



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

Dissertação

Influência do ambiente térmico na taxa de gestação - Um estudo de caso na Ilha Terceira nos Açores

José Fernando Alves Areias

Orientador(es) | Rita Payan-Carreira
Mário Jorge Fontes da Silveira
Sérgio Bartolomeu Alves Pereira

Évora 2024



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

Dissertação

Influência do ambiente térmico na taxa de gestação - Um estudo de caso na Ilha Terceira nos Açores

José Fernando Alves Areias

Orientador(es) | Rita Payan-Carreira
Mário Jorge Fontes da Silveira
Sérgio Bartolomeu Alves Pereira

Évora 2024



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Ricardo Jorge Romão (Universidade de Évora)

Vogais | A. M. F. Pereira (Universidade de Évora) (Arguente)
Rita Payan-Carreira (Universidade de Évora) (Orientador)

Agradecimentos

O meu agradecimento à minha orientadora de curso Dra. Rita Payan pela orientação, ajuda e disponibilidade nas respostas às dúvidas que me foram surgindo ao longo do trabalho.

O meu eterno agradecimento ao Dr. Mário Silveira, por todos os ensinamentos teóricos e práticos que me transmitiu, por todas as lições de vida e apoio que ainda me tem dado.

Um enorme obrigado ao Dr. Sérgio Pereira, por me ter disponibilizado estágio curricular, casa, carrinha, almoços e jantares maravilhosos, medicações, equipamentos, contactos, autonomia... Por todos os seus ensinamentos, sua sinceridade e vontade de receber estagiários.

O meu obrigado ao Dr. Celso Koetz pelos seus vastos ensinamentos, pela sua amizade e motivação na minha dissertação.

Um agradecimento ao Guilherme/Dr. De Sousa pelo seu companheirismo, enorme ajuda e desabafos.

Obrigado à Dra. Patrícia Favaro pelos seus ensinamentos acerca da embriologia e à restante equipa da Azores Veterinary Practice.

O meu obrigado ao Dr. Pedro Meireles, por me ter aceite como estagiário e me ter ajudado.

Aos meus grandes amigos da Terceira: Rodrigo, Pedro, André e Henrique. O meu obrigado pela vossa amizade, gaitadas e enriquecidas.

Aos meus grandes amigos e colegas de casa do Continente: Cláudio e João. Obrigado pelo vosso apoio, brincadeiras, e enorme ajuda no decorrer do curso.

Um agradecimento muito especial à minha namorada, Rita, pessoa muito especial que ficará sempre no meu coração, por todo o amor incondicional que me tem dado, e pela sua enorme paciência à minha existência.

Por fim, e o maior agradecimento de todos vai para os meus pais, os meus melhores amigos, que sempre, sempre me apoiaram em todas as vertentes, sejam elas financeiras ou emocionais.

Resumo

Neste trabalho, avaliou-se a interação entre o índice de temperatura e humidade (ITH; indicador bioclimático), com a taxa de gestação, um parâmetro reprodutivo importante para avaliar a fertilidade de uma exploração leiteira. O período em estudo decorreu em 2023, numa exploração com vacas Holstein-Frísia, na ilha Terceira, com o objetivo de analisar o efeito do stresse térmico (ST) através da comparação entre a taxa de gestação obtida em inseminações realizadas nos meses quentes e frios, e também analisar se um diagnóstico de gestação negativo nos meses mais quentes de 2023 estaria associado à existência de valores de ITH elevados (ITH >72) no período correspondente à maturação final do oócito, fecundação e início da embriogénese até à fase de mórula. Neste trabalho, apesar de se ter identificado desconforto térmico no verão (9,3% ITH >72), este não afetou de forma significativa a taxa de gestação ($p > 0,05$).

Palavras-Chave: Índice de temperatura e humidade; Taxa de gestação; Stresse térmico; Reprodução; Bovinos.

Influence of the thermal environment on pregnancy rate - A case study on Terceira Island in the Azores

Abstract

This study analyzed the interaction between the temperature and humidity index (THI; bioclimatic indicator) and the pregnancy rate, an important reproductive parameter for assessing the fertility of a dairy farm. The study took place in 2023, on a farm with Holstein-Friesian cows on Terceira Island. It aims to analyze the effect of heat stress (ST) by comparing the pregnancy rate between the summer and winter months, and by evaluating whether the negative pregnancy diagnoses in the 2023 summer showed any association with the existence of high THI values (THI >72) at the time of final maturation of the oocyte, fertilization and the start of embryogenesis up to the morula stage. In this study, although thermal discomfort was identified in the summer (9,3% THI >72), this did not significantly affect the pregnancy rate ($p > 0.05$).

Keywords: Temperature and humidity index; Pregnancy rate; Heat stress; Reproduction; Cattle.

Índice Geral

Agradecimentos	I
Resumo.....	II
Abstract	III
Índice Geral	IV
Índice de Figuras.....	VI
Índice de Tabelas	VII
Lista de abreviaturas e acrónimos.....	VIII
I – Introdução	1
1. Termorregulação nos bovinos.....	1
2. Stresse Térmico	3
2.1. Quantificação do stresse térmico.....	4
2.2. Sensibilidade térmica nas vacas de elevada produção de leite.....	6
2.3. Consequências do stresse térmico	7
2.3.1. Impacto na qualidade do leite	7
2.3.2. Impacto nos vitelos	8
2.3.3. Impacto nas novilhas	9
2.3.4. Impacto nas vacas	9
2.3.4.1. Acidose metabólica	10
2.3.4.2. Stresse oxidativo	10
2.3.4.3. Toxémia	10
3. Consequências do stresse térmico na reprodução e fertilidade	11
3.1. Efeitos sobre o ciclo éstrico.....	11
3.2. Efeitos na maturação do Oócito.....	11
3.3. Efeitos na fecundação	12
3.4. Efeitos na embriogénese.....	13
3.5. Aquisição de termotolerância pelo embrião	13
4. Estratégias de mitigação ao stresse térmico	14
4.1. Gestão ambiental, técnicas e equipamentos	14
4.2. Nutrição.....	16
4.3. Melhoramento genético.....	16
4.4. Técnicas reprodutivas.....	17
4.4.1. Inseminação artificial em tempo fixo	17
4.4.2. Transferência de embriões.....	18

4.4.3. Suplementação hormonal	18
4.4.4. Aplicação de antioxidantes.....	18
II – Estudo.....	20
1. Objetivos	20
2. Descrição do local de estudo.....	20
3. Materiais e métodos	21
3.1. Local e dados meteorológicos.....	21
3.2. Exploração de estudo	23
3.3. Dados reprodutivos	23
3.4. Análise estatística.....	24
4. Resultados	24
5. Discussão	27
6. Conclusão	29
Bibliografia	30
Anexos	38

Índice de Figuras

Figura 1 Mecanismos de termorregulação nos bovinos.....	3
Figura 2 Valores de ITH que têm em conta a humidade relativa e a temperatura em graus Celcius	5
Figura 3 Temperaturas e precipitações médias na ilha Terceira.....	21
Figura 4 Sensor meteorológico usado no estudo.....	22
Figura 5 Localização via satélite dos sensores meteorológicos.....	22
Figura 6 Valores médios de ITH de cada mês de 2023.....	25
Figura 7 Correlação entre o ITH e a eficácia da IA	27

Índice de Tabelas

Tabela 1 Sensação térmica dos bovinos com base nos níveis de ITH	5
Tabela 2 Efeito da estação fria e quente nas variáveis meteorológicas e reprodutivas...	26
Tabela 3 Impacto dos grupos IA de DG positivo e negativo nas variáveis meteorológicas e reprodutivas	26

Lista de abreviaturas e acrónimos

ACTH - Hormona adrenocorticotrópica

ATP - Trifosfato de adenosina

°C - Graus Celcius

CCS - Contagem de células de somáticas

CL - Corpo lúteo

DEL - Dias em leite

DG - Diagnóstico de gestação

DNA - Ácido desoxirribonucleico

FSH - Hormona Folículo Estimulante

GnRH - Hormona Libertadora de Gonadotrofinas

HCG - Gonadotrofina coriónica humana

HLI - Índice de carga térmica em pastoreio

HR - Humidade relativa

IA - Inseminação artificial

IATF - Inseminação artificial a tempo fixo

IEP - Intervalo entre partos

IMS - Ingestão de matéria seca

ITH - Índice de temperatura e humidade

jan - janeiro

jul - julho

Lac - Lactações

LH - Hormona Luteinizante

LPS - Lipopolissacarídeo

mar – março

MHz - Megahertz

mRNA - Ácido ribonucleico mensageiro

RMF - Retenção de membranas fetais

ROS - Espécies reativas de oxigênio

Se - Selênio

set - setembro

ST - Stresse térmico

TE - Transferência de embriões

TG - Taxa de gestação

ZTN - Zona termoneutra

I – Introdução

A presente dissertação de mestrado surge no âmbito do Mestrado Integrado de Medicina Veterinária da Universidade de Évora, realizado em Clínica e Cirurgia de Espécies Pecuárias. Tendo sido redigida com base em dois estágios curriculares, ambos com duração aproximada de 2 meses e sob orientação, na Universidade de Évora, da professora Dra. Rita Payan Carreira.

O primeiro Estágio foi realizado na clínica veterinária *Azores Veterinary Practice*, com sede em Turlock, Califórnia, sob orientação do Dr. Sérgio Pereira, entre 21 de setembro e 24 de novembro de 2023. Este estágio incluiu, sobretudo, o acompanhamento reprodutivo de explorações de bovinos leiteiros, a realização de atividades laboratoriais e ações de profilaxia, acĺínica e cirurgia de ruminantes.

Foi-me facultado a oportunidade de aprimorar significativamente a perícia em palpação retal, aliada à utilização de um ecógrafo. Esse período, foi igualmente importante para melhorar o meu conhecimento das tecnologias reprodutivas usadas em bovinos de leite, assim como o seu manejo na região da Califórnia. Houve também a possibilidade de assistir e auxiliar em diversas cirurgias em ruminantes e suínos, sendo estas realizadas em ambiente hospitalar controlado, prática que vem sendo cada vez mais comum naquela região.

O segundo estágio decorreu na UNICOL — Cooperativa Agrícola, C.R.L., com sede na ilha Terceira, nos Açores, entre 2 de janeiro e 28 de fevereiro de 2024, sob a orientação do Dr. Mário Silveira. Neste estágio desenvolveram-se ações de profilaxia e sanidade animal, clínica e cirurgia de bovinos leiteiros em regime ambulatorio, e ainda o acompanhamento reprodutivo de explorações de bovinos. Aqui foi-me permitido melhorar significativamente a competência clínica, promovendo a reestruturação do meu pensamento e aquisição de conhecimento nesse domínio, além de outras competências pertinentes na área em questão.

1. Termorregulação nos bovinos

Os bovinos são seres homeotérmicos, caracterizados pela capacidade de manter um estado ótimo de saúde e eficiência produtiva dentro de um intervalo específico de condições térmicas. Esse intervalo, conhecido como zona termoneutra (ZTN), corresponde a condições ambientais onde a temperatura corporal constante é mantida com um gasto energético mínimo, apesar das variações da temperatura ambiental (Roland et al. 2016). Quando a temperatura ambiente desce abaixo do limite inferior, observa-se um aumento na taxa de produção de calor metabólico, a fim de preservar o equilíbrio térmico. Por outro lado, quando a temperatura ambiente ultrapassa o limite superior, o calor é dissipado por outros mecanismos, como a evaporação, por exemplo (Silanikove 2000).

Na periferia da ZNT existe um intervalo de temperatura ambiente no qual o equilíbrio térmico pode ser mantido, mantendo-se constante a temperatura corporal. No entanto, para alcançar este equilíbrio observa-se quer aumento da taxa metabólica em temperaturas baixas, quer perda de calor por evaporação em temperaturas elevadas, o que implica um maior consumo energético ou hídrico para a homeotermia. Nos extremos da ZNT, a capacidade de manter a homeotermia é menos exequível, apesar do aumento das atividades de regulação térmica; no entanto, a vida do organismo não se encontra imediatamente ameaçada, uma vez que as variações na temperatura corporal ainda não terão aumentado (Brown-Brandl 2018).

As interações térmicas entre o organismo e o meio ambiente circundante são um fenómeno complexo que surge da combinação de múltiplos mecanismos, nomeadamente radiação, convecção, condução e evaporação (Figura 1). A radiação refere-se à propagação de energia através de ondas eletromagnéticas. A convecção, por sua vez, consiste na transferência de calor resultante do movimento de massa das moléculas presentes nos fluidos, sejam estes líquidos ou gases, excluindo-se os sólidos. Já a condução corresponde à transferência de energia através de uma substância contínua, do ponto quente para o ponto frio, ocorrendo devido a colisões e à transferência de energia entre moléculas mais energéticas e moléculas menos energéticas. Por último, a evaporação é o processo de vaporização das moléculas presentes na superfície de um líquido, à medida que essas moléculas transitam do estado líquido para o estado gasoso (Mitchell et al. 2018). É importante salientar que o principal meio de regulação térmica, quando os bovinos se encontram fora da ZTN, ocorre através da evaporação, existindo uma capacidade relativamente limitada de controlar as perdas de calor por condução, convecção e radiação. Estas limitações resultam, em parte, da relação desfavorável entre a área superficial do corpo e o seu peso. Além disso, há ainda limitações associadas ao desenvolvimento reduzido das glândulas sudoríparas e à presença de uma pelagem curta e densa (Liu et al. 2019).

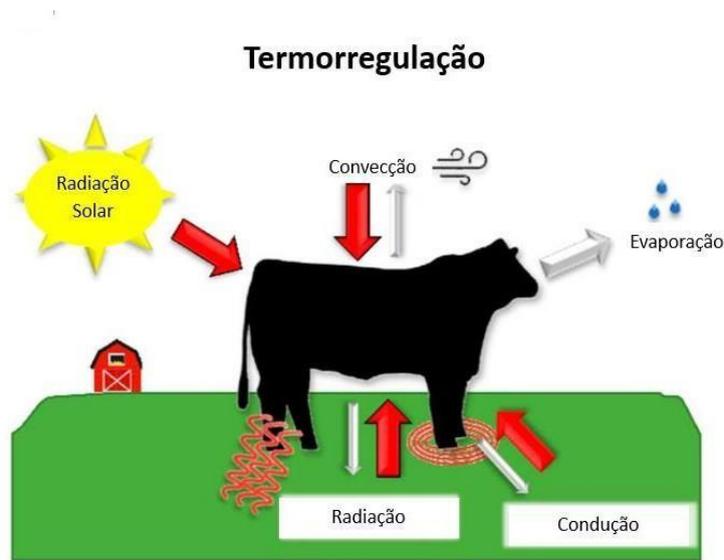


Figura 1 Mecanismo de termorregulação nos bovinos (Most e Yates 2021)

Nos bovinos, a regulação térmica ocorre por meio de dois mecanismos principais: sudorese e polipneia térmica. Embora a hiperventilação seja relevante na regulação térmica, a maior parcela da dissipação de calor ocorre por meio da transpiração, correspondendo a cerca de 75% do total. A eficácia do processo de arrefecimento evaporativo é influenciada por diversos fatores, incluindo a humidade, velocidade do vento, frequência e volume respiratório, densidade e atividade das glândulas sudoríparas. Os animais que estão hidratados e que têm valores eletrolíticos adequados são capazes de sustentar altas taxas de arrefecimento evaporativo ao longo de períodos prolongados. Portanto, é importante ressaltar que na observação de uma intensa atividade de arrefecimento evaporativo por parte de um animal poderá significar que o animal poderá estar a atingir uma fase de hipertermia (Bar et al. 2019).

