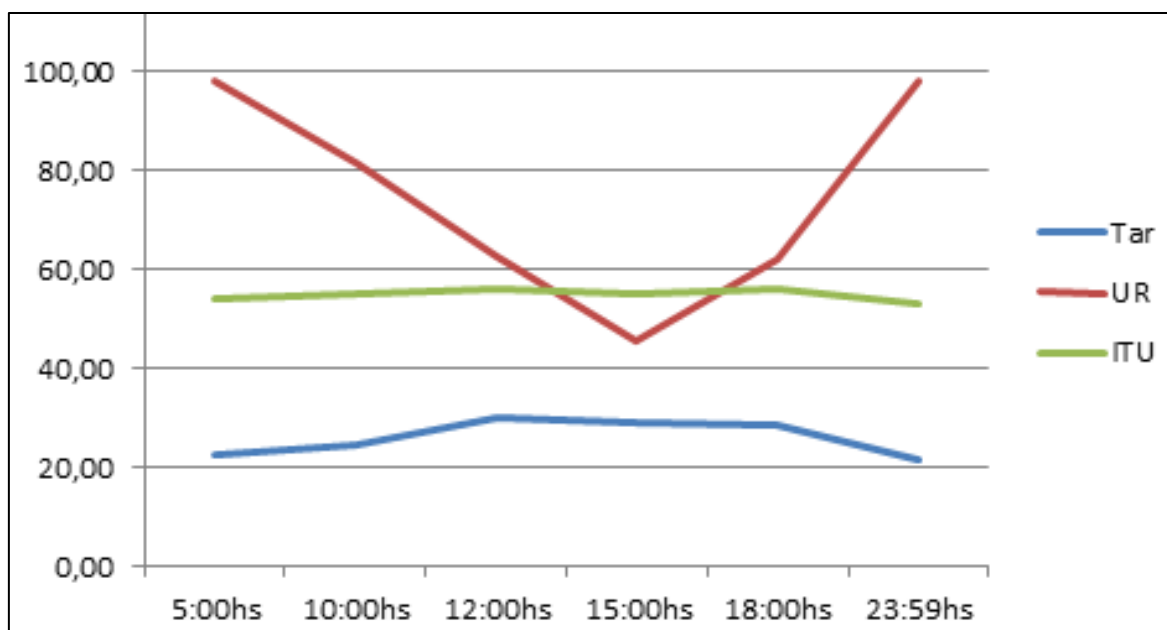
158 Foi realizado estudo de correlação de Pearson ou Spermán entre os  
159 valores de TI máxima (máx), mínima (mín) e média (méd) das regiões  
160 anatômicas avaliadas foram correlacionados com as variáveis: climáticas (UR),  
161 (TA) e (ITU); comportamentais (VA), (CA), (TCA), e fisiológicas, (TR), (FC),  
162 (FR), (RU2) e (RU24). Os valores de correlação foram considerados  
163 significativos quando  $P < 0,05$ .

164

### 165 **3.3 Resultados**

166 A temperatura do ar (Tar) variou entre 20°C e 35°C, a umidade relativa  
167 do ar (UR) chegou atingir 100% no período noturno e a mínima de  
168 aproximadamente 43% no período diurno, enquanto ao índice de temperatura e  
169 umidade (ITU) variou entre 50% e 55% (Figura 2), indicando a manutenção da  
170 condição de conforto térmico ao longo do período experimental.

171 Figura 2 – Comportamento das variáveis climáticas de acordo com os horários  
172 de obtenção das imagens térmicas



173

174 Fonte: Dados de pesquisa.

175 Legenda: UR: Umidade relativa; TA: Temperatura do ar; ITU: Índice de temperatura e umidade.

176 A maior temperatura identificada foi na região de OLH com 38,9°C

177 (Figura 1c), seguido de RSN, 36,8°C (Figura 1b) e do CHLM, 35,3°C (Figura

178 1ª). Já a temperatura média foi de 36,1°C para OLH (Figura 1c), 35,6°C na

179 RSN e 34,2°C no CHLM. Por fim as temperaturas mínimas observadas foram

180 de 30,0°C, 31,4°C e 32,0°C para OLH, RSN e CHLS (Fig. 1C, 1B, 1ª),

181 respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Temperaturas termográficas máxima, mínima e média de diferentes regiões anatômicas da cabeça de vacas Girolando F1 lactantes mantidas em confinamento (°C)

Variável	Máx.	Mín.	Méd.	DP
Olho	38.9	30.0	36.1	1.40
Chanfro LS	34.9	32.0	33.5	2.32
Chanfro LM	35.3	32.6	34.2	1.99
Chanfro LI	35.0	32.8	33.9	1.92
Narina superior	36.8	32.3	35.6	1.68
Narina inferior	34.4	31.3	33.2	1.47

Fonte: Dados de pesquisa.

Legenda: LS: Linha superior; LM: Linha média; LI: Linha inferior.

182

183 As correlações entre as variáveis climáticas, UR, TA e ITU com os

184 valores obtidos por TI das regiões da cabeça, variaram de -0,77 com a UR,

185 chegando a 0,77 com a região CHLlmin (Figura 1ª), passando a ser positiva e

186 atingindo correlações máximas de 0,76 entre CHLlmin (Figura 1ª) e (TA) e,

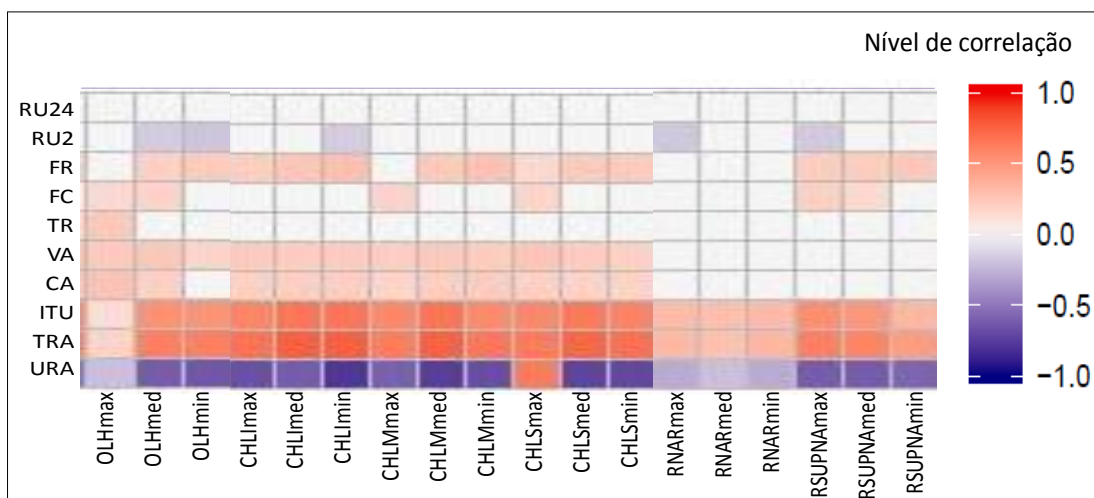


187 ainda, mantendo-se entre moderada a forte (variando de 0,56 até 0,60) para as  
188 regiões de Chanfro (Figura 1ª) e o ITU (Figura 3).

189 Os valores de temperatura obtidos por TI apresentaram correlações  
190 negativas com UR e positiva com TA e ITU (Figura 3). As correlações  
191 observadas entre a TI do olho esquerdo (Figura 1c) e a UR foram negativas (-  
192 0,63). As correlações da temperatura do olho com a TA foram positivas ( $r =$   
193 0,61). A maior correlação entre o ITU e a TI do olho esquerdo foi para a  
194 temperatura média ( $r = 0,52$ ) (Figura 3).

195 Os dados de consumo e comportamento alimentar e de ingestão hídrica  
196 apresentaram correlações baixa ou não significativas com as variáveis  
197 termográficas. A TI do OLHmax e OLHmin apresentaram correlações de  
198 0.22 e 0.26 e 0.00 a 0.17 para VA e CA, respectivamente. Já na comparação  
199 com a TI das regiões da narina, os valores de correlação não foram  
200 significativos ( $P > 0,05$ ) (Figura 1b).

201 Figura 3 – Mapa de calor indicando as correlações entre as características  
202 climáticas, comportamentais e fisiológicas com a termografia do  
203 olho, narina e chanfro



204

205 Fonte: Dados de pesquisa.

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

A TI do OLHmax foi a única a se relacionar com a TR ( $r = 0,24$ ). As  
temperaturas mais elevadas foram observadas para BC, seguida de VU, AN,  
FD, FE e LE, respectivamente. As temperaturas mínimas e médias observadas

216 seguiram a mesma tendência das máximas para as regiões anatômicas  
217 avaliadas (Tabela 3).

218

219 Tabela 3 – Temperaturas termográficas máxima, mínima e média das regiões  
220 de flanco, costado, mão, vulva, base da cauda e ânus de vacas  
221 Girolando F1 (°C)

<b>Variável</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Méd.</b>	<b>DP</b>
Flanco direito	37,4	34,7	36,2	0,69
Flanco esquerdo	37,3	34,5	36,2	1,41
Lateral esquerdo	36,9	32,8	35,5	2,08
Mão esquerdo	34,5	30,4	33,1	2,08
Base da cauda	39,0	38,4	38,8	0,30
Ânus	38,2	34,4	36,9	1,93
Vulva	38,5	36,2	37,6	1,15

222 Fonte: Dados de pesquisa.

223

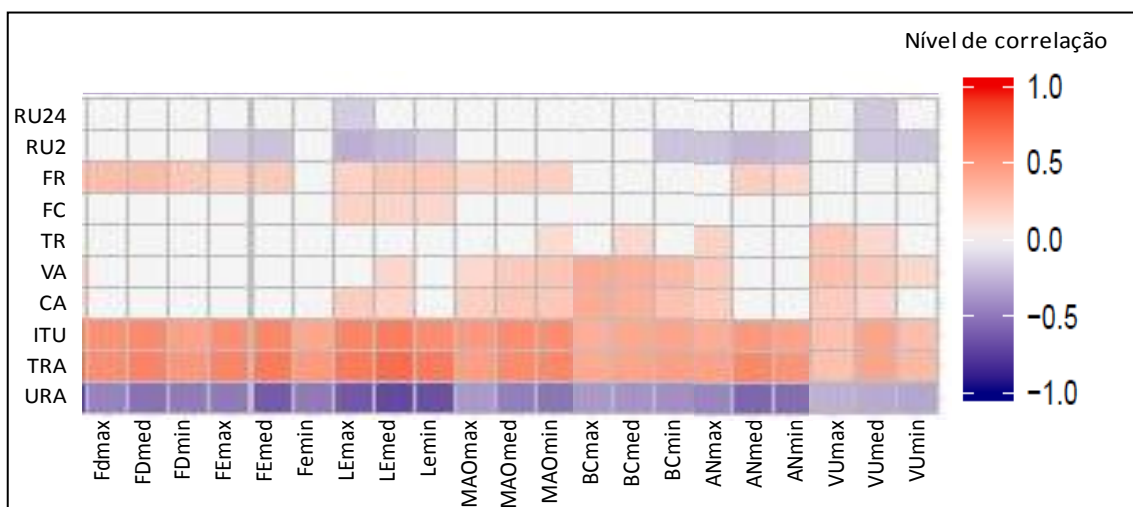
224

225 Não foram identificadas correlações entre RU24 com a TI das regiões da  
226 cabeça estudadas. Já a RU2 apresentou correlações negativas com o  
227 termograma do OLH médio e mínimo, CHLSmin e ainda da TI máxima da RIN  
228 e RSN. A FR apesar de ter se correlacionado com a TI de todas as regiões da  
229 cabeça estudadas, foram fracas, não ultrapassando 28%.

230 Correlações de moderadas a forte foram observadas entre os  
231 termogramas da maioria das regiões estudadas em comparação com as  
232 variáveis climáticas TA, UR e ITU, com destaque para as maiores correlações  
233 observadas entre LEmed e ITU, com valores entre 0,62 e 0,70. A exceção para  
234 TI máxima e Vumin, que apresentaram fracas correlações com as variáveis  
235 climáticas.

236 Na Figura 4, estão apresentadas as correlações entre as variáveis  
237 climáticas, comportamentais e fisiológicas com a TI das regiões de FD, FE, LE,  
238 MAO, BC, AN e VU. Observa-se que a TI das regiões anatômicas de FE e FD  
239 além de se correlacionarem com as variáveis climáticas, apresentaram  
240 correlações fracas de até 31% com a FR. Correlações negativas fracas de até -  
241 19% foram identificadas entre as variáveis climáticas e a TI de Femax e  
242 Femed.

