

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS: REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

Raquel de Oliveira Andrade

JABOTICABAL - SP
1º Bimestre /2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS: REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

Raquel de Oliveira Andrade
Orientador: Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal,
como parte das exigências para graduação em
Zootecnia.

JABOTICABAL – SP
1º Semestre/2021

A553e	Andrade, Raquel de Oliveira Estresse térmico em vacas leiteiras : revisão bibliográfica / Raquel de Oliveira Andrade. -- Jaboticabal, 2021 69 p. : tabs., fotos Trabalho de conclusão de curso (-) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Mauro Dal Secco de Oliveira 1. Bovino. 2. Calor. 3. Bioclimatologia. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

DEPARTAMENTO: Zootecnia

CERTIFICADO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Estresse térmico em vacas leiteiras: revisão bibliográfica

ACADÊMICO: Raquel de Oliveira Andrade

CURSO: Zootecnia

ORIENTADOR: Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira

PERÍODO: 1º **ANO:** 2021

Aprovado Com Conceito: A ☒ B ☐ C ☐

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO.

Sim ☐ Não ☐

Reprovado: ☐

BANCA EXAMINADORA:

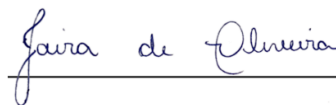
PRESIDENTE: Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira



MEMBRO: Caio César Carmo dos Santos

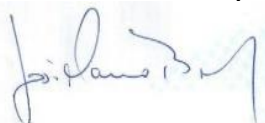


MEMBRO: Jaira de Oliveira



Jaboticabal 06/07/2021

Aprovado em reunião do conselho do departamento em: 06/07/2021



Chefe do Departamento
Prof. Dr. José Mauricio Barbanti Duarte
Chefe do Departamento de Zootecnia
Matrícula n. 422332-9

Dedico

A Deus, pelo dom da vida

Aos meus pais Liliane e Hamilton e minha irmã Fabiana pela confiança, dedicação,
compreensão e amor.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, pela receptibilidade, pela formação profissional, pelas inúmeras oportunidades e por sempre nos orientar no caminho profissional.

Agradeço a todos os professores por proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a também manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional.

Ao prof. Mauro Dal Secco de Oliveira, por sua orientação, apoio, incentivo e confiança no trabalho realizado, agradeço pela disponibilidade em me atender e esclarecer minhas dúvidas e também por ser um exemplo a seguir nesta profissão maravilhosa.

À minha turma, por toda amizade e companheirismo ao longo dos anos, principalmente à Bruna, Marina e Jayne por todo apoio e carinho, amizade e cumplicidade, espero sempre tê-las comigo.

Agradecer em especial à Bruna, por sempre me amparar nos momentos de dificuldade, por estar comigo em todos os momentos, ter te conhecido foi uma das melhores coisas que aconteceu em minha vida.

Aos queridos amigos que fiz nesta trajetória universitária, Victor, Mateus, Carlos, Carolina, Laura e Rafael.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Agradeço a minha mãe, minha base de apoio e incentivo nas horas difíceis, e por seu amor incondicional.

Ao meu pai que me fortaleceu, sendo sempre para mim grande exemplo de força, coragem e sabedoria.

A minha irmã que nunca duvidou que eu fosse capaz, sendo sempre um ponto de equilíbrio e de apoio na minha vida.

À minha avó Elvira, que sempre esteve ao meu lado, me incentivando e não permitindo que eu desanimasse nos momentos difíceis.

E a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Peço à Deus que lhes abençoe sempre.

“Quem acredita, sempre alcança.”

(Renato Russo)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVO.....	11
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	12
3.1 Definição e particularidades do estresse térmico.....	13
3.2 Fisiologia da termorregulação das vacas leiteiras.....	155
3.3 Efeito do estresse térmico em vacas leiteiras.....	Erro! Indicador não definido.
3.4 Fatores relacionados ao estresse térmico	216
3.4.1 Comportamento animal	26
3.4.1.1 Instalações e seus impactos na termorregulação	288
3.4.1.2 Sombreamento natural.....	28
3.4.1.3 Sombreamento artificial	29
3.4.1.4 Particularidades raciais	343
3.4.1.5 Mecanismos de dissipação de calor	364
3.4.1.6 Efeitos do estresse térmico no consumo alimentar de bovinos.....	36
3.4.2 Produção, composição química e qualidade do leite e o período seco	377
3.4.2.1 Classificação do calor e consequências	419
3.4.2.2 O estresse térmico e o período seco.....	41
3.4.3 Manejo nutricional das vacas leiteiras.....	433
3.5 Métodos de controle do estresse térmico	446
3.5.1 Instalações e manejo	556
3.5.2 Algumas medidas ambientais	575
3.5.3 Algumas estratégias alimentares.....	57
3.6 Impacto econômico do estresse térmico em vacas leiteiras.....	622
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	644
5 RESUMO	666
6 SUMMARY	677
REFERÊNCIAS.....	688