A capacidade de adaptação dos bovinos ao calor manifesta-se num período que oscila entre 2 e 7 semanas. Este processo de arrefecimento corresponde a uma expansão do espaço vascular, aumentando a capacidade de transferência de calor do interior do animal para a superfície, facilitando a perda de calor por convecção, condução e radiação a partir da superfície corporal. Em adição, há uma diminuição da taxa metabólica, que pode atingir os 25%, resultando numa redução da produção de calor metabólico (Becker et al. 2020).

2. Stresse Térmico

O stresse térmico (ST) pode ser definido como a situação em que o conjunto de parâmetros ambientais (temperatura do ar, humidade relativa (HR) do ar, velocidade do vento,

radiação solar, entre outros) excedem a tolerância térmica ao calor, desencadeando alterações fisiológicas e comportamentais que podem comprometer o bem-estar e o desempenho produtivo do animal (Collier et al. 2017; Wang et al. 2020).

Existe uma forte correlação entre a tolerância térmica e o tipo de raça de bovinos, sendo as raças de aptidão leiteira mais sensíveis, pois possuem uma taxa metabólica mais elevada, associado à produção leiteira (Habimana et al. 2023). Dash et al. (2016) consideram que a zona de conforto térmico dos bovinos se localiza na faixa de temperaturas ambientais entre 5 e 25 °C. Nos bovinos, parâmetros como a idade, raça, nutrição, e estado fisiológico (lactação, gestação) têm influência na tolerância térmica. Assim, como exemplo, uma vaca leiteira adulta no pico da lactação poderá estar confortável a uma temperatura inferior a 5 °C. A carga térmica total do animal resulta da combinação entre o calor produzido pelo metabolismo (digestão, atividade física, lactação) e o obtido a partir de fontes ambientais. A quantidade de temperatura que pode ser adicionada ou removida do sistema para manter a temperatura do animal entre valores considerados aceitáveis designa-se de carga térmica (Lees et al. 2019).

2.1. Quantificação do stresse térmico

Indicadores climáticos bem definidos e precisos são importantes para a avaliação do stresse térmico em bovinos leiteiros. Isto é importante para a tomada de decisões de gestão sólidas e para mitigar perdas de produção. O indicador bioclimático mais comum é o índice de temperatura e humidade (ITH). Apesar de terem sido desenvolvidos outros indicadores de stresse térmico, esses continuam em grande parte por explorar. É possível que haja ainda espaço para melhorar o ITH e explorar novos indicadores adequados para prever as perdas de produção devidas ao ST em bovinos (Bohmanova et al. 2007).

Alguns dos métodos usados para quantificar o ST em bovinos incluem a recolha de temperatura retal, temperatura corporal interna (por meio de sondas intravaginais) ou o recurso a termografia da superfície cutânea, por câmara de infravermelho (De Rensis et al. 2015). No entanto, o indicador bioclimático mais usado é o índice de temperatura e humidade, que calcula o calor externo que pode potenciar o desconforto térmico nos animais, tendo em conta a temperatura do ar e a humidade relativa, atribuindo um valor numérico (Figura 2). Existem diversas equações para o calcular, considerando os parâmetros ambientais (humidade relativa e temperatura do ar) e estabelecendo níveis de risco para o ST (Tabela 1) (Venegas et al. 2023). Em ambientes caracterizados por elevada humidade, o parâmetro HR contribui mais para o aumento do ITH quando comparado com climas semiáridos, nos quais a temperatura do ar assume uma influência mais acentuada. Nesse sentido, a formulação do ITH tem em consideração as particularidades ambientais de cada região (Liu et al. 2019).

T (°C)	Humidade relativa (%)										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
15	58,7	58,7	58,8	58,8	58,8	58,9	58,9	58,9	58,9	59	59
16	60	60,1	60,2	60,2	60,3	60,4	60,5	60,6	60,6	60,7	60,8
17	61,3	61,4	61,6	61,7	61,8	62	62,1	62,2	62,3	62,5	62,6
18	62,6	62,8	63	63,1	63,3	63,5	63,7	63,9	64	64,2	64,4
19	63,9	64,1	64,4	64,6	64,8	65,1	65,3	65,5	65,7	66	66,2
20	65,2	65,5	65,8	66	66,3	66,6	66,9	67,2	67,4	67,7	68
21	66,5	66,8	67,2	67,5	67,8	68,2	68,5	68,8	69,1	69,5	69,8
22	67,8	68,2	68,6	68,9	69,3	69,7	70,1	70,5	70,8	71,2	71,6
23	69,1	69,5	70	70,4	70,8	71,3	71,7	72,1	72,5	73	73,4
24	70,4	70,9	71,4	71,8	72,3	72,8	73,3	73,8	74,2	74,7	75,2
25	71,7	72,2	72,8	73,3	73,8	74,4	74,9	75,4	75,9	76,5	77
26	73	73,6	74,2	74,7	75,3	75,9	76,5	77,1	77,6	78,2	78,8
27	74,3	74,9	75,6	76,2	76,8	77,5	78,1	78,7	79,3	80	80,6
28	75,6	76,3	77	77,6	78,3	79	79,7	80,4	81	81,7	82,4
29	76,9	77,6	78,4	79,1	79,8	80,6	81,3	82	82,7	83,5	84,2
30	78,2	79	79,8	80,5	81,3	82,1	82,9	83,7	84,4	85,2	86

Figura 2 Valores de ITH que têm em conta a humidade relativa e a temperatura em graus Celcius (feito pelo autor)

Tabela 1 Sensação térmica dos bovinos com base nos níveis de ITH (Habeeb, Gad, e Atta 2018)

ITH	Sensação Térmica
<68	Confortável
68-72	Algum desconforto
72-75	Desconfortável
75-79	Muito desconfortável
79-84	Perigo
>84	Emergência

Apesar de habitual o limiar de ITH ser estabelecido em 72, como sendo o ponto a partir do qual os bovinos começam a diminuir o seu desempenho em consequência do ST (Ravagnolo et al. 2000; Liu et al. 2019), existem opiniões discordantes de que as vacas leiteiras de alta produção começam a reduzir seu rendimento a partir de um

ITH de 68 (Zhou et al. 2022). Em regiões de clima mediterrâneo, a produção de leite poderá diminuir cerca de 0,41 kg por vaca e por dia para cada ponto de ITH que aumente além de 69 (Gantner et al. 2011). O foco da maioria dos estudos sobre ST tem sido a taxa de declínio por unidade de aumento do ITH após o limiar. Um estudo desenvolvido na Alemanha mostrou que um valor de ITH de 60 foi identificado como o limiar acima do qual a produção de leite começa a diminuir (Brügemann et al. 2012).

O ITH não considera a influência da radiação solar e da velocidade do vento, fatores que contribuem para o aumento do calor. Além disso, não possui a capacidade de medir a acumulação da carga térmica ao longo do tempo, não refletindo por isso as modificações fisiológicas que ocorrem durante um episódio de ST. Apesar dessas limitações, o ITH continua a ser uma ferramenta útil e de fácil aplicação (Liu et al. 2019).

Num estudo desenvolvido por Bryant et al. (2023), foi usado um índice de carga térmica em pastoreio (HLI) para prever a frequência respiratória em bovinos leiteiros em pastoreio extensivo. Este índice mostrou-se mais preciso que os índices tradicionais ao considerar a temperatura ambiente, radiação solar e velocidade do vento. verificou-se que o aumento da temperatura ambiente e da radiação solar leva ao aumento da frequência respiratória, ao passo que a velocidade do vento faz o oposto. Observou-se que o HLI acima de 70 está associado a um comprometimento significativo do bem-estar dos animais devido ao calor. É importante notar que as taxas de respiração começam a aumentar antes desse limiar, sugerindo a necessidade de intervenções profiláticas.

2.2. Sensibilidade térmica nas vacas de elevada produção de leite

As vacas leiteiras de alta produção demonstram maior sensibilidade térmica ou entram em ST a temperaturas mais baixas devido a uma complexa interação de fatores fisiológicos. O aumento da produção de leite está associado a uma taxa metabólica mais elevada, resultando numa maior ingestão de alimento para atender as necessidades energéticas da lactação. Este estado metabólico, por sua vez, propicia uma maior produção de calor, tornando as vacas de alta produtividade mais propensas a reter o calor interno (Cartwright et al. 2023). Além disso, a taxa metabólica das hormonas reprodutivas será maior, levando a potenciais declínios na fertilidade (Sangsritavong et al. 2002).

Outro aspeto relevante é a tendência em direcionar uma parcela significativa do fluxo sanguíneo para as glândulas mamárias, para suportar a produção de leite. Esse redirecionamento limita a capacidade de o organismo dissipar o calor de maneira eficiente, pois normalmente, para uma regulação térmica eficaz é necessária uma grande demanda de fluxo sanguíneo para a periferia do organismo (Götze et al. 2010).

A seleção genética ocorrida, nas últimas décadas, nas fêmeas de raça Holstein-Frísia com o intuito de otimizar a produção leiteira, tem negligenciado outras características, como a tolerância ao calor, o que pode comprometer a capacidade das vacas superarem eficazmente condições ambientais adversas. Esta vulnerabilidade poderá acarretar repercussões negativas na fertilidade, sobretudo em vacas de elevada produção (Carabaño et al. 2017).

2.3. Consequências do stress térmico

A homeostasia térmica do organismo é assegurada pelo equilíbrio entre a produção de calor e as perdas térmicas para o meio ambiente. Quando a quantidade de calor produzida pela vaca excede a quantidade libertada para o ambiente, observa-se um aumento da temperatura corporal no animal. Neste contexto, a resposta fisiológica manifesta-se reduzindo as atividades metabólicas, tais como a ingestão de matéria seca (IMS), produção de leite e atividade física, enquanto em simultâneo se potencializam as atividades dissipadoras de calor, como a sudorese, aumento da frequência respiratória e sialorreia (Thornton et al. 2022). Assim que a temperatura ambiente aumenta, os métodos de arrefecimento não evaporativos (radiação, condução, convecção) tornam-se menos eficazes, sendo necessário recorrer cada vez mais a mecanismos evaporativos, incluindo a sudorese e a polipneia (Gaughan e Mader 2014).

O ST em bovinos desencadeia uma alteração comportamental que se expressa por sinais de agitação e angústia, agravando-se proporcionalmente ao aumento da carga térmica. De início, manifesta-se com sinais leves, como o aumento da frequência respiratória, uma tendência para procurar sombras, o aumento da ingestão de água e a diminuição na ingestão de alimentos. À medida que a carga térmica aumenta, a temperatura retal vai aumentando, as vacas tendem a agregar-se junto de bebedouros e a deitarem-se em áreas húmidas. Estão mais agitadas, mostram-se incomodadas, apresentam dispneia com abertura bucal e salivação excessiva, o que por sua vez, poderá originar um quadro de acidose e posteriormente claudicações por laminite. Em casos extremos, as vacas podem manifestar ataxia, permanecer imobilizadas, desenvolver convulsões, estado de coma e, eventualmente, morte (Das et al. 2016).

2.3.1. Impacto na qualidade do leite

Para além da influência do ST na quantidade de leite produzido, observam-se também mudanças na qualidade do leite. Durante períodos de calor, há uma diminuição na percentagem de gordura no leite, pois a exposição a temperaturas elevadas leva a uma rápida absorção de glucose pelos tecidos, originando uma desregulação das vias metabólicas relativas ao metabolismo da glicose e dos ácidos gordos, reduzindo a disponibilidade dos

mesmos às células da glândula mamária (Heck et al. 2009; Liu et al. 2017). Quist et al. (2008) registraram um menor teor de gordura do leite durante a época do verão ($1,02 \pm 1,05$ kg/d) em comparação com o inverno ($1,19 \pm 1,05$ kg/d), tendo a dieta e o volume de leite permanecido constante ao longo do ano.

O teor proteico no leite difere relativamente a um conjunto de variáveis já conhecidas para além dos fatores genéticos, como sejam a fase de lactação, estado nutricional, estado de saúde do animal e as condições climáticas. Bouraoui et al. (2002) observaram que a percentagem de proteína do leite, num cenário em que a alimentação se mantivera constante, era inferior durante o verão em comparação com a primavera, com valores de 2,88% e 2,96%, respetivamente. Lambertz et al. (2014) concluíram que a composição proteica do leite tende a descer quando o ITH atinge ou ultrapassa os 65. Num estudo de controlo climático, Garner et al. (2017) constataram que vacas expostas ao calor produziram leite com uma redução de 49% na composição de lactose e proteína em relação às vacas mantidas em condições ambientais confortáveis. Estes achados sugerem que a composição de gordura e proteína do leite exhibe variabilidade, sendo parte desta variabilidade imputável às condições climáticas. Contudo, é importante considerar que as variações na composição do leite estão interligadas com fatores genéticos e nutricionais.

As condições ambientais exercem ainda uma influência significativa no aumento dos fatores predisponentes à incidência de novas infeções mamárias, que emergem como a principal etiologia subjacente ao aumento da contagem de células somáticas (CCS). Em condições de ST, verifica-se uma intensificação da exposição da glândula mamária à proliferação acentuada de microrganismos em virtude das condições ambientais de calor elevado. Em simultâneo, observa-se uma diminuição na capacidade de resistência do organismo, que tem sido associado à redução concomitante na ingestão de nutrientes, nomeadamente selénio (Se) e vitamina E. Estes elementos desempenham um papel crucial na salvaguarda da integridade imunitária do animal (Lengi et al. 2022).

2.3.2. Impacto nos vitelos

O ST no final da gestação dos bovinos compromete a vitalidade dos vitelos, por comprometimento do crescimento fetal no último trimestre de gestação. O fluxo sanguíneo uterino e a massa placentária encontram-se reduzidos e os perfis endócrinos alterados quando as vacas são sujeitas a ST durante os últimos 90 dias de gestação, para além de que em simultâneo se regista uma redução da IMS. O desvio do fluxo sanguíneo do útero gravítico do animal gestante para a periferia do organismo, para dissipar calor, e a redução da ingestão de matéria seca, ocasionados pela exposição ao ST, repercutem-se no desenvolvimento da placenta, originando uma diminuição do peso dos vitelos à nascença (Ouellet et al.

2020). Havendo uma redução de 6 a 8% do peso à nascença verifica-se uma maior incidência de morbidade e mortalidade dos vitelos (Monteiro et al. 2016).

A exposição das vacas leiteiras ao ST no decorrer da secagem, compromete a qualidade do colostro, podendo originar falhas na transferência de imunoglobulinas de mãe para filho. Existem diversos estudos que comparam a qualidade e a quantidade de colostro de vacas expostas a condições de calor. De acordo com um desses estudos, o colostro de vacas expostas a altas temperaturas apresenta concentrações mais baixas de IgG e IgA (Tao et al. 2012). No entanto, este efeito não é consensual, existindo estudos que não evidenciaram qualquer diferença nas concentrações de IgG (Monteiro et al. 2014). também Skibieli et al. (2017) referiram não existir diferenças no teor colostrado em Igs, mas acrescenta que o ST faz reduzir a eficiência da absorção de IgG pelo epitélio intestinal do neonato.

A exposição fetal a fatores de stresse com origem materna antes do parto, i.e., durante o desenvolvimento fetal, tem consequências que se prolongam por toda a vida, afetando o potencial genético do futuro animal. No decurso da última semana de gestação, o ST ocorrido, propicia um aumento na incidência de afeções no vitelo, destacando-se com algum relevo a pneumonia, a diarreia e a onfalite. Em termos gerais, a última semana de gestação assume uma importância preponderante no rendimento dos vitelos (Yin et al. 2022).