243 Figura 4 – Mapa de calor indicando a intensidade das correlações entre as  
 244 características climáticas, comportamentais e fisiológicas com a  
 245 termografia



246 Fonte: Dados de pesquisa.

247 Legenda: FD: Flanco direito; FE: Flanco esquerdo; LE: Lado esquerdo; MAO: Mão; BC: Base  
 248 da Cauda; AN: Ânus (AN); VU: Vulva; UR: Umidade Relativa; TA: Temperatura do ar; ITU:  
 249 Índice de Temperatura e Umidade; VA: Visitas a Água; CA: Consumo de Água; RU24:  
 250 Ruminação em 24h; RU2: Ruminação em duas horas; FR: Frequência Respiratória; FC:  
 251 Frequência cardíaca; TR: Temperatura Retal; FD: Flanco direito; FE: Flanco esquerdo; MAO:  
 252 Mão esquerda; BC: Base da cauda; NA: Ânus; VU: Vulva.

253

254 Através da TI do LE (Figura 1f), foram observadas correlações fracas  
 255 com a maioria das variáveis fisiológicas analisadas, não tendo essas  
 256 ultrapassado 24%. Já a TI da MAO (Figura 1g) apresentou correlações fracas  
 257 com as variáveis fisiológicas e o valor máximo encontrado foi de (25%) entre a  
 258 TI da MAOmed e VA. A base da cauda (Figura 1h), também apresentou  
 259 correlações fracas com CA (38%) VA (39%), seguindo a mesma tendência das  
 260 observações identificadas entre AN e VU com as variáveis fisiológicas que não  
 261 ultrapassaram (24%) e (28%) respectivamente.

262

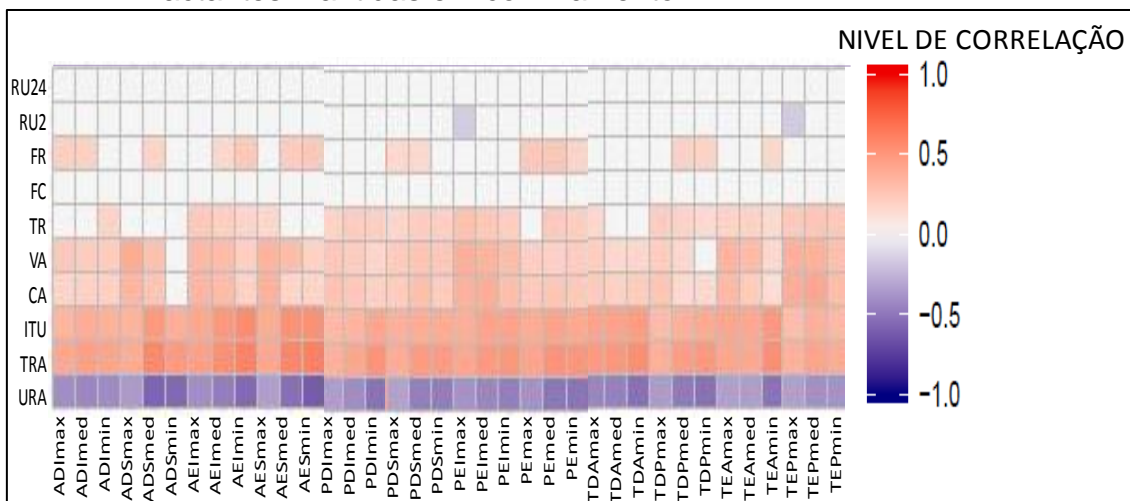
### 263 3.3.1 TI de Glândula mamária, produção e composição do leite

264 Não foram identificadas correlações entre a TI das regiões de glândula  
 265 mamária e as variáveis RU24 e FC. De outra forma, a RU2 apresentou  
 266 correlações negativas com a TI da PEI<sub>max</sub> (-15) e TEP<sub>max</sub> (-16%).  
 267 Correlações fracas foram observadas entre FR e ADI<sub>max</sub> (20%), ADI<sub>med</sub>  
 268 (18%), ADS<sub>med</sub> (18%), AIE<sub>med</sub> (16%), AEI<sub>min</sub> (23%), AES<sub>med</sub> (22%),  
 269 AES<sub>min</sub> (23%), PDS<sub>max</sub> (15%), PDS<sub>med</sub> (15%), Pemax, min e med (24%,

270 25% e 17% respectivamente) e ainda, entre FR e TDPmed (19%); TDPmin  
271 (18%), TEAmin (16%) (Figura 5).

272

273 Figura 5 – Mapa de calor indicando a intensidade das correlações entre as  
274 características climáticas, comportamentais e fisiológicas com a  
275 termografia dos Tetos anteriores e posteriores de vacas girolando F1  
276 lactantes mantidas em confinamento



277

278 Fonte: Dados de pesquisa.

279 Legenda: ADI: Cisterna da Glândula Mamária anterior direita; ADS: Glândula Mamária anterior  
280 esquerda; AEI: Cisterna da Glândula Mamária Anterior esquerda, AES: Glândula Mamária  
281 Anterior esquerda; PDI: Cisterna da Glândula mamária posterior direita; PDS: Glândula  
282 Mamária posterior direita; PEI: Cisterna da Glândula posterior esquerda; PE: Glândula Mamária  
283 posterior esquerda; TDA: Teto direito anterior; TDP: Teto direito posterior; TEA: Teto esquerdo  
284 anterior; TEP: Teto esquerdo posterior.  
285

286 Correlações fracas foram identificadas entre a TI das regiões da  
287 glândula mamária e tetos e a variável TR. As maiores e menores correlações  
288 entre a TR e a TI do TDPmin (15%), TEPmed (24%), respectivamente. Da  
289 mesma maneira, o número de visitas a água apresentou correlações fracas que  
290 variaram entre TEAmin (15%) e PEImax (36%). Quando avaliadas as  
291 correlações entre essas e CA, observou se correlações fracas a moderadas  
292 variando entre 15% e 40% para TDPmed e TEPmed respectivamente (Figura  
293 5).

294 A temperatura máxima foi observada no AES (37,8°C), enquanto que o  
295 TEP atingiu 37,7°C e a cisterna da glândula ou AEI atingiu máxima de 37,4 °C.  
296 A temperatura mínima foi identificada no TEA e TDA (34 °C), PES (34,1°C)  
297 seguido por ADI da glândula anterior direita (35,1°C). Por fim as maiores  
298 temperaturas média obtidas através da TI da glândula mamária, foram  
299 identificadas em PDS e TEP, ambas com 36,9°C e AEI 36,6°C, (Figura 5).

300 Foram identificadas correlações que variaram de 29% a 54% entre a TI  
 301 das regiões de úbere e tetos para com ITU. A TI da glândula mamária, cisterna  
 302 da glândula e tetos apresentou correlações que variaram de 35% a 60% com o  
 303 ITU (Tabela 4). A UR, diferente das demais variáveis climáticas, apresentou  
 304 correlações negativas com todas as variáveis em análise, variando de: - 32 %  
 305 em PDSmax, a: - 61% para AESmin.

306

307 Tabela 4 – Temperaturas termográficas máxima, mínima e média das regiões  
 308 de glândula mamária, cisterna da glândula e tetos anterior e  
 309 posterior esquerdo e direito de vacas Girolando F1 lactantes  
 310 mantidas em confinamento

(continua)

Variável	Máx.	Mín.	Méd.	DP
<b>Glândula mamária</b>				
Anterior esquerda	37,8	34,4	36,5	1,71
Anterior direita	37,7	34,5	36,4	1,60
Posterior esquerdo	37,3	34,1	36,0	1,60
Posterior direito	37,6	35,8	36,9	0,90
<b>Cisterna da glândula</b>				
Anterior esquerdo	37,4	35,3	36,6	1,05
Anterior direito	37,2	35,1	36,3	1,05
Posterior esquerdo	37,1	35,6	36,4	0,75
Posterior direito	36,9	35,3	36,3	0,80

311 Tabela 4 – Temperaturas termográficas máxima, mínima e média das regiões  
 312 de glândula mamária, cisterna da glândula e tetos anterior e  
 313 posterior esquerdo e direito de vacas Girolando F1 lactantes  
 314 mantidas em confinamento

315

(conclusão)

Variável	Máx.	Mín.	Méd.	DP
<b>Tetos</b>				
Anterior esquerdo	36,5	34,0	35,1	1,25
Anterior direito	36,3	34,0	35,2	1,15
Posterior esquerdo	37,7	35,9	36,9	0,90
Posterior direito	36,3	34,2	35,2	1,05

316 Fonte: Dados de pesquisa.

317

Tabela 5 – Correlação entre variáveis climáticas e fisiológicas com a produção e composição do leite de vacas Girolando F1 mantidas em confinamento

		R	P	N
ITU	GOR	0,16050	0,0354	172
	FL	-0,15932	0,0357	174
TR	ES	0,20062	0,0091	168

	GOR	0,17350	0,0245	168
FC	ES	0,26461	0,0005	169
	GOR	0,25553	0,0008	169
FR	PT	0,16475	0,0323	169
RU2	FL	0,19576	0,0096	174
	PL	0,15367	0,0429	174
RU24	FL	0,21432	0,0045	174
CA	ESD	0,16909	0,0266	172
	FL	-0,15662	0,0390	174
	LAC	0,27403	0,0003	174
TPA	PL	0,26423	0,0004	174
	ES	0,20377	0,0073	172
	GOR	0,19365	0,0109	172
VAG	PL	0,18015	0,0174	174
	LAC	0,29362	<,0001	174
	PL	0,30761	<,0001	174

Fonte: Dados de pesquisa.

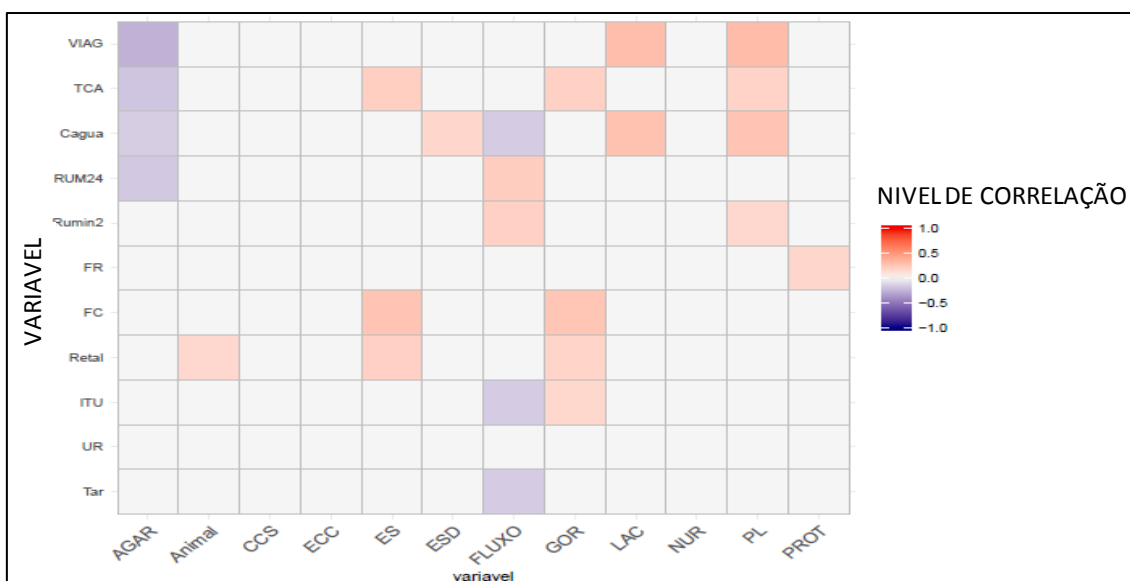
Legenda: ITU: Índice de temperatura e umidade; TR: Temperatura retal; FC: Frequência cardíaca; FR: Frequência respiratória; RU2: Ruminação em duas horas; RU24: Ruminação em 24 horas; CA: Consumo de água; TPA: Tempo de permanência na água; VAG: Visitas a água; GOR: Gordura do leite; FL: Fluxo de leite; ES: Extrato seco; PL: Produção de leite; LAC: Lactose; ESD: Extrato seco desidrogenado; PT: Proteína do leite.

318

319 Outras correlações fracas foram identificadas entre FR e PL (16%). A  
 320 RU2 manteve correlações de 0,19 e 0,15 com FL e PL, respectivamente. O CA  
 321 por sua vez, se correlacionou com ESD (0,16), FL (-0,15), LAC (0,27) e PL  
 322 (0,26). De maneira similar, o tempo de consumo de água (TCA) se  
 323 correlacionou com ES (0,20), GOR (0,19) e PL (0,18). E ainda o número de VA  
 324 com LAC (0,29) e PL (0,30) que atingiu o maior valor de correlação entre as  
 325 variáveis avaliadas (Figura 6).

326

327 Figura 6 – Mapa de calor indicando a intensidade das correlações entre as  
 328 características climáticas, comportamentais e fisiológicas com as  
 329 características de produção e composição do leite e morfologia de  
 330 vacas girolando F1 mantidas em confinamento



331

332 Fonte: Dados de pesquisa.

333 Legenda: ITU: Índice de temperatura e umidade; UR: Umidade relativa; Tar: Temperatura do  
 334 ar; TCA: Tempo de consumo de água; Cagua: Consumo de água; RUM24: Ruminação em 24  
 335 horas; RUM2: Ruminação em duas horas; FR: Frequência respiratória; FC: Frequência  
 336 cardíaca; TR: Temperatura retal; AGAR: com ângulo de garupa; CCS: Contagem de células  
 337 somáticas; ECC: Escore corporal; ES: Estrato seco; ESD: Estrato seco desidrogenado; Fluxo:  
 338 Fluxo de leite; GOR: Gordura do leite; LAC: Lactose (LAC).