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Conforto térmico de acordo com a classificação de bovinos.....	21
Tabela 2 -	Variáveis fisiológicas e níveis de estresse térmico.....	22
Tabela 3 -	Consequências do estresse térmico em vacas.....	24
Tabela 4 -	Efeitos da temperatura do ar e da umidade sobre a produção de leite de vacas de origem europeia.....	41
Tabela 5 -	Classificação do estresse térmico determinado por meio da temperatura e umidade relativa do ar do ambiente e classificado de acordo com o THI.....	46
Tabela 6 -	Efeitos das diferentes intensidades de arrefecimento em vacas leiteiras adultas através da combinação de aspersão e ventilação sobre os seus índices produtivos.....	57
Tabela 7 -	Consumo de água por vaca, com 630 kg de peso vivo, por fase de produção e período seco e para diferentes temperaturas.....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Termólise (perda de calor).....	16
Figura 2 -	Mecanismos para dissipação do calor.....	17
Figura 3 -	Zona de termoneutralidade.....	18
Figura 4 -	Fisiologia do estresse térmico: reações involuntárias do organismo do animal.....	20
Figura 5 -	Vaca babando devido ao estresse térmico.....	25
Figura 6 -	Sombreamento natural para vacas leiteiras.....	29
Figura 7 -	Caminho à sala de ordenha com sombreamento prolongado.....	31
Figura 8 -	Cortina utilizada com objetivo de sombrear o cocho e corredor e impedir a incidência de luz solar direta nos animais.....	32
Figura 9 -	Índice de temperatura-umidade (ITU) para vacas leiteiras.....	45
Figura 10	Sistema de ventilação.....	54
-		
Figura 11	Sistema de nebulização.....	55
-		
Figura 12	Efeito do estresse térmico no consumo de matéria seca de vacas leiteiras.....	61
-		
Figura 13	Efeito do estresse térmico na produção de leite de vacas.....	61
-		
Figura 14	Prejuízos causados pelo estresse térmico em vacas leiteiras.....	63
-		

1 INTRODUÇÃO

De acordo com (MARTINS, s.d.), o conhecimento da interação entre os animais e o ambiente térmico que os rodeia é fundamental para maximizarmos os desempenho das vacas leiteiras, nomeadamente a produção de leite. O ambiente térmico é determinado pelo clima da região, e neste encontram-se vários fatores tais como a temperatura, a humidade relativa do ar, a radiação solar e a velocidade do ar. Com frequência, e em resultado de vários fatores, as vacas estão sujeitas a estresse térmico e, segundo Pierre et al. (2003), os efeitos negativos do estresse térmico nos EUA chega a representar 900 USD vaca/ano.

Quando é que a vaca se encontra em estresse térmico? No entender de Pires (2006), o estresse térmico é o conjunto das alterações que ocorrem no organismo do animal na tentativa de reagir às condições ambientais, tais como as altas temperaturas, alta humidade relativa do ar e excesso de radiação solar. As altas temperaturas são as principais causas da ocorrência no estresse térmico nas vacas. (MARTINS, s.d).

Segundo Silva et al. (2012), a zona de conforto térmico ou de termoneutralidade corresponde aos limites de temperatura em que o animal não apresenta necessidade de mobilizar os recursos termorreguladores para se ajustar às condições ambientais. De acordo com os mesmos autores é uma zona térmica que permite ao animal expressar sua

capacidade produtiva, sem requerer qualquer resposta fisiológica. Assim, quando certos limites são ultrapassados, funções comportamentais, fisiológicas e imunológicas são prejudicadas, comprometendo o desempenho e a saúde dos animais (ANDERSON et al., 2013).