2.3.3. Impacto nas novilhas

Também nas novilhas o efeito do ST acontece e não pode ser ignorado. Quando novilhas são expostas a temperaturas elevadas, iguais ou superiores a 24 °C, observa-se um aumento da temperatura retal, da frequência respiratória e da frequência cardíaca. A produção de calor por unidade de área de superfície corporal aumenta com o aumento da idade da novilha, observando-se uma redução da tolerância ao calor e capacidade de dissipação do calor com a idade (Wang et al. 2020). O desenvolvimento da glândula mamária nas novilhas é prejudicado, havendo redução do desenvolvimento de células mamárias que está na origem de uma menor produção na lactação e uma menor qualidade do leite (Dahl et al. 2019).

2.3.4. Impacto nas vacas

Existe uma correlação significativa entre o grau de ST e a incidência de afeções do sistema reprodutor. Durante o verão, a incidência de retenção de membranas fetais (RMF) e de metrite pós-parto está aumentada comparativamente aos restantes meses do ano. O estudo de Carroll et al. (2013), que investigou o impacto do ITH na ocorrência de mastite, refere que quer as incidências de mastite quer as de RMF aumentaram com o aumento do ITH nos primeiros dez dias após o parto.

2.3.4.1. Acidose metabólica

A polipneia térmica, um dos comportamentos de resposta ao ST, ocasiona alcalose respiratória, que é rapidamente compensada através de excreção urinária de HCO_3^- resultando numa redução do pH sanguíneo que conduz à acidose metabólica. É importante ressaltar que esta acidose também se manifesta em resultado de perda salivar decorrente da sialorreia, bem como da redução de motilidade ruminal em consequência do calor. A acidose metabólica pode acompanhar-se de diversas alterações adversas, nomeadamente a formação de abscessos no fígado, manifestações de diarreia, aumento substancial de claudicações, bem como uma notória redução no desempenho produtivo (Odongo et al. 2006).

2.3.4.2. Stresse oxidativo

O stresse oxidativo surge quando as moléculas antioxidantes são insuficientes para remover os radicais livres decorrentes do metabolismo celular. O seu envolvimento no ST configura uma alteração de difícil diagnóstico, mas que tem sido apontada como um dos fatores etiológicos de risco durante o período de transição e início da lactação. Este quadro é caracterizado pelo aumento do edema mamário, RMF, hipocalcemia e uma prevalência acentuada de alterações reprodutivas. A RMF, por exemplo, está associada à escassez de antioxidantes, especialmente de vitamina E e selénio, no fluxo sanguíneo das carúnculas, diminuindo a eficácia no descolamento placentário (Ayemele et al. 2021).

2.3.4.3. Toxémia

Em situações de ST as vacas evidenciam uma resposta fisiológica caracterizada pela redistribuição do fluxo sanguíneo, desviando-o para a periferia em detrimento dos órgãos internos, uma estratégia que visa dissipar o excesso de calor. No entanto, este processo desencadeia um estado de hipoxia intestinal, encontrando-se enterócitos particularmente suscetíveis à carência de oxigénio e nutrientes, provocando um esgotamento do trifosfato de adenosina (ATP) e elevando os níveis de espécies reativas de oxigénio e de nitrogénio. O lipopolissacarídeo (LPS), um glicolípido presente na membrana externa de bactérias Gram-negativas e reconhecido como um potente estimulador imunológico, encontra-se em abundância no conteúdo luminal dos intestinos. Em situações de ST, haverá alteração da integridade e permeabilidade da barreira intestinal, levando a um aumento na passagem do LPS para a corrente sanguínea, conduzindo à toxemia. Assim, em consequência dos processos inflamatórios desencadeados, o organismo redireciona recursos energéticos para o combate dos efeitos do LPS, ao invés de os alocar à atividade reprodutiva (Paratte 2020).

3. Consequências do stresse térmico na reprodução e fertilidade

3.1. Efeitos sobre o ciclo éstrico

O ST afeta negativamente a fertilidade e perturba o desempenho reprodutivo dos bovinos por meio de desequilíbrios hormonais (Wolfenson e Roth 2019). Em bovinos, o ST reduz a amplitude e a frequência do pulso da hormona luteinizante (LH) e compromete a sua função, comprometendo assim a maturação dos folículos dominantes e diminuindo a secreção de estrogénios (Wolfenson et al. 2000). Além disso, picos e níveis tónicos de LH mais baixos prejudicam a ovulação e a formação do corpo lúteo (CL), originando níveis reduzidos de progesterona (Wolfenson e Roth 2019).

Em contrapartida, o ST aumenta a secreção da hormona folículo estimulante (FSH) em consequência da diminuição acentuada da inibina plasmática, favorecendo o crescimento de um maior número de folículos nos ovários. Este fenómeno, pode predispor a dupla ovulação e, por conseguinte, a um aumento de partos gemelares (Wolfenson e Roth 2019). Além disso, o ST estimula a hipófise na secreção da hormona adrenocorticotrópica (ACTH), que estimula a libertação de glucocorticoides que, por sua vez, inibem a maturação meiótica dos oócitos (Al-Katanani et al. 2002).

Sabe-se que os níveis de LH estão diminuídos durante o cio. Deste modo, os folículos dominantes desenvolvem-se num ambiente com baixa disponibilidade de LH, o que resulta numa redução da secreção de estrogénios pelo folículo dominante, e a uma fraca expressão do estro (cio silencioso). Assim, durante as estações quentes, observa-se uma redução na taxa de deteção cio, o que leva a uma diminuição na taxa de serviço (Maurya et al. 2005).

3.2. Efeitos na maturação do Oócito

A competência do desenvolvimento do oócito pode ser caracterizada pela sua capacidade intrínseca para atingir a maturação e possibilitar uma fecundação, culminando num desenvolvimento embrionário bem sucedido (Eppig et al. 2002). Embora o período de maturação dos oócitos seja relativamente curto, a exposição ao ST durante esta etapa perturba a fisiologia dos oócitos e consequentemente a sua fertilidade (Payton et al. 2018). Os danos causados aos oócitos por uma agressão térmica englobam modificações morfológicas nas células associadas ao stresse oxidativo, incluindo a fragmentação de DNA ou o comprometimento da função mitocondrial (Piccioni et al. 2005).

Níveis baixos de LH e de progesterona originam folículos de baixa qualidade, o que tem sido associado a uma alteração na expressão de mRNA (ácido ribonucleico mensageiro) de vários genes envolvidos no desenvolvimento dos oócitos (ex., MOS, GDF9 e POUF51) e na sua

competência em várias fases celulares. Oócitos de má qualidade também têm uma transcrição genética alterada, em particular de genes associados ao desenvolvimento embrionário, conduzindo à apoptose e à perda da qualidade do embrião (Gendelman e Roth 2012).

Durante a maturação dos oócitos, as fibras do fuso e os microtúbulos são afetados, e o tamanho do fuso meiótico é reduzido devido aos efeitos negativos do choque térmico, prejudicando a maturação dos oócitos (Ju et al. 2005). Usando temperaturas elevadas na maturação *in vitro* de oócitos, observou-se um aumento da proporção de oócitos com formação anômala do fuso cromático, mitocôndrias despolarizadas e pronúcleos apoptóticos, diminuindo assim a proporção de oócitos a clivar e a originar blastocistos após inseminação (Soto e Smith 2009; Vázquez et al. 2010). A taxa de fecundação nos bovinos diminuiu de 83% para 37% (Hackbart et al. 2010) e a taxa de concepção reduz cerca de 20-30% por ação do ST na maturação dos oócitos (Chebel et al. 2004).

No contexto de procedimentos *in vitro*, observa-se que os oócitos retomam a maturação meiótica ao serem removidos do folículo e cultivados em um meio apropriado (Gordon 1994). Em contrapartida, no cenário *in vivo*, é durante a fase de desenvolvimento folicular que o oócito adquire a competência necessária para o desenvolvimento subsequente (Lonergan et al. 2003). É crucial salientar que a maturação inadequada do oócito, tanto no núcleo quanto no citoplasma, compromete a viabilidade da fecundação, predispondo à ocorrência de fenômenos como polispermia, partenogênese e bloqueio do desenvolvimento embrionário (Xu e Greve 1988).

3.3. Efeitos na fecundação

Sabe-se que o ST diminuiu a taxa de fecundação nos bovinos, no entanto, não é ainda claro se esse declínio poderá estar associado à qualidade do oócito ou à qualidade do sêmen. O ST influencia de forma indireta a fecundação, uma vez que o choque térmico desencadeia uma maturação precoce dos oócitos. Quando um oócito exposto ao ST é fecundado 24 horas depois da ovulação, os espermatozoides fecundam oócitos envelhecidos, resultando na redução das taxas de fecundação e de desenvolvimento de blastocistos (Hooper et al. 2015).

O ST induz a produção excessiva e acumulação de espécies reativas de oxigênio (ROS), ocasionando a perda do potencial da membrana mitocondrial, fuga de elétrons e comprometimento da peroxidação lipídica e da motilidade dos espermatozoides. Este processo resulta na diminuição da produção de energia, indução de uma capacitação prematura, redução do tempo de vida dos espermatozoides e consequente diminuição das taxas de fecundação e desenvolvimento embrionário (Capela et al. 2022).

3.4. Efeitos na embriogénese

As variáveis ambientais exercem influência significativa sobre o desenvolvimento dos oócitos e na produção de embriões, tanto em sistemas de produção *in vivo* quanto *in vitro*. Um estudo conduzido em Wisconsin (Estados Unidos da América) mostrou existir uma redução de blastocistos formados durante os meses mais quentes. Por outro lado, os meses mais frios foram marcados por produções estáveis e mais elevadas de blastocistos, revelando um impacto evidente da temperatura elevada na produção de embriões numa região em que o verão apresenta características climáticas amenas (Rutledge et al. 1999).

Durante as primeiras fases de clivagem do embrião (antes do estadio de 8 a 16 células), o genoma embrionário não está ainda ativado, e o embrião é sensível a muitos fatores de stresse, incluindo o ST. Os embriões tornam-se resistentes ao choque térmico durante o período de ativação do genoma embrionário (embrião de 8 a 16 células) (Satrapa et al. 2013).

Quando formado, o embrião é muito suscetível a temperaturas elevadas. No entanto, a sua suscetibilidade diminui com o evoluir do seu desenvolvimento. O desenvolvimento de um embrião de quatro a oito células é comprometido pelo choque térmico, mas em menor grau do que nos embriões de uma a duas células, onde se verifica menor proporção de embriões que se desenvolvem até à fase de blastocisto. Na fase de mórula, o embrião é substancialmente termorresistente, sendo estes fenómenos observados tanto *in vivo* como *in vitro* (Edwards e Hansen 1997; Sakatani et al. 2004). Vacas superovuladas reduziram a produção de blastocistos quando o ST ocorreu no dia 1 após o cio, não tendo sido verificado o mesmo nos dias 3, 5 ou 7 após o cio (Ealy et al. 1993).

O efeito da temperatura elevada nos embriões recentemente formados resulta em muitas alterações citoplasmáticas, incluindo reorganização do citoesqueleto, migração de organelos para o centro dos blastómeros, edema mitocondrial e precipitação da cromatina, o que tem um impacto negativo na separação dos cromossomas e no desenvolvimento adequado dos embriões (Barros e Lopes 2018).

3.5. Aquisição de termotolerância pelo embrião

Surgiram várias hipóteses para explicar o processo pelo qual o embrião transita de uma etapa em que é suscetível ao ST, sobretudo, na fase de uma a duas células, para uma etapa, por volta da fase de 16 células, durante a qual adquire tolerância a temperaturas mais elevadas. Uma das explicações possível é que os processos necessários para a ativação do genoma embrionário são facilmente interrompidos pelo ST. Essa interrupção foi observada num estudo efetuado com embriões de duas células (Fear e Hansen 2011), não se tendo verificado o mesmo, num estudo realizado por Sakatani et al. (2012), no qual, embriões de uma célula foram submetidos a choques térmicos.

Outra explicação, é a de que a aquisição de capacidade de transcrição do genoma embrionário após a fase de 8 a 16 células confere ao embrião uma gama mais ampla de respostas ao stresse, permitindo-lhe estabilizar a função celular durante o ST. Antes da ativação do genoma embrionário, a transcrição termo-induzida do gene da proteína de choque térmico HSPA1A (ou Hsp72) não é possível (Rivera et al. 2004), apesar das quantidades de mRNA estacionário para várias proteínas de stresse, incluindo a HSPA1A, sejam mais elevadas no embrião de uma ou duas células do que na fase de mórula (Rivera et al. 2004; Fear e Hansen 2011).

Outros mecanismos de sobrevivência ao stresse celular podem ser modulados ao longo do desenvolvimento embrionário. Por exemplo, no embrião de bovino, verifica-se uma alteração no equilíbrio entre a produção de ROS e a proteção antioxidante à medida que o embrião avança no seu desenvolvimento. O ST provocou um aumento da produção de radicais livres no momento da fecundação e nos embriões de 2 a 8 células, mas não na fase de mórula e de blastocisto (Sakatani et al. 2004).

4. Estratégias de mitigação ao stresse térmico

O potencial genético de uma vaca leiteira não pode ser exibido na sua totalidade se as condições ambientais não forem as ideais, sendo a preservação da fertilidade nos períodos de ST relevante para a economia das explorações leiteiras. É necessário adotar medidas no sentido de prevenir a acumulação de calor corporal adicional. Essas estratégias, visam aprimorar a taxa de gestação (TG) e potenciar a rentabilidade, sendo que a sua aplicação nos vitelos, novilhas e vacas no período de secagem também se revela benéfica (Azevedo et al. 2020).

No entanto, é crucial salientar que essas medidas de mitigação não conseguem reverter completamente os efeitos adversos do ST. A fertilidade pode diminuir no verão, mesmo quando as vacas estão alojadas em instalações com arrefecimento intensivo (Flamenbaum e Galon 2010).

4.1. Gestão ambiental, técnicas e equipamentos

Existem várias estratégias que permitem mitigar o efeito do ST em vacas. Uma prática viável a ser implementada em explorações leiteiras localizadas em climas quentes consiste em ordenhar no início da manhã e no final da tarde. De modo a evitar movimentar os animais e mantê-los nas instalações de ordenha durante os períodos mais quentes do dia (Schütz et al. 2023).

As necessidades de água são paralelas ao ST, e o consumo de água pode aumentar até 50% durante os períodos de maior calor. Deste modo, as vacas necessitam de um amplo acesso a água limpa, fresca e de boa qualidade, para permitir um aumento da ingestão de água, com a finalidade de compensar as perdas causadas pela transpiração e a elevada taxa respiratória (Collier et al. 1982).

Oferecer sombra no parque das vacas leiteiras é fundamental na minimização das perdas de produção de leite e na potencialização da eficiência reprodutiva. Estudos indicam que a carga térmica total poderia ser reduzida entre 30 a 50% com uma sombra bem concebida. As vacas num ambiente com sombra evidenciavam temperaturas retais mais baixas, uma frequência respiratória reduzida, e produzem mais 10% de leite quando comparadas com as vacas sem sombra (Fisher et al. 2008).

A sombra contribui para uma diminuição da acumulação de calor devido à radiação solar; no entanto, não afeta a temperatura do ar ou a HR. Em climas quentes e húmidos, torna-se necessário fornecer métodos adicionais de arrefecimento para bovinos, especialmente em lactação, uma vez que a sombra por si só não é suficiente para atender às necessidades térmicas desses animais (Fisher et al. 2008).

O arrefecimento através da humificação dos animais por aspersores e uma corrente de ar gerado por ventoinhas, são duas das opções. Cada uma dessas técnicas oferece benefícios distintos, mas a combinação dessas abordagens demonstra ser mais eficaz na gestão do ambiente térmico. No caso de bovinos alimentados a pasto, a aspersão hídrica e ventilação das vacas no parque de espera antes da ordenha e também à saída são estratégias simples e de baixo custo que podem ser utilizadas para arrefecer as vacas nos dias quentes (Asmarasari et al. 2023).