339 Nota: Os quadros em branco identificam correlação com  $P > 0,05$

340

### 341 3.4 Discussão

#### 342 3.4.1 Mapeamento térmico

343 As correlações encontradas entre o ITU e a TI de todas as regiões de  
 344 narina superior (Figura 1b), chanfro linha média (Figura 1<sup>a</sup>); e olho médio  
 345 (Figura 1c), respectivamente, reforçam a região da cabeça como uma das mais  
 346 promissoras para estudos focados em avaliação do impacto da temperatura e  
 347 umidade sobre os animais, já que estas parecem estar em maior sintonia com  
 348 as variações das mesmas. A TI das regiões de testa e frente de vacas Jersey  
 349 podem apresentar correlações de 0,81 e 0,90, com ITU (SALLES et al., 2016).  
 350 E a proximidade entre essas três regiões anatômicas pode facilitar o  
 351 monitoramento remoto da condição térmica, comportamental e até mesmo de  
 352 saúde dos animais termicamente monitorados.

353 Em sete das dez variáveis correlacionados com a TI da região ocular a  
 354 relação foi significativa, tendo sido uma negativa e seis positivas. Esses  
 355 resultados corroboram com as afirmações de (MCMANUS et al., 2016) sobre a  
 356 utilização TI do olho nos estudos sobre conforto térmico, na identificação de  
 357 comportamentos de expressão da dor (STEWART et al., 2008), e como

358 indicador da influência dos fatores climáticos nos termogramas da superfície da  
359 pele dos animais em estudo.

360 As subdivisões realizadas na análise da imagem do chanfro (Figura 1<sup>a</sup>)  
361 em linha do olho, linha abaixo do olho e linha acima do olho, possibilitaram a  
362 identificação de correlações fortes entre estas e o ITU, e ainda com TA. Ao se  
363 comparar as temperaturas máximas obtidas nos termogramas e as correlações  
364 com as variáveis climáticas de chanfro linha media (35,3°C),  $r=0,66$  (Tabela 2)  
365 e base da cauda (39°C) (Tabela 3); pressupõe-se que uma região anatômica  
366 pode não atingir a temperatura máxima identificada nos termogramas, e ainda  
367 assim ser a que melhor representa a influência do ITU na temperatura  
368 superficial dos animais.

369 A região de chanfro (Figura 1<sup>a</sup>) pode ser uma opção para a captura  
370 remota de imagens através da TI, já que na maioria dos bovinos essa região é  
371 plana, dificilmente fica exposta a sujidades, além de ser de fácil delimitação. A  
372 região de testa representa com maior precisão a condição térmica de animais  
373 holandeses quando comparada a TI de outras regiões anatômicas (PENG et  
374 al., 2019). Vacas Girolando mantidas em confinamento têm na região de  
375 chanfro uma boa opção para se avaliar as ocorrências de variações climáticas,  
376 mas não a condição de conforto térmico, já que estas nem sempre  
377 acompanham as variações da temperatura retal.

378 A avaliação da TI de toda lateral esquerda foi capaz de se correlacionar  
379 com um maior número de variáveis analisadas e apresentar maiores  
380 coeficientes de correlação. A TI das regiões de flancos direito e esquerdo são  
381 bons indicadores da condição térmica e em menor grau da TR e FR (SALLES  
382 et al., 2016). Maiores coeficientes de correlação observados nas laterais  
383 quando comparados a TI das regiões de flanco devem estar associadas à  
384 abrangência alcançada na imagem da lateral, de forma que algumas dessas  
385 temperaturas acompanham as variações fisiológicas de temperatura do animal  
386 melhor associada à TR.

387 A TI da BC foi a que apresentou as maiores temperaturas máximas,  
388 mínimas e medias, porem a baixa relação desatas com a TR limita uso de  
389 temperaturas máximas como referência pra condição de conforto térmico. Já a  
390 região de glândula mamária e tetos (Tabela 5), evidenciam uma possível  
391 dependência de condições climáticas, fisiológicas e comportamentais para que



392 todos os processos produtivos possam se concretizar de forma eficiente. A  
393 relação dessas com a TR evidenciam que animais melhor adaptados às  
394 variações climáticas podem se manter produtivos mesmo sendo expostos  
395 diariamente a grandes variações climáticas.

396 Os coeficientes de correlação identificados entre a TI da glândula  
397 mamária e as variáveis umidade relativa e temperatura do ar podem  
398 caracterizar a glândula mamária como uma boa região anatômica para se  
399 monitorar a atividade produtiva de animais leiteiros, e ainda o uso eficiente de  
400 aspersores, ventiladores e demais equipamentos de controle das condições de  
401 temperatura e umidade do ambiente de confinamento para vacas Girolando. O  
402 quarto anterior esquerdo do úbere foi o que apresentou as maiores  
403 temperaturas nos termogramas, essa característica pode ter ocorrido graças ao  
404 posicionamento do rumem, que propicia maior troca de calor nessas regiões.

405 Ao se observar os valores máximos da TI do úbere e tetos (Tabela 6),  
406 pode-se identificar variações superiores a 1°C entre a temperatura do úbere,  
407 passando pela da cisterna do úbere até chegar aos tetos, essas variações  
408 podem servir como base aos estudos sobre mastites e processos inflamatórios  
409 da glândula mamária, considerando principalmente o tipo e localização de  
410 microrganismos causadores de mastites (MEDEIROS, 2017), tipo de lesão  
411 (TEIXEIRA et al., 2008) e a utilização de tratamento eficiente para controle da  
412 mesma.

413

#### 414 3.4.2 Consumo, cochos e bebedouros eletrônicos

415 As relações identificadas entre TI das regiões de chanfro e olhos, o CA e  
416 o número de VA (Figura 3), pode ser utilizada para caracterizar variações de  
417 consumo, necessidades fisiológicas dos animais de maior e menor produção, já  
418 que o número de refeições e o volume água consumido apresenta relações  
419 com a produção de leite em vacas primíparas (DADO & ALLEN, 1994),  
420 podendo o tempo de permanência no bebedouro e o volume consumido  
421 interferirem na produtividade, dada a participação desta nos processos  
422 fisiológicos e composição do leite.

423 A importância da água nos processos fisiológicos e produtivos também  
424 podem ser identificados nas correlações entre a TI da GM e o consumo desta,  
425 onde se observou correlações de fracas a moderadas (Figura 5). Os horários,

426 número de ordenhas e refeições diárias também podem interferir nesse  
427 comportamento (MEYER et al., 2004). Da mesma maneira, as correlações  
428 entre a TI da GM e o número de visitas a água podem ser indicadores da  
429 condição produtiva e de saúde dos animais, já que refletem a disponibilidade  
430 do animal de visitar o cocho de água por mais vezes durante dia.

431

### 432 3.4.3 Sensores de atividade, ruminação e fisiologia dos animais

433 As variáveis climáticas apresentam correlações consistentes com os  
434 termogramas da região da cabeça, que por sua vez se comportou como os  
435 demais termogramas analisados e expressou baixas correlação com as  
436 variáveis fisiológicas, evidenciando a capacidade animal de utilizar de seus  
437 mecanismos de troca de calor para manter suas funções fisiológicas, RU, FR e  
438 FC dentro de um padrão de normalidade o ano inteiro. Animais adaptados às  
439 variações climáticas estão menos susceptíveis a perdas de produtividade  
440 independente da estação do ano (AMAMOU et al., 2019). As condições  
441 ambientais do confinamento podem ter minimizado possíveis alterações na  
442 ruminação diária, frequências cardíaca, respiratória e consequentes perdas de  
443 energia.

444 A TI das regiões de OLH, CHA e RNS parecem não ter a mesma  
445 eficiência para se correlacionar com variáveis fisiológicas como TR, FC, RU2 e  
446 RU24 (Figura 2), como ocorreram com as variáveis climáticas. A inexistência  
447 de correlação como o caso da RNS e as baixas correlações quando existentes,  
448 sugerem que a TI destas regiões não são boas indicadoras de possíveis  
449 variações fisiológicas que possam ocorrer nos animais ao longo de um período  
450 de monitoramento.

451 A produção de leite e fluxo de ordenha podem ser influenciados pelo  
452 número de ruminações diárias e a cada duas horas, o que pode ser explicado  
453 pelo menor nível de cortisol e ansiedade (BRISTOW & HOMES, 2007), maior  
454 consumo de matéria, sensação de conforto e menor ocorrência de leite residual  
455 na sala de ordenha (MARÇAL-PEDROSA et al., 2020). Assim, pode-se inferir  
456 que o RU2 e os comportamentos de ruminação na sala de ordenha assim  
457 como outros relacionados ao tempo de ruminação e a distância em minutos  
458 entre esse e a ingestão da refeição (HASELMANN et al., 2019) podem ser  
459 indicativos de vacas Girolando eficientes em conversão e ordenhabilidade.

460 A rusticidade herdada da raça Gir também pode impactar nessas  
461 características, já que a presença de um ordenhador (SUTHERLAND et al.,  
462 2014), a estrutura da sala de ordenha, a sonoridade, o tamanho dos animais e  
463 até a atividade de ruminção dos mesmos devem influenciar na produção, fluxo  
464 de leite e leite residual (GOMEZ et al., 2017). Reforçando a necessidade de se  
465 conhecer amplamente as variações provocadas pela ruminção dos animais  
466 Girolando primíparas e múltiparas e na condição de produção e fluxo.

467

#### 468 3.4.4 Temperatura core

469 A temperatura retal é o ponto de partida para da determinação da  
470 condição de estresse por calor observado nos animais. Nas condições  
471 avaliadas, poucas ou fracas foram as correlações identificadas entre TR e o  
472 mapeamento termográfico. Os termogramas de glândula mamária foram os  
473 únicos a indicar a possibilidade de estimação de valores de TR a partir dos  
474 mapeamentos térmicos. Relações entre a TI da região lateral do úbere e TR  
475 também foram observadas em vacas Holandês (DALTRO et al., 2017),  
476 sugerindo que a TI da região do úbere seja um bom indicador das condições  
477 fisiológicas de animais mestiços Girolando F1, estejam esses em estresse  
478 térmico ou não.

479

#### 480 3.4.5 TI, produção e composição do leite

481 As variáveis climáticas e fisiológicas apresentaram baixas correlações  
482 com as características de produção qualidade do leite, demonstrando baixo  
483 potencial para se fazer inferências sobre a influência desses em vacas  
484 mantidas em conforto térmico.

485

486

487

### 488 3.5 Conclusão

489 As correlações identificadas nos mapeamentos térmicos da superfície  
490 corporal de animais mestiços Girolando F1 mantidos em condição de termo  
491 neutralidade, demonstraram que as variáveis climáticas possuem maior  
492 potencial para serem avaliadas por TI. Destaca-se a TI do chanfro  
493 apresentando alta sensibilidade para identificar variações de temperatura

494 ambiente enquanto a TI de glândula mamária apresenta potencial para estimar  
495 a temperatura retal em vacas leiteiras. Já os mapeamentos térmicos  
496 apresentam baixas correlações com as características produtivas,  
497 comportamentais e fisiológicas dos animais, o que pode limitar o uso da técnica  
498 em animais mantidos em conforto térmico.

499

## REFERÊNCIAS

500

501

502 AFSAL, A; SEJIAN, V., BAGATH, M; KRISHNAN, G.; DEVARAJ, C.; BHATTA,  
503 R. Heat stress and livestock adaptation: neuro-endocrine regulation.  
504 **International Journal of Veterinary and Animal Medicine**, v. 1, n. 2, p. 1-8.  
505 2018.

506

507 AMAMOU, H.; BECKERS, Y.; MAHOUACHI, M.; HAMMAMI, H.  
508 Thermotolerance indicators related to production and physiological responses  
509 to heat stress of holstein cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 82, p. 90-98,  
510 mar. 2019.

511

512 BRISTOW, D. J.; HOLMES, D. S. Cortisol levels and anxiety-related behaviors  
513 in cattle. **Physiology & behavior**, v. 90, n. 4, p. 626-628, 2007.

514

515 DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Variation in and relationships among feeding,  
516 chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. **Journal of Dairy  
517 Science**, v. 77, n. 1, p. 132-144. 1994.

518

519 DALCIN, V. C.; FISCHER, V.; DALTRO, D. D. S.; ALFONZO, E. P. M.;  
520 STUMPF, M. T.; KOLLING, G. J.; SILVA, M. V. G. B.; MCMANUS, C.  
521 Physiological parameters for thermal stress in dairycattle. **Revista Brasileira  
522 de Zootecnia**, v. 45, p. 458-465, 2016.