Contudo, de acordo com (MARTINS, s.d.), ao contrário do que ainda é da percepção de muitos, a temperatura do ambiente, até determinados valores, não influenciaria por si tão negativamente a produção de leite. O efeito cumulativo da sua associação com a umidade relativa do ar aumenta o nível estresse térmico.

O estresse térmico pode afetar a vaca leiteira de forma muito negativa em vários aspectos, traduzindo-se naturalmente em perdas econômicas consideráveis, sendo desde logo à partida a mais evidente a queda na Ingestão de Matéria Seca (IMS) e a consequente baixa da produção de leite (MARTINS, s.d.).

Para além disto, não raras vezes, os problemas reprodutivos e podais são também agravados. As vacas a seguir ao parto também tendem a ter mais problemas como retenções placentárias, mamites, metrites e torções de abomaso e, quando por parte da vaca os mecanismos de termólise não são eficientes e/ou suficientes, o calor metabólico somado com o calor recebido do ambiente é superior à quantidade de calor dissipada para o ambiente, haverá um aumento da temperatura retal. Com a temperatura corporal elevada, naturalmente o organismo reage aumentando a sudorese e a frequência respiratória de forma a eliminar o excesso de calor (MORAIS et al., 2008).

2 OBJETIVO

A presente revisão de literatura teve como objetivo, verificar a influência do estresse térmico e suas implicações sobre o desempenho produtivo de vacas leiteiras, além do impacto econômico na criação e trazer possíveis soluções, como o uso de ventilação combinada com aspersores ou nebulizadores, e também manejo nutricional adequado.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Foi realizada uma revisão de literatura a fim de verificar a influência de diversos fatores e aspectos relacionados com o estresse térmico de vacas leiteiras em lactação, resultando na alteração ou não da qualidade e quantidade do leite produzido e concomitantemente sobre o aspecto econômico. Para maior facilidade de abordagem do tema, serão utilizados itens e subitens envolvendo vários aspectos, tais como: definição, mecanismo de ação, limitações, fatores que afetam o estresse, manejo de vacas em lactação e o impacto econômico na criação.

Serão utilizadas informações de revistas especializadas de produção animal (nacionais e internacionais), revistas de divulgação, sites, boletins técnicos, teses, dissertações, canais de simpósios e congressos e de livros especializados em pecuária leiteira.

Para os homeotérmicos a atividade termorregulatória necessária para manter o equilíbrio das suas temperaturas corporais aumenta com a alteração das condições ambientais de temperatura muito altas ou muito baixas (CRUZ et al., 2011).

A zona de neutralidade térmica verifica-se quando em condições moderadas a produção e a perda de calor se encontram em equilíbrio, variando de acordo com a taxa metabólica.

3.1 DEFINIÇÃO E PARTICULARIDADES DO ESTRESSE TÉRMICO

O estresse calórico é definido por Silva (1998) como a força exercida pelos componentes do ambiente térmico sobre um organismo, causando nela uma reação fisiológica proporcional a intensidade da força aplicada e a capacidade do organismo em compensar os desvios causados pela força.

O ambiente, principalmente o ambiente físico, tem grande influência sobre a fisiologia animal pois este afeta diretamente na sua produção, podendo causar algum desconforto. O ambiente térmico, uma das divisões deste, é determinado pelo clima de uma região e neste ambiente encontram-se os fatores climáticos como: temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do ar, que são reunidos em uma única variável, a temperatura efetiva (BAÊTA; SOUZA, 1997). Sobre a nutrição, o estresse calórico altera os requerimentos absolutos por nutrientes específicos, os processos fisiológicos e metabolismo e ainda reduz o consumo total (BEEDE; COLLIER, 1986).

Segundo Pires et al. (2003), quando a temperatura altera-se de tal modo a atingir o ponto crítico de desconforto, a Umidade Relativa (UR) é importante para os mecanismos evaporativos de dissipação de calor, pois em condições de umidade elevada há inibição de evaporação pela pele e pelo trato respiratório, aumentando as condições estressantes ao animal. As melhores condições de temperatura e umidade relativa para a criação de vacas leiteiras, em termos gerais, estão em torno de 13 a 18°C e 60 a 70%, respectivamente, segundo Pires et al. (2003). Porém, para vacas de alta produção, segundo Pires et al. (2003), as condições adequadas se encontrariam em regiões com uma média mensal de temperatura abaixo de 20°C associada a uma umidade relativa em torno de 50 a 80%.