As gotas de grande dimensão de um sistema de aspersão de baixa pressão que molha completamente a vaca são mais eficazes do que um sistema de nebulização. Uma combinação de ventiladores e nebulizadores foi tão eficaz quanto ventiladores e aspersores para manter a IMS e a produção de leite. No entanto, o sistema ventilador com aspersor utilizou cerca de 10 vezes mais água do que o sistema ventilador com névoa, mostrando-se este último não só eficaz no arrefecimento, como também mais sustentável (Fournel et al., 2017).

Efetivamente, a gestão ambiental, que engloba mecanismos de arrefecimento como ventoinhas, aspersores e colchões de água (Fournel et al., 2017), pode ser empregue na atenuação dos impactos da carga térmica. Contudo, a utilização de água no arrefecimento de apenas grupos específicos de animais durante determinados dias e horários, poderia resultar numa poupança de recursos considerável. Há, pois necessidade de desenvolver um método prático e preciso para avaliar em tempo real a carga térmica, fornecendo dados cruciais

para as decisões de gestão, visando a redução do ST (Polsky e Von Keyserlingk 2017).

4.2. Nutrição

Nos efetivos deve-se modificar a composição do alimento que está a ser disponibilizado aos animais, para minimizar o impacto ocasionado pelo ST. Como se sabe, as vacas expostas ao calor tendem não só diminuir a IMS, como também a reduzir o tempo de digestão do alimento. Deste modo, suprir a necessidade de obtenção de teores energéticos suficientes para as vacas em lactação durante períodos de ST, é uma abordagem comum para aumentar a digestibilidade, minimizando a produção de calor a partir da digestão e consequentemente os efeitos do ST (Yuet al. 2020).

Embora as dietas com baixo teor de fibra e elevado teor de hidratos de carbono possam reduzir a carga térmica, deve-se ter em conta o risco potencial de induzirem acidose ruminal. Deve evitar-se oferecer dietas de elevado teor proteico, pois estas requerem mais energia para excretar qualquer excesso de azoto, prolongam a digestão e consequentemente a produção de calor (Oldham 1984). Quando só existem pastagens, devem ser fornecidas pastagens de melhor qualidade (menor percentagem de fibra). É recomendável que a aplicação de alimento seja realizada para vacas em condições de sombra ou que o pastoreio seja efetuado em alturas menos quentes do dia (Asmarasari et al. 2023).

O calor pode aumentar as necessidades de suplementação mineral. As perdas através da transpiração e da urina aumentam as necessidades de sódio e potássio, que devem ser aumentadas na dieta. A suplementação vitamínica no verão não oferece benefícios adicionais (Kim et al. 2022). A alimentação com um suplemento de 1,5% de ácidos gordos saturados foi associada a uma melhor composição do leite, no que respeita ao teor de gordura, proteína e lactose, e a uma diminuição da temperatura retal durante a parte mais quente do dia (Schneider et al.,1988). A alimentação de vacas leiteiras em situação de stresse térmico com polpa de beterraba em vez de silagem de milho até 12% da dieta permitiu aumentar a produção de leite e os teores de proteína e lactose (Nichols et al. 1998).

4.3. Melhoramento genético

As vacas leiteiras têm sido alvo de uma seleção genética específica visando uma maior produção de leite. Contudo, este processo seletivo tem conduzido a uma significativa deterioração da fertilidade. A incorporação da fertilidade e da tolerância ao ST, fenómenos correlacionados, nos índices de seleção é de suma importância (Yudin e Voevoda 2015). Os fatores genéticos dos bovinos que influenciam na resposta ao ST e à tolerância ao calor são

numerosos, como detalhado mais adiante. A sub-espécie *Bos indicus* apresenta uma maior tolerância ao calor do que a sub-espécie *Bos taurus* (Hansen et al. 2001).

As características da pelagem afetam a transferência de calor entre o animal e o ambiente, e a regulação da temperatura corporal. Num ambiente tropical, a pelagem curta e fina proporciona uma boa condutividade térmica, beneficiando os animais que o possuem, verificando-se menos consequências resultantes do ST (Da Silva et al., 2003). Olson et al. (2003) identificaram uma abordagem para mitigar os efeitos adversos do ST. As suas pesquisas revelaram que o comprimento da pelagem está sob a influência de um único gene dominante, que desempenha um papel crucial na regulação da temperatura corporal durante situações de ST. A introdução deste gene, relativo a pelagem muito curta e fina, poderia representar uma estratégia benéfica para melhorar a adaptação destes animais às condições climáticas desafiadoras, contribuindo potencialmente para o aumento do desempenho produtivo e reprodutivo.

A cor da pelagem, é outra característica genética que influencia o modo como os bovinos percebem o calor, interferindo na quantidade de calor absorvida pela radiação solar. Uma vaca com pelagem de cor negra absorverá 92% a 100% mais calor do que uma vaca com pelagem branca, resultando num aumento da temperatura corporal, com consequente diminuição do desempenho produtivo e reprodutivo (Hansen et al. 2001). A cor da pelagem parece também interferir na reprodução das fêmeas. No passado, King et al. (1988) verificaram que as vacas leiteiras da raça Holstein-Frísia com uma pelagem com mais de 60% de cor branca tiveram maior taxa de gestação e o intervalo entre partos (IEP) mais reduzido.

Uma estratégia a longo prazo para regular o ST é a utilização de cruzamentos entre raças de bovinos. Por exemplo, os bovinos das raças Jerseys e Parda-Suíça são mais tolerantes ao calor do que as Holstein-Frísia e poderiam ser considerados num futuro programa de cruzamento, conseguindo manter os níveis elevados de produção leite e ter menor sensibilidade térmica (Habimana et al. 2023).

4.4. Técnicas reprodutivas

4.4.1. Inseminação artificial em tempo fixo

Os bovinos submetidos a condições de ST, tal como anteriormente mencionado, manifestam uma maior ocorrência de cios silenciosos, o que leva à diminuição da taxa de serviço, uma vez que a detecção de cio natural é difícil, prolongando temporalmente a obtenção da próxima gestação. Para evitar os problemas associados à dificuldade na detecção de cios, é possível recorrer-se à inseminação artificial em tempo fixo (IATF). Foi demonstrado um aumento

da TG no grupo de vacas sincronizadas nas épocas mais quentes, comparativamente ao grupo de vacas não sincronizadas (Cartmill et al. 2001).

4.4.2. Transferência de embriões

A transferência de embriões (TE) pode eliminar grande parte da variação sazonal na fertilidade dos bovinos, causada pelo ST (Sakatani et al. 2012; Ferraz et al. 2016). A base para a sua eficácia, no caso de embriões produzidos *in vitro*, é contornar os efeitos do ST na maturação dos oócitos, fecundação e embriogénese dos primeiros 6 a 7 dias. Na fase de desenvolvimento de blastocisto, quando ocorre tipicamente a transferência para uma recetora, o embrião já terá adquirido uma resistência substancial aos efeitos adversos da temperatura elevada. Além de que na TE é possível recorrer a protocolos de sincronização de estro e IATF, ultrapassando as dificuldades na deteção de estro (Sakatani et al. 2012).

4.4.3. Suplementação hormonal

Tratamentos com uso de hormonas destinadas a aumentar as concentrações de progesterona no sangue após a beneficiação, podem aumentar a fertilidade nos bovinos. A utilização de dispositivos intravaginais com progesterona no dia 5 ± 1 pós-beneficiação por 13 dias aumentou a TG no caso das vacas que estavam com baixa condição corporal (Friedman et al. 2012).

O recurso a agonistas da Hormona Libertadora de Gonadotrofinas (GnRH) para melhorar a TG não é consensual. Um estudo demonstrou que o tratamento de vacas leiteiras em lactação com gonadotrofina coriónica humana (HCG) no dia 5 ou 6 após a inseminação artificial (IA) não melhorou a fertilidade do grupo (Schmitt et al. 1996). Em oposição, a administração de GnRH no momento da IA ou na IA e no décimo segundo dia pós-beneficiação (Gatius et al. 2006) ou a administração de HCG 5 a 6 dias após a IA permitiram melhorar a TG nos bovinos tratados (Zolini et al. 2019).

4.4.4. Aplicação de antioxidantes

Conforme previamente mencionado, a exposição de bovinos a temperaturas elevadas resulta no aumento da produção de ROS pelos oócitos e embriões. Havendo também aumento dos marcadores de stresse oxidativo no sangue (Cavallari et al. 2019).

Apesar de escassos, os estudos realizados sobre a avaliação do impacto do fornecimento de antioxidantes na fertilidade em bovinos expostos ao ST demonstraram-se

heterogéneos. Verificou-se que, a suplementação com vitamina E no momento da IA ou, diversas suplementações com vitamina E e selénio antes e depois do parto, não trouxe melhoria na fertilidade das vacas (Lopes et al. 2003). Em contraste, a alimentação com β -carotenos durante pelo menos 90 dias, com início no 15º dia pós-parto, aumentou a proporção de vacas gestantes aos 120 dias pós-parto (Chiga et al. 1998). Além disso, o tratamento de vacas com implantes de melatonina (uma molécula com poder antioxidante) no verão reduziu o IEP (Ispierto et al., 2013).

II – Estudo

1. Objetivos

Este estudo propõe-se a investigar a eventual exposição dos bovinos da Ilha Terceira ao ST, averiguando a intensidade e em que meses do ano ocorre este fenómeno. O objetivo consiste em avaliar em que medida o ST afeta a TG mensal das vacas leiteiras.

Além disso, pretende-se comparar os valores de ITH calculados na data da IA e os dois dias seguintes, entre as vacas que ficaram gestantes e as que não ficaram gestantes. Esta análise visa determinar se os bovinos não gestantes apresentam valores de ITH significativamente superiores em relação ao grupo restante.

2. Descrição do local de estudo

Na Ilha Terceira, prevalecem as explorações pecuárias direcionadas para a produção de bovinos de aptidão leiteira. Contudo, em virtude do novo paradigma enfrentado por muitos produtores, observa-se uma tendência de declínio no número de explorações dedicadas a bovinos leiteiros, evidenciando uma conversão significativa dessas unidades para atividades voltadas para a produção de carne. Consoante as informações mais recentes disponibilizadas pelo "Portal do Leite" (<https://portaldoleite.azores.gov.pt/>) constata-se que a Ilha Terceira contribuiu com aproximadamente 138 milhões de litros de leite em 2023. Esta produção teve origem em 437 produtores, evidenciando um declínio marcado comparado à década anterior (2013), em que havia 750 produtores registados (SRADR, 2023).

As explorações na Ilha Terceira operam predominantemente em regime semi-intensivo, mantendo efetivos médios de 45 animais, a maioria dos quais em pastoreio permanente, estando expostos às condições ambientais que o clima dos Açores proporciona. A pastagem constitui a base da alimentação, complementada, em períodos de escassez, por alimentos compostos e silagem de erva e/ou milho na manjedoura ou no pasto.

Nos Açores, localizados no Atlântico Norte, o clima está abrangido pela categoria dos climas *temperados quentes*. Com temperaturas relativamente moderadas ao longo do ano, havendo médias a variar entre 14°C e 22°C, sendo os meses de verão os mais quentes, mas sem extremos significativos (Figura 3). A humidade desempenha um papel crucial na dinâmica climática dos Açores. A região vivencia níveis elevados de humidade atmosférica, especialmente devido à proximidade com o oceano. Os valores médios de HR costumam estar próximo dos 80%, permanecendo relativamente constantes ao longo de todo o ano. Apesar das temperaturas

moderadas no verão, a elevada humidade relativa faz ampliar o calor, uma vez que dificulta o processo de termorregulação, ou seja, impede a evaporação eficiente do suor. Com isso, o animal não consegue dissipar o calor adequadamente, aumentando a sensação de calor e o desconforto (Azevedo, 2015).

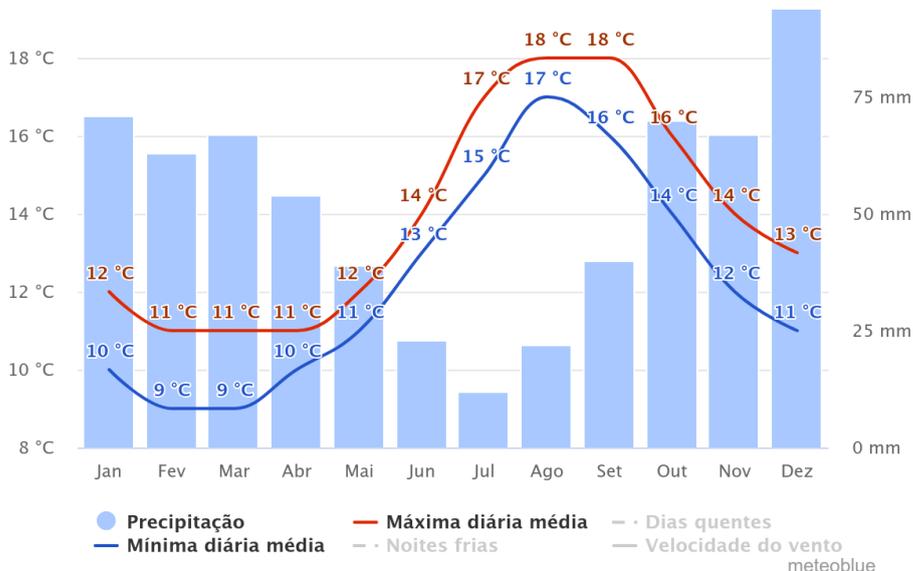


Figura 3 Temperaturas e precipitações médias na ilha Terceira (https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/terceira_portugal_3372530).

3. Materiais e métodos

3.1. Local e dados meteorológicos

O estudo desenvolveu-se numa exploração situada na vila do Porto Judeu, na Ilha Terceira — Açores. A exploração está localizada nas coordenadas a 38º 40' norte e 27º 09' oeste, a sudoeste da ilha, numa zona de média altitude, a 300 metros acima do nível do mar. Os dados da temperatura e humidade relativa foram recolhidos a partir de um sensor (sensor N20; figuras 4 e 5), pertencente ao projeto “Sistema de Alerta Pithomyces Chartarum”, situado a menos de um quilómetro da sede da exploração, estando os terrenos de pastoreio das vacas em estudo localizados na proximidade do sensor. Esses dados são medidos de hora em hora, tendo sido seleccionados as medições compreendidas entre as nove e as vinte horas dos dias de todo o ano de 2023.



Figura 4 Sensor meteorológico usado no estudo (imagem do autor)



Figura 5 Localização via satélite dos sensores meteorológicos (<https://www.aircentre.io/app/sap/>)

3.2. Exploração de estudo

A exploração em estudo é conduzida num sistema semi-intensivo, no qual as vacas são ordenhadas e suplementadas com alimento composto duas vezes ao dia. Esse processo ocorre em uma sala de ordenha próxima da zona de pastoreio. Antes e após a ordenha, as vacas têm acesso a uma formulação alimentar composta por silagem de milho e de azevém. Depois da ordenha as vacas são conduzidas até ao pasto, situado a uma distância que varia entre 100 e 1200 metros. Os animais têm acesso a água *ad libitum*.

A exploração possui entre 80 e 90 vacas da raça Holstein-Frísia em lactação, com uma produção média diária de 34 litros por vaca. A média de idades das vacas é de cinco anos e o número médio de lactações era de $3,3 \pm 1,8$. O período voluntário de espera é superior a 60 dias; o IEP médio é cerca de 400 dias, e os dias em abertos oscilam de 115 a 120 dias. As vacas são inseminadas consoante a deteção do cio natural. Não é efetuado nenhum regime reprodutivo sazonal, pelo que, há partos ao longo de todo o ano. As vacas são geralmente inseminadas com sêmen convencional.