523

524 DALTRO, D. D. S; FISCHER, V; ALFONZO, E. P. M; DALCIN, V. C; STUMPF,  
525 M. T; KOLLING, G. J; MCMANUS, C. Infrared thermography as a method for  
526 evaluating the heat tolerance in dairy cows. **Revista Brasileira de  
527 Zootecnia**, v.46, n. 5, p. 374-383, 2017.

528

529 GANDRA, J. R; TAKIYA, C. S; DEL VALLE, T. A; ORBACH, N. D; FERRAZ, I.  
530 R; OLIVEIRA, E. R; ARAKI, H. M. Influence of a feed additive containing vitamin  
531 B12 and yeast extract on milk production and body temperature of grazing dairy  
532 cows under high temperature-humidity index environment. **Livestock Science**,  
533 v. 221, p. 28-32, 2019.

534

535 GOMEZ, Y., TERRANOVA, M., ZÄHNER, M., HILLMANN, E., & SAVARY,  
536 P. Efeitos das dimensões do estol de ordenha no comportamento de vacas  
537 leiteiras durante a ordenha em diferentes tipos de salas de ordenha. **Jornal de  
538 ciência do leite**, v. 100, n. 2, p. 1331-1339. 2017.

539

540 HASELMANN, A.; ZEHETGRUBER, K.; FUERST-WALTL, B.; ZOLLITSCH, W.;  
541 KNAUS, W.; ZEBELI, Q. Feeding forages with reduced particle size in a total  
542 mixed ration improves feed intake, total-tract digestibility, and performance of  
543 organic dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 102, n. 10, p. 8839-8849.  
544 2019.

545

- 546 KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in  
547 lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v.77, p.59-91.  
548 2002.
- 549  
550 MADALENA, F. E., MARTINEZ, M. L., & FREITAS, A. D. Lactation curves of  
551 holstein-friesian and holstein-friesian x Gir cows. **Animal Science**, v. 29, n. 1,  
552 p. 101-107, 1979.
- 553  
554 MARÇAL-PEDROZA, M. G.; CAMPOS, M. M.; PEREIRA, L. G. R.; MACHADO,  
555 F. S.; TOMICH, T. R.; DA COSTA, M. J. P.; SANT'ANNA, A. C. Consistency of  
556 temperament traits and their relationships with milk yield in lactating primiparous  
557 F1 Holstein-Gyr cows. **Applied Animal Behaviour Science**, n. 104881, 2019.
- 558  
559 MARTELLO, L. S; DA LUZ E SILVA, S; DA COSTA GOMES, R; DA SILVA  
560 CORTE, R. R. P; LEME, P. R. Infrared thermography as a tool to evaluate body  
561 surface temperature and its relationship with feed efficiency in Bosindicus cattle  
562 in tropical conditions. **International journal of biometeorology**, v. 60, n. 1, p.  
563 173-181, 2016.
- 564  
565 MCMANUS, C; TANURE, C.B; PERIPOLLI, V; SEIXAS, L; FISCHER, V;  
566 GABBI, A.M; MENEGASSI, S.R.O; STUMPF, M.T; KOLLING, G.J; DIAS, E.;  
567 COSTA, J.B. Infrared thermography in animal production: an overview.  
568 **Computers and Eletronics in Agriculture**, v.123, p.10–16. 2016.
- 569  
570 MEDEIROS, B. P. **Caracterização ultrassonográfica e histopatológica de**  
571 **lesões de glândulas mamárias de vacas de descarte**. 2017. Dissertação  
572 (Mestrado em Patologia e Ciências Clínicas). Universidade Federal Rural do  
573 Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- 574  
575 MEYER, U.; EVERINGHOFF, M.; GÄDEKEN, D.; FLACHOWSKY, G.  
576 Investigations on the water intake of lactating dairy cows. **Livestock**  
577 **production science**, v. 90, n. 2-3, p. 117-121. 2004.
- 578  
579 ORTIZ, X. A.; SMITH, J. F.; ROJANO, F.; CHOI, C. Y.; BRUER, J.; STEELE, T.;  
580 COLLIER, R. J. Avaliação do resfriamento condutivo de vacas leiteiras em  
581 lactação sob condições ambientais controladas. **Journal of dairy science**, v.  
582 98, n. 3, p.1759-1771. 2015.
- 583  
584 PENG, D.; CHEN, S.; LI, G.; CHEN, J.; WANG, J.; GU, X. Infrared  
585 thermography measured body surface temperature and its relationship with  
586 rectal temperature in dairy cows under different temperature-humidity indexes.  
587 **International journal of biometeorology**, v. 63, n. 3, p. 327-336. 2019.
- 588  
589 SALLES, M. S. V.; DA SILVA, S. C.; SALLES, F. A.; ROMA JR., L. C.; EL  
590 FARO, L.; MAC LEAN, P. A. B; OLIVEIRA, C.E. L.; MARTELLO, L. S. Mapping  
591 the body surface temperature of cattle by infrared thermography. **Journal of**  
592 **Thermal Biology**. V.62, p.63-69, 2016.
- 593  
594 STEWART, M.; STAFFORD, K. J.; DOWLING, S. K.; SCHAEFER, A. L.;  
595 WEBSTER, J. R. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded

596 with or without local anaesthetic. **Physiology & Behavior**, v. 93, n. 4-5, p. 789-  
597 797. 2008.

598

599 SUTHERLAND, M. A.; DOWLING, S. K. The relationship between  
600 responsiveness of first-lactation heifers to humans and the behavioral response  
601 to milking and milk production measures. **Journal of Veterinary Behavior**, v. 9,  
602 n. 1, p. 30-33. 2014.

603

604 TEIXEIRA, P.; RIBEIRO, C.; SIMÕES, J. Prevenção de mamites em  
605 explorações de bovinos leiteiros. **Da teoria à prática**. 2008. Disponível em:  
606 <<http://www.veterinaria.com.pt/652.html>> Acesso em 12/02/2020.

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663

**4 RELAÇÃO ENTRE PRODUÇÃO E FLUXO DO LEITE COM  
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E FUNCIONAIS DE VACAS  
GIROLANDO F1**



664 **RELAÇÃO ENTRE PRODUÇÃO E FLUXO DO LEITE COM**  
665 **CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E FUNCIONAIS DE VACAS**  
666 **GIROLANDO F1**  
667

668 **RESUMO**  
669

670 Objetivou-se identificar diferenças morfológicas e funcionais de vacas  
671 Girolando F1 classificadas como divergentes para produção (alta e baixa – AP  
672 x BP); fluxo de leite (FL) na ordenha (alto e baixo AF x BF); e produção  
673 associada ao fluxo de leite (alta produção e fluxo de leite e baixa produção e  
674 fluxo de leite APAF x BPBF). Foram utilizadas 28 vacas primíparas com  $200 \pm$   
675  $15$  dias em lactação,  $634 \text{ Kg} \pm 69,5$  de peso corporal e produzindo  $14,7 \text{ kg} \pm$   
676  $3,9$ /dia. O desvio padrão (DP) foi utilizado como critério para classificação e os  
677 animais que apresentaram  $DP > 0,8$  nas ordenhas da manhã e da tarde foram  
678 classificados como de AP (n=8) ou BP (n=7); já os animais com  $DP < 0,8$   
679 AF (N=8) ou BF (n=7) e a através da associação ente os grupos obteve se  
680 APAF (N= 6) e BPBF (n=6). As médias de cada grupo foram comparadas pelo  
681 teste F (ANOVA) considerando-se alfa igual a 0.05. Animais classificados como  
682 AP, AF e APAF produziram 34, 22% e 30% mais leite que os animais  
683 classificados como BP, BF e BPBF. O fluxo e a produção de leite (PL) nos  
684 primeiros dois minutos foram maiores para os animais classificados como AF  
685 (37 %) e APAF (40 %). Animais classificados como AF apresentaram maior  
686 comprimento do teto e o diâmetro da cisterna do teto foi maior para animais  
687 classificados como APAF. Na avaliação morfológica, os animais classificados  
688 como BPBF apresentaram escores inferiores para inserção de anterior, altura  
689 do posterior, altura do posterior em cm, largura de inserção do posterior e  
690 ligamento central. As características de produção de leite em Kg/dia, fluxo  
691 médio de leite e diâmetro da cisterna do teto, são promissoras para a  
692 identificação de animais mais produtivos. Os animais AF podem ser  
693 caracterizados por produção em Kg/dia, pico de fluxo e produção aos dois  
694 minutos, fluxo médio, comprimento do canal do teto, escore de ligamento  
695 central, escore da largura e altura de inserção de posterior e inserção de  
696 ligamento anterior do úbere. Já os animais APAF foram bem associados a PL,  
697 FM, produção e fluxo aos dois minutos, diâmetro da cisterna do teto e inserção  
698 de ligamento anterior. Essas características apresentam potencial para serem  
699 inseridas em programas de melhoramento.

700  
701 **Palavras-chave:** Tempo de ordenha. Esfíncter do teto. Pressão de vácuo.  
702 Sistema mamário.  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709

#### 710 4.1 Introdução

711 O Brasil é o terceiro maior produtor de leite de vaca (FAO, 2020). As  
712 condições climáticas brasileiras na região central e nordeste impõem condições  
713 desafiadoras para se produzir leite, exigindo dos animais grande capacidade de  
714 adaptação fisiológica para se manterem produtivos (RASHAMOL et al., 2018).  
715 Vacas mestiças F1 Holandês x Zebu apresentam maior adaptação a essas  
716 condições (MADALENA et al., 1979), com menores frequência cardíaca e  
717 respiratória em condições de estresse quando comparadas a vacas mestiças ¾  
718 Holandês x Gire da raça Holandês (DALCIN et al., 2016). Em contrapartida,  
719 animais mestiços tendem a apresentar menor produção e adaptabilidade aos  
720 sistemas de ordenha mecanizada (ALVAREZ et al., 1980; WALSH et al., 2007;  
721 MARÇAL-PEDROSA et al., 2019). A população de bovinos obtida dos  
722 cruzamentos entre gado Holandês e Gir é estimada em 10 milhões de animais  
723 (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2007), e respondem por mais de 80% do leite  
724 produzido no Brasil (ABCG, 2020).

725 A herdabilidade para característica tempo de ordenha varia de 0,18 a  
726 0,22 em animais *Bos Taurus taurus* (BERRY et al., 2013); para vacas da raça  
727 Holandês a herdabilidade para tipo leiteiro pode variar 0,10 a 0,42, sendo a  
728 maior para características de estatura corporal (MISZTAL et al., 1992). O  
729 melhoramento genético dos rebanhos tem permitido a seleção de animais  
730 melhores adaptados aos sistemas automatizados de ordenha (SHORTALL et  
731 al., 2018) para animais *Bos Taurus taurus*, mas essa possibilidade ainda é  
732 pouco explorada para raças e cruzamentos adaptados a condições tropicais.

733 Com a evolução e o aumento na adoção de tecnologias embarcadas nos  
734 sistemas de ordenha, novas característica fenotípicas de ordenhabilidade vêm  
735 sendo exploradas em programas de melhoramento (POPPE et al., 2019).  
736 Entender como é a variabilidade dessas características em animais mestiços é  
737 importante para definir possibilidades de utilização dessas características nos  
738 programas de seleção.

739 O estudo da relação entre características morfológicas e produtivas está  
740 mais avançado em animais de raças europeias (GRAY et al., 2011;  
741 MIŠEIKIENĖ et al., 2019). Vacas da raça Holandês com pontas de tetos planos  
742 apresentam maior fluxo de leite, seguidas pelas de tetos pontiagudos e  
743 arredondadas, respectivamente, quando ordenhadas em sistemas

744 mecanizados (WIELAND et al., 2017). Características morfológicas do úbere e  
745 tetos estão relacionadas e podem influenciar a contagem de células somáticas  
746 (CCS) e contagem bacteriana total (CBT), a profundidade do úbere e os seus  
747 ligamentos podem apresentar correlações de 0,29 e 0,46 com CCS e mastite  
748 clínica respectivamente, já o comprimento dos tetos apresentam baixas  
749 correlações com as infecções da glândula. Para animais de raças Europeias  
750 (RUPP & BOICHARD, 1999; MILES et al., 2019)

751 Características morfológicas e funcionais dos tetos podem ser  
752 determinantes para características de fluxo do leite (WEISS et al., 2004). A  
753 ultrassonografia tem sido utilizada para avaliar alterações na parede dos tetos  
754 provocadas por pressões do sistema de vácuo em animais da raça Holandês  
755 (ODORCIC et al., 2019). A avaliação de variações nas estruturas de cisterna,  
756 parede e comprimento de canal de teto, obtidos por ultrassonografia ainda não  
757 foram exploradas para animais mestiços.

758

## 759 **4.2 Objetivo**

760 Objetivou-se identificar diferenças morfológicas e funcionais de vacas  
761 Girolando F1 classificadas como divergentes para produção (alta e baixa – AP  
762 x BP); fluxo de leite na ordenha (alto e baixo AF x BF); e produção associada  
763 ao fluxo de leite (alta produção e fluxo de leite e baixa produção e fluxo de leite  
764 APAFxBPBF).