O controlo reprodutivo é conduzido pelo médico veterinário, na manjedoura, duas vezes por mês. O primeiro diagnóstico de gestação (DG) é efetuado em média aos 37 dias de gestação, com recurso a um ecógrafo da Easi-Scan:Go® com sonda linear de 7,5 megahertz (MHz). A confirmação da gestação é feita por volta dos dias 60-70 e novamente na fase de pré-secagem. Os dados reprodutivos são inseridos pelo médico veterinário no programa UNIFORM-Repro VET Multiherd Basic.

A pesquisa foi conduzida numa única exploração para mitigar potenciais variações entre explorações. Esta exploração foi selecionada para este estudo pelo facto de os bovinos estarem expostos 24 horas por dia às condições meteorológicas, por terem um efetivo superior ao número médio da ilha (≈ 45), e, devido ao facto das vacas terem uma elevada produção de leite. Outro aspeto importante considerado para a sua escolha foi o facto de nela ocorrer um controlo reprodutivo pontual e assíduo, originando um maior e mais fidedigno volume de dados passíveis de serem trabalhados, ao contrário do que acontece na maioria das explorações da ilha.

3.3. Dados reprodutivos

Com base nos dados informatizados, foi estimada a taxa de gestação mensal ao longo do ano de 2023. Foram recolhidas informações das IAs ocorridas nos meses de maio a outubro de 2023, sendo essa época mais provável das condições meteorológicas proporcionarem um ambiente termicamente desfavorável à fertilidade dos bovinos. Foram ainda recolhidas informações relativas à data da IA, o respetivo DG, assim como algumas informações relativas

ao animal. Houve necessidade de incluir todas as inseminações do mesmo animal, de modo a conseguir uma amostra mais ampla e representativa.

Consequentemente, os dados foram agrupados segundo a obtenção ou não de uma gestação (resultados do primeiro diagnóstico de gestação). Para cada um dos grupos foram recolhidos os valores de ITH em três dias consecutivos, contemplando o dia da IA e os dois dias subsequentes.

O ST foi estimado a partir do ITH (Armstrong 1994). Usou-se a informação meteorológica utilizada para calcular o ITH a cada hora do dia, tendo sido usada a média diária para estimar o ITH médio para cada mês do ano, de acordo com a seguinte fórmula:

$ITH = 0,8 * T + RH * (T - 14,4) + 46,4$, em que T representa a temperatura ambiente em graus Celsius (°C), e RH a humidade relativa expressa na forma decimal (Ispierto et al. 2007). O limiar de ITH usado neste estudo para definir a presença de desconforto térmico foi >72.

3.4. Análise estatística

Para o registo e consolidação dos dados obtidos, recorreu-se ao programa Microsoft Excel 2016®. Para a análise estatística dos dados usou-se o software "R" versão 4.2.0 (<https://www.r-project.org/>).

Para avaliar a associação entre as variáveis quantitativas, calculou-se a diferença entre as médias dos valores de ITH e parâmetros reprodutivos, tendo sido utilizado o teste t de Student. Para a comparação de variáveis qualitativas, ou seja, as taxas de animais gestantes, utilizou-se o teste exato de Fisher. Os testes cujos resultados apresentaram um valor de p inferior a 0,05 foram considerados estatisticamente significativos, em conformidade com a prática convencional de estabelecer um limiar para a significância estatística.

4. Resultados

Na figura 6 apresenta-se a evolução do ITH ao longo de 2023, onde se verifica que os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram valores mais baixos de ITH (54,3; 54,2; 56,2, respetivamente), e julho, agosto e setembro foram os meses que apresentaram os valores mais elevados (respetivamente 67,2; 69,2; 66,7). Esta variação sustenta a perceção clara de sazonalidade térmica ao longo do ano.

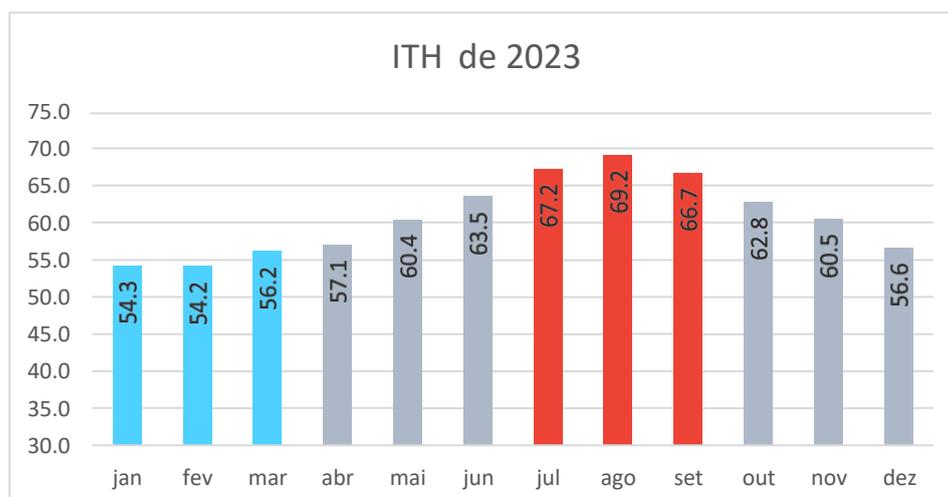


Figura 6 Valores médios de ITH de cada mês de 2023.

A análise da tabela 2 revela que o ITH dos meses de julho a setembro é estatisticamente distinto dos meses de janeiro a março ($p < 0,0001$), e que podem impor um maior desconforto térmico aos bovinos. Além disso, durante os meses mais quentes, observa-se uma proporção significativamente maior de horas em que os bovinos foram expostos a ITHs superiores a 68 e a 72 ($p < 0,0001$). Por outro lado, não foi encontrada correlação estatisticamente significativa ($p < 0,05$) que demonstrasse uma correlação da TG entre os meses mais quentes e os mais frios.

Tabela 2 Efeito da estação fria e quente nas variáveis meteorológicas e na taxa de gestação

Variáveis		jan-mar	jul-set	p-value
Meteorológicas				
	ITH médio	54,89	67,87	<0,0001*
Proporção de tempo que	ITH <72	100%	90,7%	<0,0001*
	ITH >72	0%	9,3%	<0,0001*
	ITH >68	0%	47,3%	<0,0001*
Reprodutivas				
	TG Total	48%	51%	0,1363#
	TG 1ªIA	53%	61%	0,2081#
	TG 2ªIA	46%	38%	0,3269#
	TG >2ªIA	36%	46%	0,2635#

#: Teste de Fisher; *: Teste T Student; **jan-mar**: meses frios - janeiro, fevereiro e março; **jul-set**: meses quentes - julho, agosto e setembro; **TG**: Taxa de gestação

Não se identificou qualquer associação significativa entre a taxa de gestação e o ITH. No entanto, verificou-se uma tendência ($p = 0,056$) para uma maior proporção de bovinos que não ficaram gestantes (IA-) surgirem de períodos temporais onde se verificou stresse térmico (4,9%), relativamente ao grupo de bovinos que ficaram gestantes (4,0%). Foi ainda registado um efeito significativo dos dias em leite (DEL) do animal sobre as taxas de gestação ($p < 0,0001$; tabela 3).

Tabela 3 Impacto dos grupos IA de DG positivo e negativo nas variáveis meteorológicas e reprodutivas

Variáveis	IA +	IA -	p-value
Meteorológicas			
ITH	65,23	65,32	0,6595*
ITH >72	4,0%	4,9%	0,0563*
Reprodutivas			
Lac	3,3	3,6	0,3278*
DEL	260	138	<0,0001*
IA	2,1	2,0	0,8389*

*: Teste T Student; **IA+**: grupo de IAs em que o resultado do DG (≈ 37 dias) foi positivo; **IA-**: grupo de IAs em que o resultado do DG (≈ 37 dias) foi negativo; **ITH>72**: proporção de tempo a que os bovinos estiveram expostos ao stresse térmico; **Lac**: n.º de lactações; **DEL**: dias em leite; **IA**: Inseminação artificial

Não se detetaram efeitos significativos do ITH no dia zero, um e dois após beneficiação sobre o sucesso da IA, apesar de se registar uma tendência para esse efeito ($p = 0,0563$; tabela 3).

Realizou-se uma análise de regressão linear para investigar melhor a relação entre o ITH e a taxa de sucesso, revelando uma tendência marginal para a taxa de sucesso aumentar conforme o ITH diminui ($p = 0,0736$; figura 7).

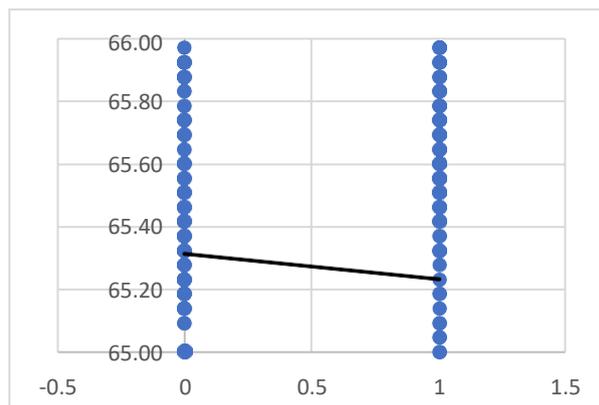


Figura 7 Correlação entre o ITH e a eficácia da IA
0: DG negativo; 1: DG positivo

5. Discussão

Conforme é conhecido, o ST exerce efeitos tanto diretos quanto indiretos sobre a fertilidade dos bovinos, que podem persistir inaparentes por períodos prolongados, de forma que o ser vivo poderá vir a manifestar tais impactos, semanas após a exposição ao ST. Tais condições térmicas desfavoráveis variam de região para região, não só pelas características ambientais, como também do tipo de sistema de produção (Allen et al. 2015).

É evidente que a ilha Terceira não pode ser caracterizada como uma área de altas temperaturas, mas sim como uma região de alta HR, o que favorece um aumento dos valores de ITH capazes de vir a causar desconforto nos bovinos. Embora já existam na ilha explorações com instalações e salas de ordenha, na maioria das vezes os bovinos não se encontram estabulados, sendo o pastoreio o regime predominante na região. Ao longo do ano, os bovinos são transferidos de pastagem em pastagem para garantir um suprimento adequado de alimento. É evidente que essas práticas de pastoreio, devido às constantes mudanças de pastagem, fazem aumentar o gasto energético e a temperatura corporal, tornando os bovinos mais suscetíveis ao ST, ampliando seus efeitos.

Não obstante, neste estudo não se veio a confirmar o efeito negativo dos elevados valores de ITH sobre a reprodução dos bovinos na ilha Terceira, não se tendo observado associação significativa entre o ITH médio e a TG média total de cada mês. Também não se registaram diferenças nas medições de ITH efetuados entre o grupo de IA de diagnóstico de gestação positivo e o grupo IA de diagnóstico de gestação negativo. Ou seja, os resultados, num contexto geral, não foram concordantes com a existência de um efeito negativo do desconforto térmico na TG dos bovinos na exploração estudada, não tendo sido o esperado, com base na informação fornecida noutros estudos (Hansen et al. 2001; Ferreira et al. 2011; Gantner et al. 2011; Liu et al. 2019; Wolfenson e Roth 2019).

Assim sendo, aprofundou-se, questionando o proprietário e o médico veterinário responsável acerca dos resultados obtidos, na tentativa de determinar a existência de potenciais fatores de interferência que pudessem explicar o facto de no verão não ter ocorrido uma suposta descida da TG, comparativamente aos restantes meses. Segundo a informação então recolhida, no início do verão ocorreu uma mudança do concentrado, um alargamento do período voluntário de espera para cerca de 80 dias e um investimento na deteção de cios. A ação conjunta destes fatores poderá explicar o facto da TG média total ser ligeiramente superior no verão (+3%), mesmo tendo-se verificado que no verão as vacas ficaram expostas a ITH >72 em 9,3% das horas diurnas, um limiar conhecido por afetar a capacidade reprodutiva de bovinos leiteiros (Habeeb et al., 2018), é também plausível considerar que os animais possam ter tido alguma recuperação após exposição térmica. Além disso, investigou-se os dados do contraste leiteiro da exploração estudada, relativos ao ano de 2023, não se tendo observado nenhuma oscilação significativa nos parâmetros do leite (ureia, produção de leite, dias em leite, CCS, entre outros) que pudessem sugerir uma eventual influência nos resultados obtidos.

Tendo em conta que o diagnóstico de gestação é efetuado por volta dos 37 dias após beneficiação, a ação do ST sobre a maturação final do oócito, fecundação e o início da embriogénese, fases reprodutivas muito suscetíveis ao desconforto térmico e que são uma das principais causas de insucesso reprodutivo por stresse térmico (Barros e Lopes 2018), só poderiam ser verificadas mais de um mês após a IA, tornando-se impraticável uma comparação direta entre a TG e os valores médios de ITH do mesmo mês. Neste estudo, uma forma de ultrapassar essa problemática e conferir estudos anteriores, foi avaliar os valores de ITH no dia zero, um e dois após beneficiação e compará-lo com o sucesso da IA, a fim de investigar uma possível correlação. Entretanto, embora tenha sido observada uma correlação, esta não atingiu uma significância estatística ($p = 0,0563$).

Os resultados obtidos apresentaram uma distinta variação sazonal do ITH, revelando que os meses mais quentes, em particular de julho a setembro, obtiveram níveis mais elevados de ST para os bovinos, pelo que foram registados quase metade das horas (47,2%) valores de ITH superior a 68 (algum desconforto térmico) o que não aconteceu com os meses mais frios (0% de ITH >68). Embora tivesse sido obtido uma significância estatística na sazonalidade térmica ($p < 0,0001$), o mesmo não se verificou nos valores de ITH e TG total entre os meses de verão e de inverno ($p = 0,1363$).

Para além, da análise estatística não demonstrar significância entre o ITH e a taxa de sucesso da inseminação, verificou-se uma disparidade estatisticamente significativa no parâmetro DEL. Esta discrepância pode ser explicada pelo facto de que algumas das IAs analisadas pertencerem ao mesmo animal, visando aumentar a representatividade da amostra. Esclarecendo-se que o grupo de IAs que resultaram DG positivo tenham maior número de DEL do que o restante grupo.

É relevante salientar que este estudo foi conduzido em um ano, numa única exploração, o que pode limitar a generalização dos resultados para outras áreas ou explorações agropecuárias. Futuras pesquisas poderiam beneficiar de uma amostragem mais ampla e de uma análise mais detalhada das interações entre o ST e os processos reprodutivos dos bovinos na Ilha Terceira.

Este estudo teve como principal limitação a escolha de explorações que pudessem servir para objeto de estudo, pois como já referido, nem todas possuem dimensão suficiente, realizam registos de forma rigorosa, ou têm como rotina a realização do controlo reprodutivo. Mesmo assim, na exploração estudada verificou-se valores de ITH no verão suficientes para que as vacas pudessem mostrar perdas de rendimento reprodutivo.

As explicações para os resultados incongruentes poderão advir da inexistência de calor extremo e de algumas alterações ocorridas no manejo. Num futuro próximo, será interessante retomar a novas investigações deste tema, em explorações pertencentes a regiões mais quentes da ilha Terceira, onde também decorra de forma estrita o registo e controlo reprodutivo.

6. Conclusão

Neste estudo destaca-se a complexidade das interações entre as condições térmicas e a fertilidade dos bovinos, havendo necessidade de continuar a investigar para elucidar os mecanismos subjacentes e seus efeitos a longo prazo. A compreensão desses fenômenos são cruciais para o desenvolvimento de estratégias, manejos adaptados, capazes de mitigar os impactos negativos dessas variáveis nas operações pecuárias, promovendo a produtividade sustentável e o bem-estar animal.

Após análise e discussão dos resultados obtidos, pode-se concluir que no decurso do ano de 2023, na exploração estudada, não se evidenciou influencia significativa do ITH na TG entre os meses quentes e frios. Para além, de também não se ter confirmado o facto do insucesso das IAs ocorridas entre maio e outubro se dever aos elevados níveis de ITH na data da IA e os dois dias seguintes.

Bibliografia

- Al-Katanani, Y.M., F.F. Lopes, e P.J. Hansen. 2002. «Effect of Season and Exposure to Heat Stress on Oocyte Competence in Holstein Cows». *Journal of Dairy Science* 85 (2): 390–96. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74086-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74086-1).
- Allen, J.D., L.W. Hall, R.J. Collier, e J.F. Smith. 2015. «Effect of Core Body Temperature, Time of Day, and Climate Conditions on Behavioral Patterns of Lactating Dairy Cows Experiencing Mild to Moderate Heat Stress». *Journal of Dairy Science* 98 (1): 118–27. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7704>.
- Andreu-Vázquez, C., F. López-Gatius, I. García-Ispierto, M.J. Maya-Soriano, R.H.F. Hunter, e M. López-Béjar. 2010. «Does Heat Stress Provoke the Loss of a Continuous Layer of Cortical Granules beneath the Plasma Membrane during Oocyte Maturation?» *Zygote* 18 (4): 293–99. <https://doi.org/10.1017/S0967199410000043>.
- Armstrong, D.V. 1994. «Heat Stress Interaction with Shade and Cooling». *Journal of Dairy Science* 77 (7): 2044–50. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6).
- Asmarasari, Santiananda Arta, Nurul Azizah, Sutikno Sutikno, Wisri Puastuti, Azhar Amir, Lisa Praharani, Supardi Rusdiana, et al. 2023. «A review of dairy cattle heat stress mitigation in Indonesia». *Veterinary World* 16 (5): 1098–1108. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.1098-1108>.
- Ayemele, Aurele Gnetegha, Mekonnen Tilahun, Sun Lingling, Samy Abdelaziz Elsaadawy, Zitai Guo, Gaojuan Zhao, Jianchu Xu, e Dengpan Bu. 2021. «Oxidative Stress in Dairy Cows: Insights into the Mechanistic Mode of Actions and Mitigating Strategies». *Antioxidants* 10 (12): 1918. <https://doi.org/10.3390/antiox10121918>.
- Azevedo, Eduardo B. De. 2015. «O Clima dos Açores (monografia)». <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2075.1200>.
- Azevedo, Susana Garrido, Tiago Sequeira, Marcelo Santos, e Daniela Nikuma. 2020. «Climate Change and Sustainable Development: The Case of Amazonia and Policy Implications». *Environmental Science and Pollution Research* 27 (8): 7745–56. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07725-4>.
- Bar, Doron, Moshe Kaim, Israel Flamenbaum, Boaz Hanochi, e Rachel L. Toaff-Rosenstein. 2019. «Technical Note: Accelerometer-Based Recording of Heavy Breathing in Lactating and Dry Cows as an Automated Measure of Heat Load». *Journal of Dairy Science* 102 (4): 3480–86. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15186>.
- Barros, Flavia R. O. de, e Fabíola F. Paula-Lopes. 2018. «Cellular and Epigenetic Changes Induced by Heat Stress in Bovine Preimplantation Embryos». *Molecular Reproduction and Development* 85 (11): 810–20. <https://doi.org/10.1002/mrd.23040>.
- Becker, C.A., R.J. Collier, e A.E. Stone. 2020. «Invited Review: Physiological and Behavioral Effects of Heat Stress in Dairy Cows». *Journal of Dairy Science* 103 (8): 6751–70. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17929>.
- Bohmanova, J., I. Misztal, e J.B. Cole. 2007. «Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses Due to Heat Stress». *Journal of Dairy Science* 90 (4): 1947–56. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-513>.
- Bouraoui, Rachid, Mondher Lahmar, Abdessalem Majdoub, M’nouer Djemali, e Ronald Belyea. 2002. «The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate». *Animal Research* 51 (6): 479–91. <https://doi.org/10.1051/animres:2002036>.
- Brown-Brandl, Tami M. 2018. «Understanding heat stress in beef cattle». *Revista Brasileira de Zootecnia* 47 (0). <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>.

- Brügemann, K., E. Gernand, U. König von Borstel, e S. König. 2012. «Defining and Evaluating Heat Stress Thresholds in Different Dairy Cow Production Systems». *Archives Animal Breeding* 55 (1): 13–24. <https://doi.org/10.5194/aab-55-13-2012>.
- Bryant, Jeremy R., Frances Huddart, e Karin E. Schütz. 2023. «Development of a Heat Load Index for Grazing Dairy Cattle». *New Zealand Journal of Agricultural Research* 66 (6): 665–79. <https://doi.org/10.1080/00288233.2022.2114504>.
- Capela, Luís, Inês Leites, Ricardo Romão, Luís Lopes-da-Costa, e Rosa M. Lino Neto Pereira. 2022. «Impact of Heat Stress on Bovine Sperm Quality and Competence». *Animals* 12 (8): 975. <https://doi.org/10.3390/ani12080975>.
- Carabaño, M. J., M. Ramón, C. Díaz, A. Molina, M. D. Pérez-Guzmán, e J. M. Serradilla. 2017. «BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM: Breeding for Resilience to Heat Stress Effects in Dairy Ruminants. A Comprehensive Review1». *Journal of Animal Science* 95 (4): 1813–26. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1114>.
- Carroll, J.A., N.C. Burdick Sanchez, R. Chaffin, C.C. Chase, S.W. Coleman, e D.E. Spiers. 2013. «Heat-Tolerant versus Heat-Sensitive Bos Taurus Cattle: Influence of Air Temperature and Breed on the Acute Phase Response to a Provocative Immune Challenge». *Domestic Animal Endocrinology* 45 (3): 163–69. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2013.08.002>.
- Cartmill, J.A., S.Z. El-Zarkouny, B.A. Hensley, T.G. Rozell, J.F. Smith, e J.S. Stevenson. 2001. «An Alternative AI Breeding Protocol for Dairy Cows Exposed to Elevated Ambient Temperatures before or after Calving or Both». *Journal of Dairy Science* 84 (4): 799–806. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74536-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74536-5).
- Cartwright, Shannon L., Julie Schmied, Niel Karrow, e Bonnie A. Mallard. 2023. «Impact of Heat Stress on Dairy Cattle and Selection Strategies for Thermotolerance: A Review». *Frontiers in Veterinary Science* 10 (junho): 1198697. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1198697>.
- Cavallari, Fernanda De Castro, Cláudia Lima Verde Leal, Roth Zvi, e Peter J. Hansen. 2019. «Effects of Melatonin on Production of Reactive Oxygen Species and Developmental Competence of Bovine Oocytes Exposed to Heat Shock and Oxidative Stress during *in Vitro* Maturation». *Zygote* 27 (3): 180–86. <https://doi.org/10.1017/S0967199419000236>.
- Chebel, Ricardo C., José E.P. Santos, James P. Reynolds, Ronaldo L.A. Cerri, Sérgio O. Juchem, e Michael Overton. 2004. «Factors Affecting Conception Rate after Artificial Insemination and Pregnancy Loss in Lactating Dairy Cows». *Animal Reproduction Science* 84 (3–4): 239–55. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.12.012>.
- Chiga, C F Are, C R Staples, L R McDOWELL, e P J Hansen. 1998. «Effects of Timed Insemination and Supplemental B-Carotene on Reproduction and Milk Yield of Dairy Cows Under Heat Stress» 81 (2).
- Collier, R.J., D.K. Beede, W.W. Thatcher, L.A. Israel, e C.J. Wilcox. 1982. «Influences of Environment and Its Modification on Dairy Animal Health and Production». *Journal of Dairy Science* 65 (11): 2213–27. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82484-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82484-3).
- Collier, R.J., B.J. Renquist, e Y. Xiao. 2017. «A 100-Year Review: Stress Physiology Including Heat Stress». *Journal of Dairy Science* 100 (12): 10367–80. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13676>.
- Dahl, Geoffrey E., Amy L. Skibieli, e Jimena Laporta. 2019. «In Utero Heat Stress Programs Reduced Performance and Health in Calves». *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 35 (2): 343–53. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.02.005>.
- Das, Ramendra, Lalrengpuii Sailo, Nishant Verma, Pranay Bharti, Nyanashree Saikia, Imtiwati, e Rakesh Kumar. 2016. «Impact of heat stress on health and performance of dairy

- animals: A review». *Veterinary World* 9 (3): 260–68.
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.260-268>.
- Dash, Soumya, A. K. Chakravarty, Avtar Singh, Arpan Upadhyay, Manvendra Singh, e Saleem Yousuf. 2016. «Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review». *Veterinary World* 9 (3): 235–44.
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.235-244>.
- De Rensis, F., I. Garcia-Ispuerto, e F. López-Gatius. 2015. «Seasonal Heat Stress: Clinical Implications and Hormone Treatments for the Fertility of Dairy Cows». *Theriogenology* 84 (5): 659–66. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.021>.
- Ealy, Alan D., Maarten Drost, e Peter J. Hansen. 1993. «Developmental Changes in Embryonic Resistance to Adverse Effects of Maternal Heat Stress in Cows». *Journal of Dairy Science* 76 (10): 2899–2905. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77629-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77629-8).
- Edwards, J. Lannett, e Peter J. Hansen. 1997. «Differential Responses of Bovine Oocytes and Preimplantation Embryos to Heat Shock». *Molecular Reproduction and Development* 46 (2): 138–45. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2795\(199702\)46:2<138::AID-MRD4>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2795(199702)46:2<138::AID-MRD4>3.0.CO;2-R).
- Eppig, John J., Karen Wigglesworth, e Frank L. Pendola. 2002. «The Mammalian Oocyte Orchestrates the Rate of Ovarian Follicular Development». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99 (5): 2890–94. <https://doi.org/10.1073/pnas.052658699>.
- Fear, Justin M., e Peter J. Hansen. 2011. «Developmental Changes in Expression of Genes Involved in Regulation of Apoptosis in the Bovine Preimplantation Embryo1». *Biology of Reproduction* 84 (1): 43–51. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.110.086249>.
- Ferraz, P.A., C. Burnley, J. Karanja, A. Viera-Neto, J.E.P. Santos, R.C. Chebel, e K.N. Galvão. 2016. «Factors Affecting the Success of a Large Embryo Transfer Program in Holstein Cattle in a Commercial Herd in the Southeast Region of the United States». *Theriogenology* 86 (7): 1834–41. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.05.032>.
- Ferreira, R.M., H. Ayres, M.R. Chiaratti, M.L. Ferraz, A.B. Araújo, C.A. Rodrigues, Y.F. Watanabe, et al. 2011. «The Low Fertility of Repeat-Breeder Cows during Summer Heat Stress Is Related to a Low Oocyte Competence to Develop into Blastocysts». *Journal of Dairy Science* 94 (5): 2383–92. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3904>.
- Fisher, A. D., N. Roberts, S. J. Bluett, G. A. Verkerk, e L. R. Matthews. 2008. «Effects of Shade Provision on the Behaviour, Body Temperature and Milk Production of Grazing Dairy Cows during a New Zealand Summer». *New Zealand Journal of Agricultural Research* 51 (2): 99–105. <https://doi.org/10.1080/00288230809510439>.
- Flamenbaum, Israel, e Nadav Galon. 2010. «Management of Heat Stress to Improve Fertility in Dairy Cows in Israel». *Journal of Reproduction and Development* 56 (S): S36–41. <https://doi.org/10.1262/jrd.1056S36>.
- Fournel, Sébastien, Véronique Ouellet, e Édith Charbonneau. 2017. «Practices for Alleviating Heat Stress of Dairy Cows in Humid Continental Climates: A Literature Review». *Animals* 7 (12): 37. <https://doi.org/10.3390/ani7050037>.
- Friedman, E., Z. Roth, H. Voet, Y. Lavon, e D. Wolfenson. 2012. «Progesterone Supplementation Postinsemination Improves Fertility of Cooled Dairy Cows during the Summer». *Journal of Dairy Science* 95 (6): 3092–99. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5017>.
- Gantner, Vesna, Pero Mijić, Krešimir Kuterovac, Drago Solić, e Ranko Gantner. 2011. «Temperature-Humidity Index Values and Their Significance on the Daily Production of Dairy Cattle».
- Garcia-Ispuerto, I, A Abdelfatah, e F López-Gatius. 2013. «Melatonin Treatment at Dry-off Improves Reproductive Performance Postpartum in High-producing Dairy Cows under Heat Stress Conditions». *Reproduction in Domestic Animals* 48 (4): 577–83. <https://doi.org/10.1111/rda.12128>.

- García-Ispierto, I., F. López-Gatius, G. Bech-Sabat, P. Santolaria, J.L. Yániz, C. Nogareda, F. De Rensis, e M. López-Béjar. 2007. «Climate Factors Affecting Conception Rate of High Producing Dairy Cows in Northeastern Spain». *Theriogenology* 67 (8): 1379–85. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.02.009>.
- Garner, J. B., M. Douglas, S. R. O. Williams, W. J. Wales, L. C. Maret, K. DiGiacomo, B. J. Leury, e B. J. Hayes. 2017. «Responses of Dairy Cows to Short-Term Heat Stress in Controlled-Climate Chambers». *Animal Production Science* 57 (7): 1233. <https://doi.org/10.1071/AN16472>.
- Gaughan, J. B., e T. L. Mader. 2014. «Body Temperature and Respiratory Dynamics in Un-Shaded Beef Cattle». *International Journal of Biometeorology* 58 (7): 1443–50. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0746-8>.
- Gordon, Ian. 1994. *Laboratory Production of Cattle Embryos*. Biotechnology in Agriculture Series, no. 11. Wallingford, Oxon, UK: CAB International.
- Götze, A., A. Honnens, G. Flachowsky, e H. Bollwein. 2010. «Variability of Mammary Blood Flow in Lactating Holstein-Friesian Cows during the First Twelve Weeks of Lactation». *Journal of Dairy Science* 93 (1): 38–44. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1781>.
- Habeeb, Alsaied Alnaimy, Ahmed Elsayed Gad, e Mostafa Abas Atta. 2018. «Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals». *International Journal of Biotechnology and Recent Advances* 1 (1): 35–50. <https://doi.org/10.18689/ijbr-1000107>.
- Habimana, Vincent, Athumani Shabani Nguluma, Zabron Cuthibert Nziku, Chinyere Charlotte Ekine-Dzivenu, Gota Morota, Raphael Mrode, e Sebastian Wilson Chenyambuga. 2023. «Heat Stress Effects on Milk Yield Traits and Metabolites and Mitigation Strategies for Dairy Cattle Breeds Reared in Tropical and Sub-Tropical Countries». *Frontiers in Veterinary Science* 10 (julho): 1121499. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1121499>.
- Hackbart, K. S., R. M. Ferreira, A. A. Dietsche, M. T. Socha, R. D. Shaver, M. C. Wiltbank, e P. M. Fricke. 2010. «Effect of Dietary Organic Zinc, Manganese, Copper, and Cobalt Supplementation on Milk Production, Follicular Growth, Embryo Quality, and Tissue Mineral Concentrations in Dairy Cows». *Journal of Animal Science* 88 (12): 3856–70. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3055>.
- Hansen, P.J., M. Drost, R.M. Rivera, F.F. Paula-Lopes, Y.M. Al-Katanani, C.E. Krininger, e C.C. Chase. 2001a. «Adverse Impact of Heat Stress on Embryo Production: Causes and Strategies for Mitigation». *Theriogenology* 55 (1): 91–103. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00448-9](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00448-9).
- Heck, J.M.L., H.J.F. Van Valenberg, J. Dijkstra, e A.C.M. Van Hooijdonk. 2009. «Seasonal Variation in the Dutch Bovine Raw Milk Composition». *Journal of Dairy Science* 92 (10): 4745–55. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2146>.
- Hooper, Leah M., Rebecca R. Payton, Louisa A. Rispoli, Arnold M. Saxton, e J. Lannett Edwards. 2015. «Impact of Heat Stress on Germinal Vesicle Breakdown and Lipolytic Changes during *in Vitro* Maturation of Bovine Oocytes». *Journal of Reproduction and Development* 61 (5): 459–64. <https://doi.org/10.1262/jrd.2014-168>.
- «Incorporation of Coenzyme Q10 into Bovine Oocytes Improves Mitochondrial Features and Alleviates the Effects of Summer Thermal Stress on Developmental Competence1». 2012. *Biology of Reproduction* 87 (5). <https://doi.org/10.1095/biolreprod.112.101881>.
- Ju, Jyh-Cherng, Shie Jiang, Jung-Kai Tseng, John E. Parks, e Xiangzhong Yang. 2005. «Heat Shock Reduces Developmental Competence and Alters Spindle Configuration of Bovine Oocytes». *Theriogenology* 64 (8): 1677–89. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.03.025>.
- Kim, Seon Ho, Sonny C. Ramos, Raniel A. Valencia, Yong Il Cho, e Sang Suk Lee. 2022. «Heat Stress: Effects on Rumen Microbes and Host Physiology, and Strategies to Alleviate the