765

## 766 **4.3 Material e Métodos**

767 O experimento foi realizado no Complexo Multiusuário de Bioeficiência e  
768 Sustentabilidade Pecuária, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
769 (Embrapa), localizada em Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil. Os  
770 procedimentos experimentais envolvendo animais foram aprovados pelo comitê  
771 de ética de animais leiteiros da EMBRAPA, Juiz de Fora, MG, Brasil (protocolo  
772 nº 9264220317). De acordo com os princípios éticos da experimentação  
773 animal.

774

### 775 **4.3.1 Seleção de animais, alojamento, dieta e cronograma experimental**

776 Foram utilizadas 28 vacas mestiças Girolando F1 não gestantes,  
777 primíparas, com  $210 \pm 15$  dias de lactação, peso médio  $634 \pm 69,5$ kg. O

778 período experimental aconteceu entre os meses de setembro a novembro de  
 779 2017. O estudo compreendeu aproximadamente 100 dias de observações,  
 780 compreendendo todo o terço médio da lactação dos animais. A dieta teve como  
 781 base silagem de milho como volumoso e concentrado à base de milho moído,  
 782 farelo de soja e núcleo mineral (Tabela 6). O fornecimento da dieta foi regulado  
 783 para permitir sobras de 5%, tendo como base o volume consumido no dia  
 784 anterior.

785 Os animais foram alojados em galpão do tipo Free-stall, equipado com  
 786 cochos eletrônicos com portão delimitador (AF1000 Master Gate, Intergado  
 787 Ltd., Contagem, MG, Brasil), além de bebedouros eletrônicos (WD-1000,  
 788 Intergado Ltd., Contagem, Minas Gerais, Brasil). As camas foram compostas  
 789 por resíduos de madeira (maravalha) e substituídas regularmente.

790

Tabela 6 – Composição da dieta fornecida aos animais experimentais

<b>Ingredientes</b>	<b>MS</b>	<b>Cinzas</b>	<b>PB</b>	<b>MO</b>	<b>EE</b>	<b>FDNcp</b>
Silagem de milho	32,56	5,7	8,17	94,3	3,53	41
Concentrado	86,43	12,4	37,65	87,26	2,68	11
%	47,32	7,63	16,25	92,37	3,3	33
g/Kg de MS	473,2	76,29	162,48	923,7	32,97	330

791 Fonte: Dados de pesquisa.

792 Legenda: MS: Matéria seca; PB: Proteína bruta; MO: Matéria orgânica; EE: Extrato etéreo;  
793 FDNcp: Fibra em detergente neutro.

794

#### 795 4.3.2 Ultrassonografia e procedimento de ordenha

796 As ultrassonografias da parede, canal e cisterna dos tetos foram  
 797 realizadas antes da ordenha da manhã em brete de contenção comum fixo  
 798 (Valfran troncos e balanças LDTA, Votuporanga São Paulo, Brasil). Após  
 799 serem lavadas, as tetas foram mergulhadas em recipiente plástico de  
 800 polietileno, transparente, preenchido com solução fisiológica (Figura 7), até que  
 801 todas as estruturas em estudo fossem escaneadas e as imagens armazenadas –  
 802 adaptado de Weiss et al. (2004).

803

804

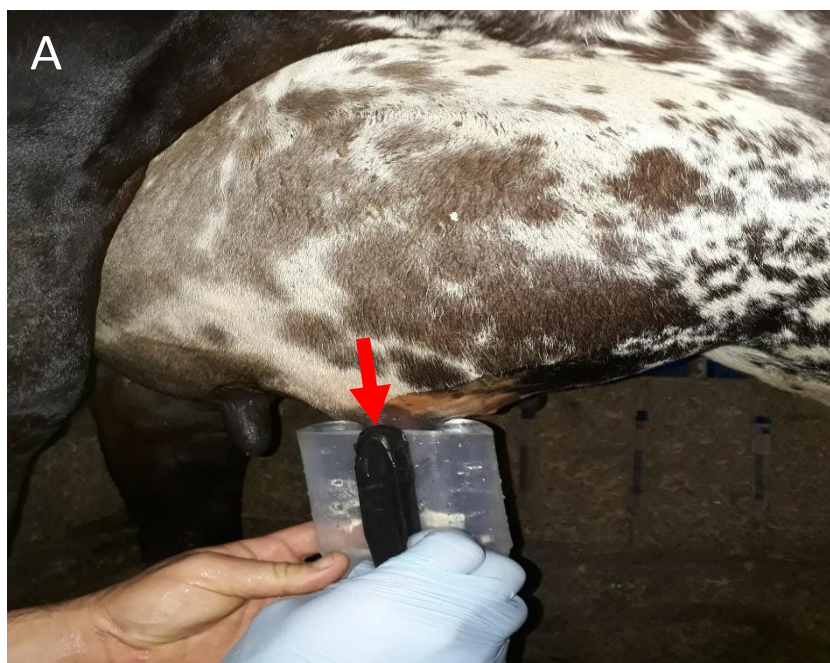
805

806

807

808

809 Figura 7 – Método utilizado para obtenção das imagens ultrassonográficas dos  
810 tetos.



811

812 Fonte: Arquivo pessoal.

813 Nota: Realização da ultrassom com seta indicando o posicionamento do transdutor linear.

814

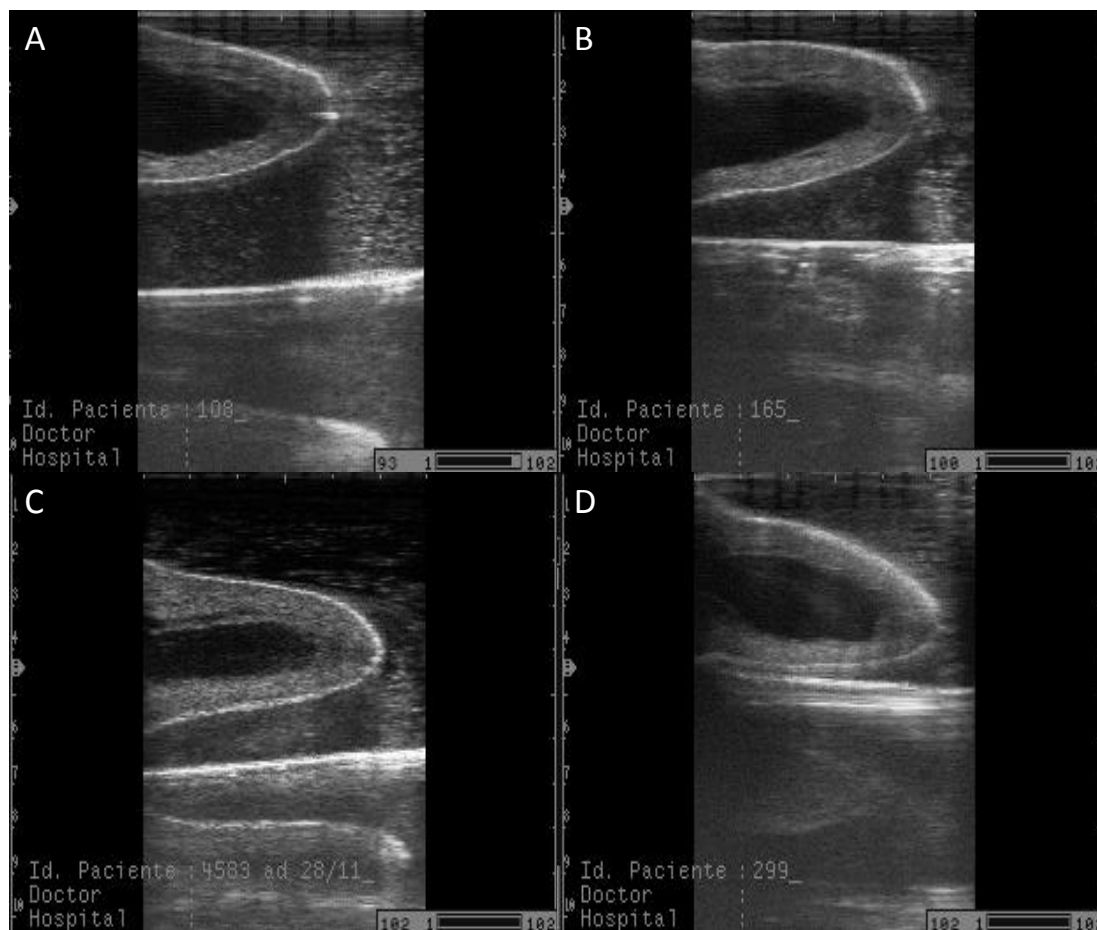
815 As imagens ultrassonográficas foram obtidas com o aparelho chison-  
816 8300 (CHISON MEDICAL IMAGING CO., LTD. ADD: N°8, Xiang Nanroad,  
817 ShuoFang, New District, Wuxi, China). Na ultrassonografia dos tetos, utilizou-se  
818 probe retal e frequência de 6MHz. As imagens foram focadas em cortes  
819 verticais com plano de varredura longitudinal. O comprimento do canal, a  
820 espessura da parede, e o diâmetro da cisterna do teto foram obtidas conforme  
821 Ayadi et al. (2003) (Figura 8). As imagens de cada teto obtidas através da  
822 ultrassonografia foram armazenadas e medidas com a utilização do *software*  
823 ImageJ 5.0, versão 1.50 (National Institutes of Health, EUA).

824 As vacas foram ordenhadas duas vezes por dia (7h30 às 15h), por dois  
825 ordenhadores treinados, em uma sala de ordenha tipo espinha de peixe (2 x 4)  
826 equipada com contadores eletrônicos de células somáticas MM27, controle  
827 MPC 580/680 e sistema de remoção automática de clusters (DeLaval, Tumba,  
828 Suécia). Os dados de ordenha foram obtidos pelo software Alpro (DeLaval,  
829 Tumba, Suécia). A regulagem de vácuo foi mantida a 42 KPA, conforme  
830 recomendação do fabricante.

831

832

833 Figura 8 – Imagens ultrassonográficas demonstrando as diferentes formações  
 834 de cisternas de tetos de vacas de alta e baixa produção e fluxo de  
 835 leite



836

837 Fonte: Arquivo pessoal.

838 Nota: Alta Produção e alto fluxo (A e B), baixa produção e baixo fluxo (C e D).

839

840 Na pré ordenha os procedimentos realizados no *prédipping* foram:  
 841 imersão dos tetos em solução de iodo povidona por aproximadamente 30  
 842 segundos, seguido por secagem dos mesmos com papel toalha. Após a  
 843 limpeza dos tetos, realizava-se o teste da caneca telada e Califórnia mastite  
 844 teste (CMT), para a identificação de mastite clínica e sub-clínica (ZANELLA et  
 845 al., 2006). Após a programação do conjunto de ordenha com o número do  
 846 animal e a data, as teteiras eram acopladas dando início a extração do leite,  
 847 após a identificação do fluxo mínimo de 100 ml/segundo o aparelho de ordenha  
 848 era retirado automaticamente e realizava-se o procedimento de *pós dipping*  
 849 com solução de clorexidina.

850

851

### 852 4.3.3 Avaliação morfológica dos animais

853 A avaliação da morfologia do úbere se deu seguindo os padrões de  
 854 classificação linear de rebanho da raça holandês (TRIMBERGER et al., 1983;  
 855 INTERBULL, 2000), onde avaliou-se a inserção do ligamento anterior (ILA) e  
 856 inserção do ligamento posterior (ILP) do úbere, altura do úbere (AU), largura do  
 857 úbere (LU), textura (TE), colocação de tetos no assoalho do úbere e seu  
 858 posicionamento perante o quarto mamário (PT), escore de esfíncter (EE), e  
 859 comprimento dos tetos (CT). As mensurações foram realizadas com o auxílio  
 860 de fita métrica graduada em cm e paquímetro, onde o animal era posto em  
 861 posição anatômica, enquanto um avaliador fazia as mensurações e anotações.