- Negative Impacts on Lactating Dairy Cows». *Frontiers in Microbiology* 13 (fevereiro): 804562. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.804562>.
- King, V.L., S.K. Denise, D.V. Armstrong, M. Torabi, e F. Wiersma. 1988. «Effects of a Hot Climate on the Performance of First Lactation Holstein Cows Grouped by Coat Color». *Journal of Dairy Science* 71 (4): 1093–96. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79657-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79657-5).
- Lambertz, C., C. Sanker, e M. Gauly. 2014. «Climatic Effects on Milk Production Traits and Somatic Cell Score in Lactating Holstein-Friesian Cows in Different Housing Systems». *Journal of Dairy Science* 97 (1): 319–29. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7217>.
- Lees, Angela M., Veerasamy Sejian, Andrea L. Wallage, Cameron C. Steel, Terry L. Mader, Jarrod C. Lees, e John B. Gaughan. 2019. «The Impact of Heat Load on Cattle». *Animals : an Open Access Journal from MDPI* 9 (6): 322. <https://doi.org/10.3390/ani9060322>.
- Lengi, Andrea J., Jacob W. Stewart, Melissa Makris, Michelle L. Rhoads, e Benjamin A. Corl. 2022. «Heat Stress Increases Mammary Epithelial Cells and Reduces Viable Immune Cells in Milk of Dairy Cows». *Animals : an Open Access Journal from MDPI* 12 (20): 2810. <https://doi.org/10.3390/ani12202810>.
- Liu, Jiangjing, Lanqi Li, Xiaoli Chen, Yongqiang Lu, e Dong Wang. 2019. «Effects of Heat Stress on Body Temperature, Milk Production, and Reproduction in Dairy Cows: A Novel Idea for Monitoring and Evaluation of Heat Stress — A Review». *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 32 (9): 1332–39. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0743>.
- Liu, Z., V. Ezernieks, J. Wang, N. Wann Arachchilage, J. B. Garner, W. J. Wales, B. G. Cocks, e S. Rochfort. 2017. «Heat Stress in Dairy Cattle Alters Lipid Composition of Milk». *Scientific Reports* 7 (1): 961. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01120-9>.
- Loneragan, Patrick, Inger Faerge, Poul Maddox Hyttel, Maurice Boland, e Trudee Fair. 2003. «Ultrastructural Modifications in Bovine Oocytes Maintained in Meiotic Arrest in Vitro Using Roscovitine or Butyrolactone». *Molecular Reproduction and Development* 64 (3): 369–78. <https://doi.org/10.1002/mrd.10206>.
- López-Gatiús, F., P. Santolaria, A. Martino, F. Delétang, e F. De Rensis. 2006. «The Effects of GnRH Treatment at the Time of AI and 12 Days Later on Reproductive Performance of High Producing Dairy Cows during the Warm Season in Northeastern Spain». *Theriogenology* 65 (4): 820–30. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.07.002>.
- Maurya, V. P., S. M. K. Naqvi, R. Gulyani, A. Joshi, e J. P. Mittal. 2005. «Effect of Thermal Stress on Sexual Behaviour of Superovulated Bharat Merino Ewes». *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 18 (10): 1403–6. <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.1403>.
- Mitchell, Duncan, Edward P. Snelling, Robyn S. Hetem, Shane K. Maloney, Willem Maartin Strauss, e Andrea Fuller. 2018. «Revisiting Concepts of Thermal Physiology: Predicting Responses of Mammals to Climate Change». Editado por Dehua Wang. *Journal of Animal Ecology* 87 (4): 956–73. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12818>.
- Monteiro, A.P.A., S. Tao, I.M.T. Thompson, e G.E. Dahl. 2016. «In Utero Heat Stress Decreases Calf Survival and Performance through the First Lactation». *Journal of Dairy Science* 99 (10): 8443–50. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11072>.
- Most, Micah S., e Dustin T. Yates. 2021. «Inflammatory Mediation of Heat Stress-Induced Growth Deficits in Livestock and Its Potential Role as a Target for Nutritional Interventions: A Review». *Animals* 11 (12): 3539. <https://doi.org/10.3390/ani11123539>.
- Nichols, J.R., D.J. Schingoethe, H.A. Maiga, M.J. Brouk, e M.S. Piepenbrink. 1998. «Evaluation of Corn Distillers Grains and Ruminally Protected Lysine and Methionine for Lactating Dairy Cows». *Journal of Dairy Science* 81 (2): 482–91. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75600-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75600-0).
- Odongo, N. E., O. AlZahal, M. I. Lindinger, T. F. Duffield, E. V. Valdes, S. P. Terrell, e B. W. McBride. 2006. «Effects of Mild Heat Stress and Grain Challenge on Acid-Base Balance

- and Rumen Tissue Histology in Lambs¹». *Journal of Animal Science* 84 (2): 447–55. <https://doi.org/10.2527/2006.842447x>.
- Oldham, J.D. 1984. «Protein-Energy Interrelationships in Dairy Cows». *Journal of Dairy Science* 67 (5): 1090–1114. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81410-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81410-1).
- Olson, T. A., C. Lucena, C. C. Chase, e A. C. Hammond. 2003. «Evidence of a Major Gene Influencing Hair Length and Heat Tolerance in Bos Taurus Cattle^{1,2,3}». *Journal of Animal Science* 81 (1): 80–90. <https://doi.org/10.2527/2003.81180x>.
- Paratte, Richard. 2020. «Un intestino sano e funzionale aiuta a prevenire la perdita di latte legata a chetosi e a stress da caldo». Site. *Ruminantia - Web Magazine del mondo dei Ruminanti* (blog). Dicembre de 2020. <https://www.ruminantia.it/un-intestino-sano-e-funzionale-aiuta-a-prevenire-la-perdita-di-latte-legata-a-chetosi-e-a-stress-da-caldo/>.
- Paula-Lopes, F.F., Y.M. Al-Katanani, A.C. Majewski, L.R. McDowell, e P.J. Hansen. 2003. «Manipulation of Antioxidant Status Fails to Improve Fertility of Lactating Cows or Survival of Heat-Shocked Embryos». *Journal of Dairy Science* 86 (7): 2343–51. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73827-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73827-2).
- Payton, Rebecca R., Louisa A. Rispoli, Kimberly A. Nagle, Cedric Gondro, Arnold M. Saxton, Brynn H. Voy, e J. Lannett Edwards. 2018. «Mitochondrial-Related Consequences of Heat Stress Exposure during Bovine Oocyte Maturation Persist in Early Embryo Development». *Journal of Reproduction and Development* 64 (3): 243–51. <https://doi.org/10.1262/jrd.2017-160>.
- Piccioni, Federica, Vincenzo Zappavigna, e Arturo C. Verrotti. 2005. «Translational Regulation during Oogenesis and Early Development: The Cap-Poly(A) Tail Relationship». *Comptes Rendus Biologies* 328 (10–11): 863–81. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2005.05.006>.
- Polsky, Liam, e Marina A.G. Von Keyserlingk. 2017. «Invited Review: Effects of Heat Stress on Dairy Cattle Welfare». *Journal of Dairy Science* 100 (11): 8645–57. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>.
- Quist, M.A., S.J. LeBlanc, K.J. Hand, D. Lazenby, F. Miglior, e D.F. Kelton. 2008. «Milking-to-Milking Variability for Milk Yield, Fat and Protein Percentage, and Somatic Cell Count». *Journal of Dairy Science* 91 (9): 3412–23. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0184>.
- R. G. Da Silva, N. La Scala Jr., e H. Tonhati. 2003. «RADIATIVE PROPERTIES OF THE SKIN AND HAIRCOAT OF CATTLE AND OTHER ANIMALS». *Transactions of the ASAE* 46 (3). <https://doi.org/10.13031/2013.13567>.
- Ravagnolo, O., I. Misztal, e G. Hoogenboom. 2000. «Genetic Component of Heat Stress in Dairy Cattle, Development of Heat Index Function». *Journal of Dairy Science* 83 (9): 2120–25. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75094-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75094-6).
- Rivera, Rocío Melissa, Gabriella M Dahlgren, Luiz Augusto De Castro E Paula, Robert T Kennedy, e Peter J Hansen. 2004. «Actions of thermal stress in two-cell bovine embryos: oxygen metabolism, glutathione and ATP content, and the time-course of development». *Reproduction* 128 (1): 33–42. <https://doi.org/10.1530/rep.1.00146>.
- Rodriguez-Venegas, Rafael, Cesar Alberto Meza-Herrera, Pedro Antonio Robles-Trillo, Oscar Angel-Garcia, Martín Alfredo Legarreta-Gonzalez, Humberto Filemón Sánchez-Vocanegra, e Rafael Rodriguez-Martinez. 2023. «Effect of THI on Milk Production, Percentage of Milking Cows, and Time Lying in Holstein Cows in Northern-Arid Mexico». *Animals : an Open Access Journal from MDPI* 13 (10): 1715. <https://doi.org/10.3390/ani13101715>.
- Roland, L., M. Drillich, D. Klein-Jöbstl, e M. Iwersen. 2016. «Invited Review: Influence of Climatic Conditions on the Development, Performance, and Health of Calves». *Journal of Dairy Science* 99 (4): 2438–52. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9901>.
- Rutledge, J J, R L Monson, D L Northey, e M L Leibfried-Rutledge. s.d. «SEASONALITY OF CATTLE EMBRYO PRODUCTION IN A TEMPERATE REGION».

- Sakatani, M., N.V. Alvarez, M. Takahashi, e P.J. Hansen. 2012. «Consequences of Physiological Heat Shock Beginning at the Zygote Stage on Embryonic Development and Expression of Stress Response Genes in Cattle». *Journal of Dairy Science* 95 (6): 3080–91. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4986>.
- Sakatani, Miki, Shu-Ichi Kobayashi, e Masashi Takahashi. 2004. «Effects of Heat Shock on in Vitro Development and Intracellular Oxidative State of Bovine Preimplantation Embryos». *Molecular Reproduction and Development* 67 (1): 77–82. <https://doi.org/10.1002/mrd.20014>.
- Sangsrivong, S., D.K. Combs, R. Sartori, L.E. Armentano, e M.C. Wiltbank. 2002. «High Feed Intake Increases Liver Blood Flow and Metabolism of Progesterone and Estradiol-17 β in Dairy Cattle». *Journal of Dairy Science* 85 (11): 2831–42. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74370-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74370-1).
- Satrapa, Ra, Em Razza, Acs Castilho, Ral Simões, Cf Silva, T Nabhan, Mf Pegorer, e Cm Barros. 2013. «Differential Expression of IGF Family Members in Heat-Stressed Embryos Produced *In Vitro* from OPU -Derived Oocytes of Nelore (*B Os Indicus*) and Holstein (*B Os Taurus*) Cows». *Reproduction in Domestic Animals* 48 (6): 1043–48. <https://doi.org/10.1111/rda.12211>.
- Schmitt, E J, T Diaz, C M Barros, R L De La Sota, M Drost, E W Fredriksson, C R Staples, R Thorner, e W W Thatcher. 1996. «Differential Response of the Luteal Phase and Fertility in Cattle Following Ovulation of the First-Wave Follicle with Human Chorionic Gonadotropin or an Agonist of Gonadotropin-Releasing Hormone.» *Journal of Animal Science* 74 (5): 1074. <https://doi.org/10.2527/1996.7451074x>.
- Schneider, P. L., D. K. Beede, e C. J. Wilcox. 1988. «Nycterohemeral Patterns of Acid-Base Status, Mineral Concentrations and Digestive Function of Lactating Cows in Natural or Chamber Heat Stress Environments2». *Journal of Animal Science* 66 (1): 112–25. <https://doi.org/10.2527/jas1988.661112x>.
- Schütz, K.E., N.R. Cox, V.M. Cave, F.J. Huddart, e C.B. Tucker. 2023. «Effects of Changing Milking and Feeding Times on the Behaviour, Body Temperature, Respiration Rate and Milk Production of Dairy Cows on Pasture». *Applied Animal Behaviour Science* 261 (abril): 105895. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2023.105895>.
- Silanikove, Nissim. 2000. «Effects of Heat Stress on the Welfare of Extensively Managed Domestic Ruminants». *Livestock Production Science* 67 (1–2): 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7).
- Soto, Paolete, e Lawrence C. Smith. 2009. «BH4 Peptide Derived from Bcl-xL and Bax-inhibitor Peptide Suppresses Apoptotic Mitochondrial Changes in Heat Stressed Bovine Oocytes». *Molecular Reproduction and Development* 76 (7): 637–46. <https://doi.org/10.1002/mrd.20986>.
- Thornton, Philip, Gerald Nelson, Dianne Mayberry, e Mario Herrero. 2022. «Impacts of Heat Stress on Global Cattle Production during the 21st Century: A Modelling Study». *The Lancet Planetary Health* 6 (3): e192–201. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00002-X](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00002-X).
- Wang, Jingjun, Jinghui Li, Fengxia Wang, Jianxin Xiao, Yajing Wang, Hongjian Yang, Shengli Li, e Zhijun Cao. 2020. «Heat Stress on Calves and Heifers: A Review». *Journal of Animal Science and Biotechnology* 11 (1): 79. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00485-8>.
- Wolfenson, D, Z Roth, e R Meidan. 2000. «Impaired Reproduction in Heat-Stressed Cattle: Basic and Applied Aspects». *Animal Reproduction Science* 60–61 (julho): 535–47. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00102-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00102-0).
- Wolfenson, David, e Zvi Roth. 2019. «Impact of Heat Stress on Cow Reproduction and Fertility». *Animal Frontiers* 9 (1): 32–38. <https://doi.org/10.1093/af/vfy027>.

- Xu, K. P., e T. Greve. 1988. «A Detailed Analysis of Early Events during In-Vitro Fertilization of Bovine Follicular Oocytes». *Reproduction* 82 (1): 127–34. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0820127>.
- Yin, T., K. Halli, e S. König. 2022. «Direct Genetic Effects, Maternal Genetic Effects, and Maternal Genetic Sensitivity on Prenatal Heat Stress for Calf Diseases and Corresponding Genomic Loci in German Holsteins». *Journal of Dairy Science* 105 (8): 6795–6808. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21804>.
- Yu, Meng-Fei, Xin-Mao Zhao, Hang Cai, Jian-Ming Yi, e Guo-Hua Hua. 2020. «Dihydropyridine Enhances the Antioxidant Capacities of Lactating Dairy Cows under Heat Stress Condition». *Animals* 10 (10): 1812. <https://doi.org/10.3390/ani10101812>.
- Yudin, N. S., e M. I. Voevoda. 2015. «Molecular Genetic Markers of Economically Important Traits in Dairy Cattle». *Russian Journal of Genetics* 51 (5): 506–17. <https://doi.org/10.1134/S1022795415050087>.
- Zhou, M., A.J.A. Aarnink, T.T.T. Huynh, I.D.E. Van Dixhoorn, e P.W.G. Groot Koerkamp. 2022. «Effects of Increasing Air Temperature on Physiological and Productive Responses of Dairy Cows at Different Relative Humidity and Air Velocity Levels». *Journal of Dairy Science* 105 (2): 1701–16. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21164>.
- Zolini, A.M., W.G. Ortiz, E. Estrada-Cortes, M.S. Ortega, S. Dikmen, F. Sosa, J.O. Giordano, e P.J. Hansen. 2019. «Interactions of Human Chorionic Gonadotropin with Genotype and Parity on Fertility Responses of Lactating Dairy Cows». *Journal of Dairy Science* 102 (1): 846–56. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15358>.

Anexos

Anexo 1 Parte dos dados meteorológicos colhidos do sensor e calculo do ITH

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1	hora	dia	m&r	T	HR	ITH24H		hora	dia	m&r	T	HR	ITH12H		hora	dia	m&r	T	HR	ITH+		hora	dia	m&r	T	HR	ITH-	
2	2	*N	01	01	7	78	46,23	09	01	01	6	76	44,82	09	01	05	13	95	55,5	09	02	05	13	84	55,6			
3	2	01	01	01	7	82	45,93	10	01	01	8	71	48,26	10	01	05	13	89	55,6	10	02	05	14	82	57,3			
4	2	02	01	01	6	81	44,4	11	01	01	9	68	49,93	11	01	05	14	89	57,2	11	02	05	14	84	57,3			
5	2	03	01	01	6	79	44,56	12	01	01	10	63	51,63	12	01	05	14	88	57,3	12	02	05	13	82	55,7			
6	2	04	01	01	7	78	46,23	13	01	01	10	64	51,58	13	01	05	15	84	58,9	13	02	05	14	80	57,3			
7	2	05	01	01	7	75	46,45	14	01	01	10	67	51,45	14	01	05	15	88	58,9	14	02	05	14	83	57,3			
8	2	06	01	01	6	75	44,9	15	01	01	11	68	52,89	15	01	05	15	86	58,9	15	02	05	14	79	57,3			
9	2	07	01	01	6	76	44,82	16	01	01	10	69	51,36	16	01	05	14	87	57,3	16	02	05	14	78	57,3			
10	2	08	01	01	6	76	44,82	17	01	01	10	69	51,36	17	01	05	14	87	57,3	17	02	05	14	81	57,3			
11	2	09	01	01	6	76	44,82	18	01	01	10	69	51,36	18	01	05	14	87	57,3	18	02	05	13	81	55,7			
12	2	10	01	01	8	71	48,26	19	01	01	10	68	51,41	19	01	05	14	88	57,3	19	02	05	13	82	55,7			
13	2	11	01	01	9	68	49,93	20	01	01	10	67	51,45	20	01	05	13	89	55,6	20	02	05	12	85	54			
14	2	12	01	01	10	63	51,63	09	02	01	12	90	53,84	09	02	05	13	84	55,6	09	03	05	13	84	55,6			
15	2	13	01	01	10	64	51,58	10	02	01	12	90	53,84	10	02	05	14	82	57,3	10	03	05	14	80	57,3			
16	2	14	01	01	10	67	51,45	11	02	01	13	85	55,61	11	02	05	14	84	57,3	11	03	05	14	80	57,3			
17	2	15	01	01	11	68	52,89	12	02	01	13	86	55,6	12	02	05	13	82	55,7	12	03	05	14	81	57,3			
18	2	16	01	01	10	69	51,36	13	02	01	13	89	55,55	13	02	05	14	80	57,3	13	03	05	15	77	58,9			
19	2	17	01	01	10	69	51,36	14	02	01	13	85	55,61	14	02	05	14	83	57,3	14	03	05	15	78	58,9			
20	2	18	01	01	10	69	51,36	15	02	01	13	87	55,58	15	02	05	14	79	57,3	15	03	05	15	80	58,9			
21	2	19	01	01	10	68	51,41	16	02	01	13	88	55,57	16	02	05	14	78	57,3	16	03	05	15	82	58,9			
22	2	20	01	01	10	67	51,45	17	02	01	13	88	55,57	17	02	05	14	81	57,3	17	03	05	14	81	57,3			
23	2	21	01	01	10	69	51,36	18	02	01	13	88	55,57	18	02	05	13	81	55,7	18	03	05	14	82	57,3			
24	2	22	01	01	10	71	51,28	19	02	01	13	88	55,57	19	02	05	13	82	55,7	19	03	05	14	87	57,3			
25	2	23	01	01	11	74	52,68	20	02	01	13	87	55,58	20	02	05	12	85	54	20	03	05	13	87	55,6			
26	2	*N	02	01	11	77	52,58	09	03	01	12	90	53,84	09	03	05	13	84	55,6	09	04	05	15	98	59			
27	2	01	02	01	11	77	52,58	10	03	01	12	89	53,86	10	03	05	14	80	57,3	10	04	05	15	97	59			
28	2	02	02	01	11	79	52,51	11	03	01	13	88	55,57	11	03	05	14	80	57,3	11	04	05	15	98	59			
29	2	03	02	01	11	80	52,48	12	03	01	13	89	55,55	12	03	05	14	81	57,3	12	04	05	15	99	59			
30	2	04	02	01	11	81	52,45	13	03	01	13	86	55,6	13	03	05	15	77	58,9	13	04	05	15	99	59			
31	2	05	02	01	12	82	54,03	14	03	01	13	88	55,57	14	03	05	15	78	58,9	14	04	05	15	10	58,5			
32	2	06	02	01	11	85	52,31	15	03	01	13	87	55,58	15	03	05	15	80	58,9	15	04	05	15	99	59			
33	2	07	02	01	11	88	52,21	16	03	01	13	87	55,58	16	03	05	15	82	58,9	16	04	05	15	10	58,5			
34	2	08	02	01	11	89	52,17	17	03	01	13	89	55,55	17	03	05	14	81	57,3	17	04	05	15	10	58,5			
35	2	09	02	01	12	90	53,84	18	03	01	12	91	53,82	18	03	05	14	82	57,3	18	04	05	15	10	58,5			
36	2	10	02	01	12	90	53,84	19	03	01	12	88	53,89	19	03	05	14	87	57,3	19	04	05	15	10	58,5			
37	2	11	02	01	13	85	55,61	20	03	01	12	86	53,94	20	03	05	13	87	55,6	20	04	05	15	99	59			
38	2	12	02	01	13	86	55,6	09	04	01	13	89	55,55	09	07	05	16	100	60,8	09	14	05	16	92	60,7			
39	2	13	02	01	13	89	55,55	10	04	01	13	89	55,55	10	07	05	16	100	60,8	10	14	05	16	89	60,6			
40	2	14	02	01	13	85	55,61	11	04	01	13	89	55,55	11	07	05	16	100	60,8	11	14	05	17	88	62,3			
41	2	15	02	01	13	87	55,58	12	04	01	13	90	55,54	12	07	05	16	100	60,8	12	14	05	17	88	62,3			
42	2	16	02	01	13	88	55,57	13	04	01	13	92	55,51	13	07	05	16	100	60,8	13	14	05	17	84	62,2			
43	2	17	02	01	13	88	55,57	14	04	01	14	85	57,55	14	07	05	16	100	60,8	14	14	05	18	78	63,7			

Anexo 2 Dados reprodutivos vindos do programa UNIFOR, relativos às IAs de vacas que ficaram gestantes

5.3] Lista de inseminações 2 / 2

Dados gerais dos animais			Reprodução				Estado
Brinco	Nome	DEL	Nº Lact.	Últ. Insem.	# Ins.	Data Últ. Parto	
3968 PT 019803968	Bizarra ✓	395	4	04-06-2023	5	15-11-2022	Gestante
7858 PT 223897858	Lagoa3 ✓	371	2	11-08-2023	4	09-12-2022	Descarte
4146 PT 023674146	Pombinha2	280	3	12-06-2023	1	10-03-2023	Gestante
4147 PT 823674147	Europa4 ✓	270	3	17-08-2023	2	20-03-2023	Gestante
1955 PT 323931955	Síria	242	2	23-06-2023	1	17-04-2023	Gestante
4098 PT 318774098	Marota2	256	7	27-06-2023	1	03-04-2023	Gestante
7487 PT 817297487	Marroquina	248	8	17-07-2023	1	11-04-2023	Gestante
8769 PT 623818769	Venezuela1 ✓	320	2	18-07-2023	3	29-01-2023	Gestante
1947 PT 023931947	Bolonha2 ✓	249	2	30-07-2023	2	10-04-2023	Gestante
4971 PT 718504971	Maluca2 ✓	357	5	02-08-2023	3	23-12-2022	Gestante
9105 PT 123819105	CARIOCA ✓	310	2	05-08-2023	3	08-02-2023	Gestante
7863 PT 123897863	Matilde3	192	2	19-08-2023	1	06-06-2023	Gestante
7875 PT 623897875	Helga	206	2	24-08-2023	1	23-05-2023	Gestante
2714 PT 517362714	JULIANA ✓	383	6	26-08-2023	6	27-11-2022	Descarte
1953 PT 723931953	Sereia	189	2	28-08-2023	1	09-06-2023	Gestante
503264 PT 718503264	Havaiana2 ✓	404	5	07-09-2023	4	06-11-2022	Descarte
2564 PT 823422564	Lisboa3	196	3	09-09-2023	1	02-06-2023	Gestante
4149 PT 423674149	Janota	176	3	10-09-2023	1	22-06-2023	Gestante
7229 PT 219807229	Canadiana ✓	207	4	10-09-2023	2	22-05-2023	Gestante
2559 PT 923422559	Vanda3	180	3	12-09-2023	1	18-06-2023	Gestante
7012 PT 119807012	Holanda ✓	300	4	13-09-2023	5	18-02-2023	Gestante
5813 PT 223825813	MULATA 2 ✓	353	2	17-09-2023	3	27-12-2022	Gestante
7022 PT 019807022	Japonesa2	157	5	28-09-2023	1	11-07-2023	Gestante
1961 PT 023931961	Viviana	212	2	28-09-2023	1	17-05-2023	Gestante
5019 PT 518405019	Morena2 ✓	263	5	04-10-2023	4	27-03-2023	Gestante
2563 PT 023422563	Montanha ✓	194	3	08-10-2023	2	04-06-2023	Gestante
1965 PT 223931965	Malheta	174	2	09-10-2023	1	24-06-2023	Gestante
7226 PT 819807226	Marina	121	4	28-10-2023	1	16-08-2023	Gestante
2562 PT 223422562	Galáxia	89	3	03-11-2023	1	17-09-2023	Negativo
2556 PT 523422556	Guiné	148	3	06-11-2023	1	20-07-2023	Gestante
7860 PT 723897860	Medalha ✓	259	2	06-11-2023	3	31-03-2023	Gestante
5293 PT 323935293	Branquinha ✓	154	2	11-11-2023	2	14-07-2023	Gestante
9113 PT 423819113	Bélgica	121	2	13-11-2023	2	16-08-2023	Negativo
5816 PT 623825816	Malhinha ✓	236	2	13-11-2023	5	23-04-2023	Gestante
7246 PT 223307246	Beja	116	4	21-11-2023	1	21-08-2023	Inseminada
7874 PT 823897874	Leiria1 ✓	133	2	23-11-2023	2	04-08-2023	Inseminada
4484 PT 818514484	Braganca2	116	6	28-11-2023	2	21-08-2023	Inseminada
5013 PT 718405013	Bandeira3	94	7	02-12-2023	1	12-09-2023	Inseminada
7691 PT 518667691	Beleza2	103	8	02-12-2023	2	03-09-2023	Inseminada
8908 PT 723308908	Helena3	81	4	03-12-2023	1	25-09-2023	Inseminada
2634 PT 133172634	Samora	94	1	04-12-2023	1	12-09-2023	Inseminada
8284 PT 833178284	Monica	85	1	04-12-2023	1	21-09-2023	Inseminada
8283 PT 033178283	Marisa	88	1	07-12-2023	1	18-09-2023	Inseminada
9860 PT 818409860	Bolota2 ✓	121	6	11-12-2023	2	16-08-2023	Inseminada
100		160	3		125		
					2,16		

Anexo 3 Dados reprodutivos colhidos no programa UNIFORM acerca das IAs que não originaram gestação

Nome	Nº	Brinco	Raça	Idade	Lactação	DEL	IA (data)	Nº IA	DG (=30)
Carocó	9105		H		2	133	11/06/23	1º	-
Carocó									
Camadina	4229		H		4	72	01/08/23	1º	-
Balata	9860				6	68	23/10/23	1º	-
Marlene	5019				5	80	15/06/23	1º	-
↓	↓				↓	124	29/07/23	2º	-
						168	11/09/23	3º	-
Malata	5813				2	170	16/04/23	1º	-
"	"				"	164	12/06	2º	-
Halanda	4012				4	43	08/05	1º	-
↓	↓				↓	92	21/05	2	-
					↓	134	05/07	3	-
					↓	182	19/08	4	-
Malkinha	5816				2	81	13/04	1º	-
"	"				"	106	07/08	2º	-
Medalha	4860				2	164	11/09	2º	-
Montanha	2563				3	49	22/08	1º	-
Hoviana	3264				5	184	14/05	2º	-
"	"				"	260	24/04	3º	-
"	"				"	305	07/09	4º	-
Sibiana	2714				6	224	12/07	3º	-
"	"				"	242	26/08	4º	-
Maluca	4947				5	194	05/07	1	-
Bolanta	7947				2	46	25/06	1º	-
Venezuela	8769				2	108	12/05	2º	-
Europa	4144				3	65	24/05	1º	-
Lagoa	7858				2	163	21/05	3º	-
Brigadeira	3988				4	180	14/05	4º	-
Isolda	7874				2	181	14/10	1º	-
Brangina	5293				2	42	24/09	1º	-

Anexo 4 Dados do contraste leiteiro

Data	Animais	DEL	Leite	T.B.(%)	T.P.(%)	Ureia (mg/kg)	CCS *1000
2023-01-12	93	153	33,2	3,54	3,19	181	273
2023-02-10	87	164	35,2	3,22	3,12	205	140
2023-03-14	90	174	34,2	3,29	3,26	272	261
2023-04-16	90	182	36,1	3,28	3,14	233	260
2023-05-18	90	191	34,3	3,12	3,10	271	261
2023-06-20	88	196	32,5	3,30	3,19	206	489
2023-07-17	87	200	34,9	3,12	3,22	172	320
2023-08-17	81	212	34,4	2,98	3,17	202	326
2023-09-19	71	195	36,0	3,15	3,21	234	194
2023-10-17	64	168	37,1	3,12	3,34	219	150
2023-11-17	79	147	35,6	3,17	3,31	139	265
2023-12-18	88	133	35,3	3,27	3,32	143	204