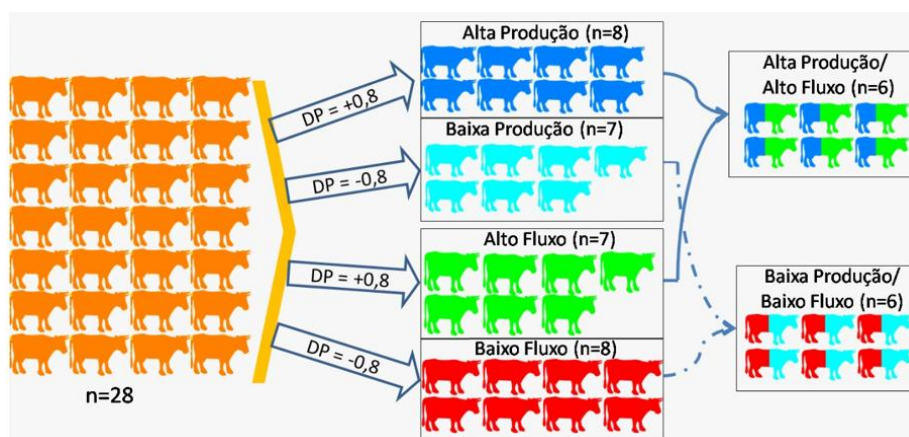
862

### 863 4.3.4 Análise estatística

864 Os animais foram classificados como divergentes para produção de leite  
 865 (alta e baixa – AP x BP); fluxo de leite na ordenha (alto e baixo AF x BF); e  
 866 produção associada ao fluxo de leite (alta produção e fluxo de leite e baixa  
 867 produção e fluxo de leite APAF x BPBF) (Figura 9). O desvio padrão (DP) foi  
 868 utilizado como critério para classificação e os animais que apresentaram  $DP >$   
 869  $0,8$  nas ordenhas da manhã e da tarde foram classificados como de AP (N=8)  
 870 ou BP (N= 7); AF (n=7); BF (n=8) e APAF (n=6) ou BPBF (n=6). As médias de  
 871 cada grupo foram comparadas pelo teste F (ANOVA) considerando-se alfa  
 872 igual a 0.05.

873

874 Figura 9 – Classificação de vacas Girolando como de alta e baixa produção e  
 875 fluxo de acordo com o desvio padrão



876

877 Fonte: Dados de pesquisa.

878

879 Os dados de fluxo de leite, produção, morfologia e ultrassonografia dos  
880 três grupos foram analisados segundo modelo:

$$881 \quad Y_{ij} = \mu + G_i + \varepsilon_{ij}$$

882 em que,  $Y_{ij}$  é a  $j$ -ésima observação no  $i$ -ésimo grupo,  $G_i$  é o efeito fixo de  
883 grupo e  $\varepsilon_{ij}$  é o erro aleatório associado a cada observação. A diferença entre  
884 as médias foi avaliada pelo teste F (ANOVA) considerando-se alfa igual a 0.05.

885

#### 886 **4.4 Resultados**

887

##### 888 4.4.1 Produção e ordenhabilidade

889 Os animais de AP produziram 36,0% ( $P < 0,001$ ) de leite a mais que os  
890 animais de BP e, também apresentaram maior fluxo médio de leite (0,90 x 0,65,  
891 kg/min,  $P < 0,030$ ) (Tabela 7). Os animais de AF produziram 23,5% ( $P < 0,004$ )  
892 mais leite que os animais de BF e ainda maior pico de fluxo aos dois minutos  
893 (1,027 x 0,52,  $P < 0,0001$ ); fluxo médio (19,75 x 7,57,  $P < 0,0005$ ) e produção de  
894 leite aos dois minutos (3,99 x 1,83,  $P < 0,0003$ ) (Tabela 7).

895 Na comparação entre os grupos APAF e BPBF, observou-se  
896 superioridade de APAF para produção de leite 35,0%, pico de fluxo aos dois  
897 minutos (1,96 x 1,26,  $P < 0,005$ ), fluxo médio (1,03 x 0,59,  $P < 0,0001$ ) e produção  
898 de leite aos dois minutos (4,30 x 1,83,  $P < 0,0001$ ), respectivamente (Tabela 7).

899

##### 900 4.4.2 Características ultrassonográficas dos tetos

901 Animais do grupo de AP apresentaram diâmetro da cisterna do teto  
902 superior em relação aos animais de BP (2,37 x 2,23, cm,  $P < 0,011$ ). Para o  
903 grupamento de animais (AF x BF) o comprimento do canal do teto foi maior  
904 para os animais BF (1,79cm x 1,52cm,  $P < 0,038$ ) (Tabela 8). No grupamento  
905 (APAF x BPBF), os animais APAF apresentaram maior diâmetro de cisterna  
906 (2,37cm x 2,21cm,  $P < 0,002$ ), respectivamente, quando comparados aos  
907 animais BPBF (Tabela 8).

908

##### 909 4.4.3 Características morfológicas dos animais

910 Não foram observadas diferenças entre as características morfológicas  
911 entre animais AP e BP (Tabela 9). Já para a comparação entre animais de AF x  
912 BF, a Inserção de ligamento anterior do úbere foi maior para AF (24,5cm x 4,0)



913 cm e a altura de posterior (2,04 x 1,16;  $P < 0,0001$ ). E ainda, para o grupamento  
914 AF x BF, a altura do posterior em cm (5,75cm x 3,0;  $P < 0,003$ ), escore da  
915 largura de inserção do posterior (5,62 x 3,42;  $P < 0,012$ ) e escore de ligamento  
916 central (5,37 x 3,85;  $P < 0,037$ ) (Tabela 9), respectivamente. Na comparação  
917 entre animais APAF x BPBF, a inserção do ligamento anterior foi maior para  
918 APAF (5,5) quando comparados a BPBF (3,16) ( $P < 0,026$ ) (Tabela 9).

Tabela 7 – Comparação das características de produção de leite e grupos divergentes de vacas Girolando para produção de leite e fluxo de leite aos 2 minutos de ordenha (PLFL2), produção de leite (PL) ou fluxo médio de leite (FM)

Variável	Grupos e métodos											
	PL Grupo <sup>1</sup>				FM Grupo <sup>2</sup>				PLFL2 Grupo <sup>3</sup>			
	AP	BP	erro	Valor de P	AF	BF	SEM	Valor de P	APAF	BPBF	SEM	Valor de P
N	8	7	-	-	8	7	-	-	6	6	-	-
Produção de leite (kg/d)	19,28	9,505	0,520	<0,001	17.13	10.88	1.202	0,004	18.09	9.73	0.84	<0,001
Pico fluxo de leite (2 min)	1,81	1,54	0,17	0,298	1.027	0.52	0.025	<0,001	1.96	1.26	0.01	0,005
Fluxo médio de leite	0,90	0,65	0,068	0,030	19.75	7.57	2.49	-	1.03	0.59	0.05	<0,001
Tempo de ordenha (min)	13,29	13,25	0,151	0,847	13.39	13.20	0.132	0,345	13.23	13.16	0.186	0,81
Produção de leite (2 min)	3,45	2,47	0,418	0,131	3.99	1.83	0.303	0,0003	4.30	1.83	0.276	<0,001
Produção de leite (2 prop)	0,179	0,252	0,027	0,089	0.24	0.17	0.028	0,117	0.24	0.18	0.018	0,078

Fonte: Dados de pesquisa.

Legenda: PLFL2: Produção de leite e fluxo de leite aos 2 minutos de ordenha; PL: Produção de leite; FM: Fluxo médio de leite; APAF: Alta produção alto fluxo; BPBF: Baixa produção baixo fluxo; AP: Alta produção; BP: Baixa produção; AF: Alto fluxo; BF: Baixo fluxo.

Tabela 8 – Comparação das características ultrassonográficas de tetos de grupos divergentes de vacas Girolando

Variável	Grupo e métodos											
	PL Grupo 1				FL Grupo 2				PLFL2 Grupo 3			
	AP	BP	SEM	Valor de P	AF	BF	SEM	Valor de P	APAF	BPBF	SEM	Valor de P
N	8	7	-	-	8	7	-	-	6	6	-	-
Comprimento do teto (cm)	4,90	4,62	0,238	0,505	5,24	5,95	0,39	0,197	5,38	5,23	0,38	0,812
Comp. Canal do teto (cm)	1,62	1,62	0,05	0,967	1,52	1,79	0,087	0,038	1,67	1,57	0,099	0,432
Diâmetro da cisterna do teto (cm)	2,37	2,23	0,043	0,011	2,33	2,24	0,060	0,272	2,37	2,21	0,031	0,002
Espessura parede teto (cm)	0,74	0,75	0,021	0,770	0,70	0,76	0,027	0,235	0,75	0,76	0,041	0,869
Diâmetro do canal teto (cm)	1,29	1,25	0,048	0,339	1,32	1,26	0,067	0,516	1,22	1,31	0,095	0,480
Diâmetro da parede teto (cm)	1,92	1,86	0,04	0,355	1,83	1,82	0,033	0,957	1,83	1,83	0,039	0,940

Fonte: Dados de pesquisa.

Legenda: PLFL2: Produção de leite e fluxo de leite aos 2 minutos de ordenha; PL: Produção de leite; FM: Fluxo médio de leite; APAF: Alta produção alto fluxo; BPBF: Baixa produção baixo fluxo; AP: Alta produção; BP: Baixa produção; AF: Alto fluxo; BF: Baixo fluxo.

919

920

921

922

923

Tabela 9 – Comparação das características de morfologia de aparelho mamário de grupos divergentes de vacas Girolando

Variável	Produção				Fluxo				Produção Fluxo (2Min)			
	Grupo <sup>1</sup>				Grupo <sup>2</sup>				Grupo <sup>3</sup>			
	AP	BP	SEM	Valor de P	AF	BF	SEM	Valor de P	APAF	BFBF	SEM	Valor de P
N	8	7	-	-	8	7	-	-	6	6	-	-
Comprimento do teto, (cm)	4,90	4,62	0,238	0,505	5,24	5,95	0,39	0,197	5,38	5,23	0,38	0,812
Inserção de anterior	3,87	3,14	0,586	0,409	24,5	4,0	0,82	<,0001	5,50	3,16	0,636	,026
Altura de posterior	4,87	3,71	0,557	0,178	2,04	1,16	0,10	<,0001	5,33	4,00	0,623	0,161
Altura do posterior (cm)	19,87	20,85	0,78	0,406	5,75	3,00	0,53	0,003	19,66	20,16	0,877	0,695
Larg. Inserção do posterior N	4,5	3,28	0,587	0,178	5,62	3,42	0,51	0,012	4,83	3,83	0,679	0,322
Larg. Inserção do posterior (cm)	19,5	18	1,692	0,555	19,62	21,71	1,12	0,226	17,83	18,66	2,288	0,802
Profundidade do úbere	4,25	3,42	0,4924	0,275	5,12	3,85	0,62	0,184	4,83	3,83	0,572	0,245
Profundidade do úbere em (cm)	7,12	8,85	0,9987	0,257	19,37	17,42	1,74	0,459	8,58	8,50	1,424	0,967
Ligamento central	4	3,4	0,477	0,428	5,37	3,85	0,44	0,037	4,66	4,00	0,674	0,500
Colocação de tetos posteriores	5,5	4,7	0,385	0,186	4,25	3,28	0,44	0,166	5,16	5,33	0,485	0,813
Comprim. Tetos anteriores (cm)	4,62	4,28	0,715	0,751	5,00	3,85	0,56	0,182	5,16	4,00	0,589	0,191
Comprim. Tetos posteriores (cm)	4,75	4,71	0,4035	0,952	5,00	3,71	0,45	0,07	4,5	5,0	0,39	0,3951
Textura de úbere	4,25	3,71	0,426	0,4065	4,87	5,42	0,35	0,297	4,5	4,5	0,500	1,00
Condição de esfíncter	2,62	2,42	0,231	0,572	2,50	2,71	0,27	0,593	2,5	2,33	0,283	0,686
Formato da ponta do teto	2,12	2,28	0,344	0,754	2,12	2,42	0,34	0,561	2,16	2,16	0,401	1,00

Fonte: Dados de pesquisa. Legenda: PLFL2: Produção de leite e fluxo de leite aos 2 minutos de ordenha; PL: Produção de leite; FM: Fluxo médio de leite; APAF: Alta produção alto fluxo; BPBF: Baixa produção baixo fluxo; AP: Alta produção; BP: Baixa produção; AF: Alto fluxo; BF: Baixo fluxo.

#### 4.5 Discussão

O principal objetivo com o presente estudo foi identificar peculiaridades de ordenabilidade de vacas Girolando, associadas às características produtivas e fenotípicas, acrescentando informações à literatura existente e contribuindo para o processo de melhoramento dos animais da raça. O trabalho demonstra o quanto as características de produção influenciam na ordenabilidade e como essa impacta a produção dos animais, considerando principalmente o maior tempo de ordenha apresentado por animais F1 obtidos de cruzamento com a raça Holandês (BLÖTTNER et al., 2011).

Os resultados apresentados para AP e APAF (Tabela 7) sugerem que a influência de produção e fluxo médio de AP e, exclusivamente, do volume de leite produzido, podem estar presentes em animais AP com características de baixo fluxo e maior tempo de ordenha, esse maior volume e cisterna pode ser consequência do leite armazenado, já que no momento da coleta o úbere estava repleto de leite e ainda da pressão intra mamária provocada por esse, a pressão intra mamária pode alterar as estruturas do teto e até interferir na redução do comprimento do canal (GRINDAL et al., 1991).

A produção e pico de produção aos dois minutos associados à produção total e fluxo médio observados em AF e APAF indicam que esses animais apresentam maior eficiência de ordenha. As características fenotípicas de glândula observadas para AF (Tabela 8) corroboram com os achados de Wieland et al. (2016) para o maior fluxo de leite e menor comprimento de canal de vacas Holandês com pontas de tetos plana, assim, as características de ordenabilidade observadas em AF e AP x AF reforçam o potencial das características fenotípicas para inserção nos programas de melhoramento em eficiência de ordenha.

O grupamento AF foi influenciado por várias características de produção, ultrassonográficas e de conformação, destas, as características conformacionais ou de tipo leiteiro foram as de maior impacto, já que o melhoramento realizado ao longo dos anos e a herança genética (MISZTAL et al., 1992) advinda, principalmente da raça holandês, proporcionou melhor conformação e estrutura geral da glândula mamária de AF, refletindo em menor comprimento de canal de teto e na melhoria do fluxo de ordenha (Tabela 8).

Além de todo o aspecto fenotípico do animal, a produção de leite se não associada à conformação da glândula mamária pode impactar na redução de até 15% na resposta produtiva (MISZTAL et al., 1992). Características morfológicas da glândula observadas em AF (Tabela 9) podem proporcionar uma estrutura de úbere mais alta, com menor exposição a danos mecânicos e micro-organismos causadores de mastite e ainda longevidade produtiva conforme relatado para vacas Holandesas (MILES et al., 2019; SEYKORA & Mc DANIEL, 1985).

No grupo AP o diâmetro da cisterna do teto (Tabela 8) foi a característica de maior expressividade. As melhorias na produtividade desses animais ao longo do tempo devem ter associação com maior volume de células produtoras de leite, ductos lactíferos e cisternas da glândula e do teto proporcionado pelas heranças genéticas de tipo (MISZTAL et al., 1992). Vacas de alta produção podem apresentar estruturas de teto com maior volume sendo esses provocados por pressões intra mamária e maior tempo de exposição à ordenhadeira (ODORCIC et al., 2019), o que pode ser caracterizado em animais AP com fluxo reduzido.

A cisterna do teto de AP por sua vez deve facilitar o trabalho da ordenhadeira e juntamente com o menor comprimento do canal de AF (Tabela 8) melhorar a ordenhabilidade dos animais, já que a pré estimulação e a regulação de vácuo a 42Kpa não foram capazes de alterar os níveis de ocitocina circulante, nem tão pouco o fluxo de leite de vacas da raça Holandês (NEUHEUSER et al., 2018), já o intervalo entre ordenhas pode influenciar no fluxo de leite melhorando a ordenhabilidade (HOGVEEN et al., 2001), definindo a importância da associação entre produção e fluxo aos dois minutos, verificada em ApxAF e as características ultrassonográficas dos tetos para caracterização de animais de melhor ordenhabilidade..

Em APAF o diâmetro da cisterna e inserção de ligamento anterior foram as únicas características ultrassonográfica (Tabela 8) e de conformação (Tabela 9) a influenciar no grupo. Essas devem ser características tipicamente encontradas em animais de alta produção, que associadas ou não a fatores hormonais (BRISTOW & HOMES, 2007) ou estruturais envolvidas na produção e liberação do leite, justificam maior produção e pico de produção aos dois minutos, produção total e fluxo médio.

Apesar da baixa herdabilidade da maioria das características avaliadas são promissoras, já que, possíveis alterações na produção total de leite podem ocorrer em animais mestiços de raças indianas, não afetando, porém, produção aos dois minutos, pico de fluxo e fluxo médio (FAHIN et al., 2019). A rusticidade dos animais e pode interferir na produção de leite, que apresenta relação positiva com o volume do úbere (0,42) e negativa com a conformação (-0,14) (SARTORI et al., 2018).

As raças europeias vêm sendo melhoradas há mais de 150 anos, já o programa de melhoramento do Gir leiteiro tem pouco mais de 30 anos, portanto, muitas características de baixa herdabilidade presentes nos animais mestiços Girolando precisam ser trabalhadas. A produção e o fluxo de leite e a associação entre esses podem impactar na capacidade produtiva desses animais que, com uma estrutura mamária bem definida, poderá ter maior longevidade e adaptabilidade aos conjuntos de ordenha robotizada.

#### **4.6 Conclusão**

As características de produção de leite em Kg/dia, fluxo médio de leite e diâmetro da cisterna do teto são promissoras para a identificação de animais mais produtivos. As características que apresentam relação com maior fluxo de leite são: produção em Kg/dia, pico de fluxo e produção aos 2 dois minutos, fluxo médio, comprimento do canal do teto, escore de ligamento central, escore da largura e altura de inserção de posterior e inserção de ligamento anterior do úbere. Animais APAF apresentam maior PL, FM, produção e fluxo aos dois minutos, diâmetro da cisterna do teto e inserção de ligamento anterior. Essas características apresentam potencial para serem incorporadas ao programa de melhoramento.

## REFERÊNCIAS

Alvarez, F. J.; Saucedo, G.; Arriaga, A.; Preston, T. R. Effect on milk production and calf performance of milking cross bred European/Zebu cattle in the absence or presence of the calf, and of rearing their calves artificially. **Tropical Animal Production**, v. 5, n. 1, p. 25-37. 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE GIROLANDO (ABCG). Produção de leite no Brasil e participação da genética Girolando com ênfase em reprodução. Disponível em: <<http://www.girolando.com.br/index.php?paginasSite/tecnico,39>> Acesso em 09/01/2020.

AYADI, M.; CAJA, G.; SUCH, X.; KNIGHT, C. H. Use of ultrasonography to estimate cistern size and milk storage at different milking intervals in the udder of dairy cows. **Journal of Dairy Research**, v. 70, n. 1, p. 1-7. 2003.

BERRY, D. P.; COYNE, J.; COUGHLAN, B.; BURKE, M.; MCCHARTHY, J.; ENRIGHT, B.; CROMIE, A. R.; MCPARLAND, S. Genetics of milking characteristics in dairy cows. **Animal**, v.7, n. 11, p. 1750-1758. 2013.

BLÖTTNER, S.; HEINS, B. J.; WENSCH-DORENDORF, M.; HANSEN, L. B.; SWALVE, H. H. A comparison between purebred Holstein and Brown Swissx Holstein cows for milk production, somatic cell score, milking speed, and udder measurements in the first 3 lactations. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 10, p. 5212-5216. 2011.

BRISTOW, D. J.; HOLMES, D. S. Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. **Physiology & Behavior**, v. 90, n. 4, p. 626-628, 2007.

DALCIN, V. C.; FISCHER, V.; DALTRO, D. D. S.; ALFONZO, E. P. M.; STUMPF, M. T.; KOLLING, G. J.; SILVA, M. V. G. B.; MCMANUS, C. Physiological parameters for thermal stress in dairycattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 458-465. 2016.

FAHIM, A.; KAMBOJ, M. L.; SIROHI, A. S.; BHAKAT, M.; MOHANTY, T. K. Effect of automatic cluster remover settings on milkability, milk quality and milking irregularities of crossbred cows. **Journal of Dairy Research**, v. 86, n. 2, p. 196-200. 2019.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QL/visualize>> Acesso em: 04/02/2020.

GRAY, K. A.; VACIRCA, F.; BAGNATO, A.; SAMORÉ, A. B.; ROSSONI, A.; MALTECCA, C. Genetic evaluations for measures of the milk-flow curve in the Italian Brown Swiss population. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 2, p. 960-970. 2011.



GRINDAL, R. J.; WALTON, A. W.; HILLERTON, J. E. Influence of milk flow rate and streak canal length on new intramammary infection in dairy cows. **Journal of Dairy Research**, v. 58, n. 4, p. 383-388. 1991.

HOGVEEN, H.; OUWELTJES, W. C. J. A. M.; DE KONING, C. J. A. M.; STELWAGEN, K. Intervalo de ordenha, produção de leite e vazão de leite em um sistema de ordenha automática. **Ciência Da Produção Animal**, v. 72, n. 1-2, p. 157-167. 2001.

MADALENA, F. E., MARTINEZ, M. L., & FREITAS, A. D. Lactation curves of holstein-friesian and holstein-friesian x Gir cows. **Animal Science**, v. 29, n. 1, p. 101-107, 1979.

MARÇAL-PEDROZA, M. G.; CAMPOS, M. M.; PEREIRA, L. G. R.; MACHADO, F. S.; TOMICH, T. R.; DA COSTA, M. J. P.; SANT'ANNA, A. C. Consistency of temperament traits and their relationships with milk yield in lactating primiparous F1 Holstein-Gyr cows. **Applied Animal Behaviour Science**, n. 104881, 2019.

MILES, A. M.; MCART, J. A.; YEPES, F. A. L.; STAMBUK, C. R.; VIRKLER, P. D.; HUSON, H. J. Udder and teat conformational risk factors for elevated somatic cell count and clinical mastitis in New York Holsteins. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 163, p. 7-13, 2019.

MIŠEIKIENĖ, R.; TUŠAS, S.; MATUSEVIČIUS, P.; KERZIENĖ, S. Milk parameters, depending on the fourth udder and the number of lactating dairy cows. **Mljekarstvo: magazine for milk production and processing improvement**, v. 69, n. 2, p. 108-115. 2019.

MISZTAL, I., LAWLOR, T. J., SHORT, T. H., & VANRADEN, P. M. Multiple-Trait Estimation of Variance Components of Yield and Type Traits Using an Animal Model. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 2, p. 544-551. 1992.

NEUHEUSER, A. L.; SCHWINN, A. C.; WELLNITZ, O.; HERNÁNDEZ-CASTELLANO, L. E.; & BRUCKMAIER, R. M. Reduced claw vacuum and b-phase during low milk flow does not impact oxytocin release and milking performance. **Journal of Dairy Research**, v. 85, n. 1, p. 70-77. 2018.

ODORCIC, M.; BLAU, U.; LÖFSTRAND, J.; BRUCKMAIER, R. M.,. Teat wall diameter and teat tissue thickness in dairy cows are affected by intramammary pressure and by the mechanical forces of machine milking. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 1, p. 884-889, jan. 2020.

POPPE, M.; MULDER, H. A.; DUCRO, B. J.; JONG, G. Análise genética de características de conformação do úbere derivadas do registro automático do sistema de ordenha em vacas leiteiras. **Jornal de Ciência do Leite**, v. 102 n. 2, p. 1386-1396. 2019.

RASHAMOL, V. P.; SEJIAN, V.; BAGATH, M.; KRISHNAN, G.; ARCHANA, P. R.; BHATTA, R. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated

review. **Journal of Animal Behavior and Biometeorology**, v. 6, p. 62-71. 2018.

RUPP, R.; BOICHARD, D. Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits, and milking ease in first lactation Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 10, p. 2198-2204. 1999.

SARTORI, C.; GUZZO, N.; MAZZA, S.; MANTOVANI, R. Genetic correlations between milk production, morphology, performance test characteristics and somatic cells in the dual-purpose Rendenabreed. **Animal**, v. 12, n. 5, p. 906-914. 2018.

SHORTALL, J; FOLEY, C; SLEATOR, R. D; O'BRIEN, B. The effect of dairy cow breed on milk production, cow traffic and milking characteristics in a pasture-based automatic milking system. **Livestock Science**, v. 209, p. 1-7. 2018.

WALSH, S.; BUCKLEY, F.; BERRY, D. P.; RATH, M.; PIERCE, K.; BYRNE, N.; DILLON, P. Effects of breed, feeding system, and parity on udder health and milking characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 12, p. 5767-5779. 2007.

WEISS, D.; WEINFURTNER, M.; BRUCKMAIER, R. M. Teat anatomy and its relationship with quarter and udder milk flow characteristics in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 10, p. 3280-3289. 2004.

WIELAND, M.; NYDAM, D. V.; VIRKLER, P. D. A longitudinal field study investigating the association between teat-end shape and two minute milk yield, milking unit-on time, and time in low flow rate. **Livestock Science**, v. 205, p. 88-97. 2017.

ZANELA, M. B.; FISCHER, V.; RIBEIRO, M. E. R.; STUMPF JUNIOR, W.; ZANELA, C.; MARQUES L. T.; MARTINS P. R. G. Milk quality in production systems in the southern region of Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.153-159. 2006.

**5 RELAÇÃO TERMOGRÁFICA ENTRE AS TEMPERATURAS DA VULVA E  
OLHO COM CICLO ESTRAL DE NOVILHAS GIROLANDO**

## **RELAÇÃO TERMOGRÁFICA ENTRE AS TEMPERATURAS DA VULVA E OLHO COM CICLO ESTRAL DE NOVILHAS GIROLANDO**

### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi identificar a ocorrência de estro em vacas Girolando f1, com a utilização de imagens termográficas do olho e da vulva. O estudo foi conduzido no complexo multiusuário da EMBRAPA gado de leite, Coronel Pacheco MG. Foram utilizadas 30 novilhas não lactantes mantidas a pasto com suplementação. Os animais tinham idades entre 30 e 36 meses e peso médio de 330 kg, os mesmos passaram por 20 dias de adaptação e as imagens termográficas foram coletadas ao longo de 21 dias até que os animais apresentassem estro. Os dados foram submetidos à análise de covariância considerando as temperaturas máxima, mínima e média do olho e da vulva, ao longo dos 21 dias do ciclo estral. Não foram observadas variações nas temperaturas do olho e vulva em função dos dias do ciclo estral. A termografia de olho e vulva não é uma boa ferramenta para se avaliar ciclo estral em vacas Girolando a campo.

**Palavras chave:** Reprodução. Conforto térmico. Ovulação.

## 5.1 Introdução

A termografia por infravermelho é uma técnica não invasiva que tem ganhado espaço na avaliação da condição térmica e suas associações com aspectos reprodutivos. Em touros tem sido uma boa ferramenta para se avaliar condição reprodutiva através das temperaturas oculares e escrotais (MENEGASSI et al., 2016). Na identificação de características espermáticas de touros de diferentes composições raciais mantidos em conforto térmico (TEIXEIRA et al., 2019). A detecção precoce de condições adaptadas a situações de estresse térmico e à expressão de características reprodutivas desejáveis em machos de corte devem ser amplamente explorados através da TI.

A associação entre estro e temperatura do pavilhão auricular com utilização de termômetro de contato foi identificada por Randi et al. (2018). Apesar das pequenas variações encontradas e do período específico, essas devem ser investigadas através da TI, que por apresentar sensibilidade e precisão nas variações térmicas pode se tornar uma técnica eficiente na identificação da condição reprodutiva ou a ausência desta.

O mapeamento remoto de regiões anatômicas de fácil captura fotográfica, como região da cabeça de vacas leiteiras, pode ser explorado e avaliado, já que maiores temperaturas da vulva, área orbital e focinho estão associadas ao período de estro (RUEDIGER et al., 2018). A padronização da idade dos animais, raça, condição produtiva e ambiental deve contribuir para a eficácia da utilização da TI nos rebanhos leiteiros criados em regiões tropicais.

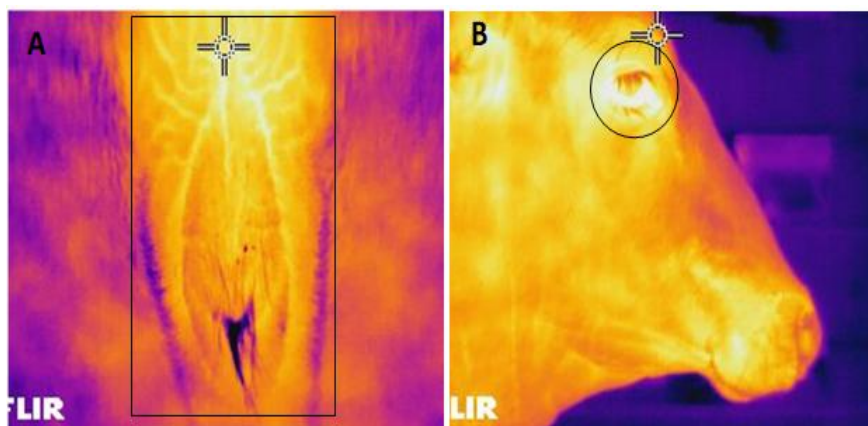
## 5.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no Complexo Multiusuário de Bioeficiência e Sustentabilidade Pecuária, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), localizada em Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil. Os procedimentos experimentais envolvendo animais foram aprovados pelo comitê de ética e uso de animais leiteiros da EMBRAPA gado de leite, Juiz de Fora, MG, Brasil (protocolo nº 9264220317). De acordo com os princípios éticos da experimentação animal.

Foram utilizadas 33 novilhas girolando F1, não gestantes, que após serem pesadas, vermifugados e domadas, foram mantidas em pastejo

rotacionado por um período de 55 dias onde se realizou as imagens termográficas sob a proteção de um sombrite 30%, para evitar a incidência direta do sol sobre as regiões anatômicas em estudo. No momento da coleta, dois componentes da equipe faziam a contenção dos animais e um terceiro a captura das imagens do olho e da região de vulva (Figura 10).

Figura 10 – Imagem termográfica de vulva e olho de novilha girolando F1 para avaliação de ralação das temperaturas obtidas, com o ciclo estral



Fonte: Arquivo pessoal.

Nota: Imagem térmica da vulva (A), Imagem térmica de olho (B).

Os animais foram identificados através de brincos numerados com 4 algarismos, sendo os mesmos colocados na orelha esquerda individualmente. Cada animal foi fotografado até que fosse fechado um ciclo estral, o que na maioria dos animais ocorreu após o vigésimo primeiro dia. As imagens foram realizadas no período da tarde, entre às 13h e 16h.

Os animais foram suplementados com sal comercial composto por 22% de proteína, mantidos em pastagem de capim *Brachiaria*. A água foi fornecida através de cochos plásticos com reposição automática, de forma a manter o volume e a temperatura da mesma dentro do ideal para o consumo.

As imagens foram obtidas com câmera para imagem térmica infravermelho (FLIR T420, FLIR Systems Inc., Wilsonville, OR, BRAZIL). As imagens foram obtidas com a aproximadamente 50 cm entre o equipamento e a as regiões alvo, adaptado de Salles et al. (2016). Os arquivos contendo os termogramas foram processados e interpretados usando o software FLIR Tools 5.6 (FLIR Systems, Wilsonville, OR, USA) conforme figura 10.

Os termogramas de olho e vulva de cada animal foram submetidos à análise estatística, comparando as temperaturas térmicas em função dos dias do ciclo.

### 5.3 Resultados

O ITU e as temperatura máxima mínima e media identificados através dos termogramas estão expostos na tabela 10.

Tabela 10 – Índice de temperatura e umidade e temperaturas de olho e vulva de novilhas girolando F1

ITU	OLHO Máx.	OLHO Méd.	OLHO Mín.	VULVA Máx.	VULVA Méd.	VULVA Mín.
55,6	36,7	34,6	31,3	37,1	36,2	34,6

Fonte: Dados de pesquisa.

A pele do olho e da vulva não apresentaram variações termográficas capazes de identificar mudanças nas temperaturas dessas regiões anatômicas em função dos dias do ciclo estral, os valores de TI identificados em 7 dias do ciclo estão descritos na (Tabela 11).

Tabela 11 – Índice de temperatura e umidade e termogramas de olho e vulva de novilhas Girolando F1 criadas a pasto em função dos dias do ciclo estral

Dia/ estro	OLHma x	OLHme d	OLHmi n	Vumax	Vumed	Vumin	P
0	36,5	34,2	30,7	37,0	36,0	34,6	>0,05
-1	36,3	34,0	30,3	36,7	35,7	33,9	>0,05
-2	36,4	34,3	30,7	36,8	35,7	33,7	>0,05
-3	36,3	34,1	30,6	36,6	35,7	34,1	>0,05
-4	36,4	34,4	30,1	36,7	35,7	34,1	>0,05
-5	36,9	34,6	31,4	36,9	36,0	34,4	>0,05
-6	36,6	34,4	30,9	37,0	35,9	34,1	>0,05
-7	36,4	34,3	30,6	36,8	35,9	34,1	>0,05

Fonte: Dados de pesquisa.

Legenda: OLHmax: Temperatura máxima do olho; OLHmed: Temperatura média do olho; OLHmin: Temperatura mínima do olho; Vumax: Temperatura máxima do olho; Vumed: Temperatura média da vulva; Vumin: Temperatura mínima da vulva.

### 5.4 Discussão

De acordo com Suthar et al. (2012), em condição de conforto térmico, as variações de temperatura são pequenas e, possivelmente, relacionadas às

modificações hormonais em função da fase reprodutiva dos animais, a exemplo das temperaturas de vagina que, embora variem de acordo com os níveis de progesterona, essas não são detectáveis na superfície da pele. Dessa forma, as poucas variações observadas nas temperaturas de olho e vulva dos animais no presente estudo podem estar relacionadas a pouca idade dos mesmos e ao pico dos hormônios reprodutivos, uma vez que nos estudos de Radigonda et al. (2017), através da termografia foi possível a identificação de variações de temperatura na vulva de vacas Braford, sendo essas associadas com presença e ausência de atividade ovariana.

A relação entre a estação do ano e a fase reprodutiva também é um fator que pode influenciar nos termogramas de pele, sendo esses fatores observados em vacas Holandesas primíparas (DEAK et al., 2019). Considerando que os animais do presente estudo foram mantidos a pasto e sob interferência solar, as novilhas mestiças girolando podem ter apresentado pequenas elevações nas temperaturas de olho e vulva em dias específicos do ciclo estral, a detecção destas através da TI podem ter sido inibidas. A condição de manejo a pasto talvez seja um dos pontos limitantes para a obtenção de resultados termográficos, que acompanhem a condição de variações no ciclo estral, pois as variações de temperatura podem ser pequenas e estarem concentradas em alguns momentos específicos do ciclo, carecendo de maior sensibilidade da termografia e maior controle das condições ambientais.

A composição racial dos animais estudados também deve ser considerada ao analisar os termogramas, uma vez que a referida composição tem maior facilidade de dissipar o calor e manter a homeostase corporal (MADALENA et al., 1979), interferindo diretamente na capacidade de detecção através do aparelho de termografia.

Tendo como base os estudos de Talukder et al. (2015) e Radigonda et al. (2017), observa-se que variações de temperatura na vulva de vacas em diferentes períodos reprodutivos são factíveis de serem identificadas através da TI, indicando que a TI apresenta potencial em auxiliar na identificação de condição de ciclo estral. Embora não tenham sido observadas diferenças no nosso estudo, o aprimoramento da técnica assim como mudanças nas



condições de manejo talvez possa produzir resultados mais promissores e aplicáveis às novilhas mestiças girolandas F1.

### **5.5 Conclusão**

As alterações fisiológicas causadas pelo ciclo estral não causaram alterações perceptíveis por termografia infravermelha na vulva e olho de novilhas leiteiras girolando F1.

## REFERÊNCIAS

- DEAK, F. L. G. B.; CHACUR, M. G. M.; SOUZA, C. D. D.; ANDRADE, I. B.; CORNACINI, G. F.; GARCIA, A. R.; GABRIEL FILHO, L. R. A. Effects of physiological stage and season on infrared thermograms of different body areas of dairy cows raised under tropical conditions. **Animal Reproduction**, v. 16, n. 2, p. 311-316. 2019.
- MADALENA, F. E., MARTINEZ, M. L., & FREITAS, A. D. Lactation curves of holstein-friesian and holstein-friesian x Gir cows. **Animal Science**, v. 29, n. 1, p. 101-107. 1979.
- MENEGASSI, S. R. O.; PEREIRA, G. R.; DIAS, E. A.; KOETZ, C.; LOPES, F. G.; BREMM, C.; BARCELLOS, J. O. J. The uses of infrared thermography to evaluate the effects of climatic variables in bull's reproduction. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 1, p. 151-157. 2016.
- RADIGONDA, V. L.; PEREIRA, G. R.; FAVARO, P. C.; JÚNIOR, F. A. B.; BORGES, M. H. F.; GALDIOLI, V. H. G.; JÚNIOR, C. K. Relação termográfica infravermelha entre a temperatura da pele vulvar, atividade ovariana e taxas de prenhez em vacas Braford. **Saúde e Produção Animal Tropical**, v. 49, n.8, p. 1787-1791. 2017.
- RANDI, F.; MCDONALD, M.; DUFFY, P.; KELLY, A. K.; LONERGAN, P. The relationship between external auditory canal temperature and onset of estrus and ovulation in beef heifers. **Theriogenology**, v. 110, p. 175-181. 2018.
- RUEDIGER, F. R.; YAMADA, P. H.; BARBOSA, L. G. B.; CHACUR, M. G. M.; FERREIRA, J. C. P.; DE CARVALHO, N. A. T.; OBA, E. Effect of estrous cycle phase on vulvar, orbital area and muzzle surface temperatures as determined using digital infrared thermography in buffalo. **Animal Reproduction Science**, v. 197, p. 154-161, 2018.
- SALLES, M. S. V.; DA SILVA, S. C.; SALLES, F. A.; ROMA JR., L. C.; EL FARO, L.; MAC LEAN, P. A. B.; OLIVEIRA, C.E. L.; MARTELLO, L. S. Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**. v.62, p.63-69. 2016.
- SUTHAR, V. S.; BURFEIND, O.; BONK, S.; DHAMI, A. J.; HEUWIESER, W. Endogenous and exogenous progesterone influence body temperature in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 5, p. 2381-2389. 2012.
- TALUKDER, S.; GABAI, G.; CELI, P. The use of digital infrared thermography and measurement of oxidative stress biomarkers as tools to diagnose foot lesions in sheep. **Small Ruminant Research**, v. 127, p. 80-85, 2015.
- TEIXEIRA, V. A.; COELHO, S. G.; TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. P. P.; CAMPOS, M. M.; MACHADO, F. S.; PEREIRA, L. G. Reproductive

characteristics of bulls from two breed compositions and their correlations with infraed thermography. **Journal of Thermal Biology**, v. 85, 102407. 2019.