Compensar esses desvios faz parte dos mecanismos de homeostase do organismo dos animais ditos homeotermos (Silva, 2000 apud Columbiano, 2007) e quando não existe

essa compensação, ou quando as trocas de calor entre o ambiente e o animal são ineficientes, estabelecem-se episódios de estresse.

Em função da adversidade climática existente entre as regiões, as estratégias de manejo ambientais devem ser adaptadas às condições locais, e um dos grandes problemas da ambiência na produção de leite é que existem vários modelos relacionados aos sistemas de climatização, entretanto, sua maioria, foi desenvolvida em condições ambientais distintas dos países tropicais (MATARAZZO, 2003).

O estresse calórico, especialmente nas regiões tropicais, consiste em uma importante fonte de perda econômica na pecuária, tendo efeito adverso sobre a produção de leite, produção de carne, fisiologia da produção, reprodução, mortalidade de bezerros e saúde do úbere (HEAD, 1995). Além disso, é um típico problema encontrado no manejo de vacas leiteiras nos trópicos e sub-trópicos, causando reduções não só na produção de leite, mas também mudanças na composição do leite, redução na ingestão de alimentos e aumento na ingestão de água. (Silva, 1998)

A perda de produção de leite devido ao aumento de temperatura depende de fatores como a umidade relativa do ar, velocidade do vento, nutrição e outros fatores relacionados ao manejo. No entanto, são frequentemente observadas perdas produtivas de 10% ou mais (HEAD, 1995).

O conhecimento da interação entre os animais e o ambiente é fundamental para a tomada de decisões quanto a estratégias de manejo a serem utilizadas para maximizar as respostas produtivas e, dessa forma, o entendimento das variações diárias e sazonais das respostas fisiológicas permite a adoção de ajustes que promovam maior conforto aos animais (DAMASCENO e TARGARGA, 1997). O baixo desempenho produtivo de bovinos, quando associado ao estresse calórico, deve-se principalmente à baixa ingestão de

alimentos, que é seguida pela diminuição da atividade enzimática oxidativa, da taxa metabólica e da alteração da concentração de vários hormônios (NARDONE, 1998; PEREIRA et al., 2008).

Em ruminantes, ocorre uma maior produção de calor oriundo da digestão de alimentos contendo forragens quando comparados com animais que recebem alimentos ricos em concentrado e por esse motivo, os ruminantes por estresse de calor tendem a reduzir a ingestão de forragem volumosa em relação à do concentrado (GUIMARÃES et al., 2001). Devido a isso, animais sob estresse calórico reduzem a ingestão de matéria seca voluntária em aproximadamente 25% na tentativa de minimizar a produção de calor (KADZERE et al., 2002). O aumento da frequência respiratória e da ofegação, são mecanismos fisiológicos importantes para dissipação de calor, no entanto, esses mecanismos demandam gasto de energia, resultando no aumento da manutenção diária de bovinos de leite de 7 para 25%, o que resulta também em produção de calor (KADZERE et al., 2002).

Inicialmente a bovinocultura de leite desenvolveu-se em regiões temperadas, nas regiões tropicais os animais apresentavam-se com menor capacidade produtiva, com isso procurou-se introduzir nessas regiões animais de raças de clima temperado na tentativa de melhorar os índices zootécnicos através de cruzamentos com animais nativos ou mesmo da criação de raças puras (MARQUES, 2001).

Nos trópicos há um problema na adaptação de raças leiteiras de origem europeia ao clima, que por sua alta produtividade sofrem com problemas fisiológicos e comportamentais causados pelo estresse térmico diminuindo sua produção (SILVA et al., 2002).

3.2 FISIOLOGIA DA TERMORREGULAÇÃO DA VACA LEITEIRA

A termorregulação não é mais do que um conjunto de mecanismos fisiológicos, estruturais e comportamentais que permitem às vacas, animais homeotérmicos, manter a temperatura corporal dentro de alguns limites para que não haja gasto metabólico para ativar o termorregulador, independentemente das oscilações da temperatura do meio externo, sendo por isso um mecanismo de homeostasia. Para tal a vaca precisa de regular a velocidade do ganho e da perda de calor (ROBINSON, 2004).

Conforme Franck (s. d.) a termólise está relacionada com vários aspectos ligados ao animal, descritos na Figura 1.

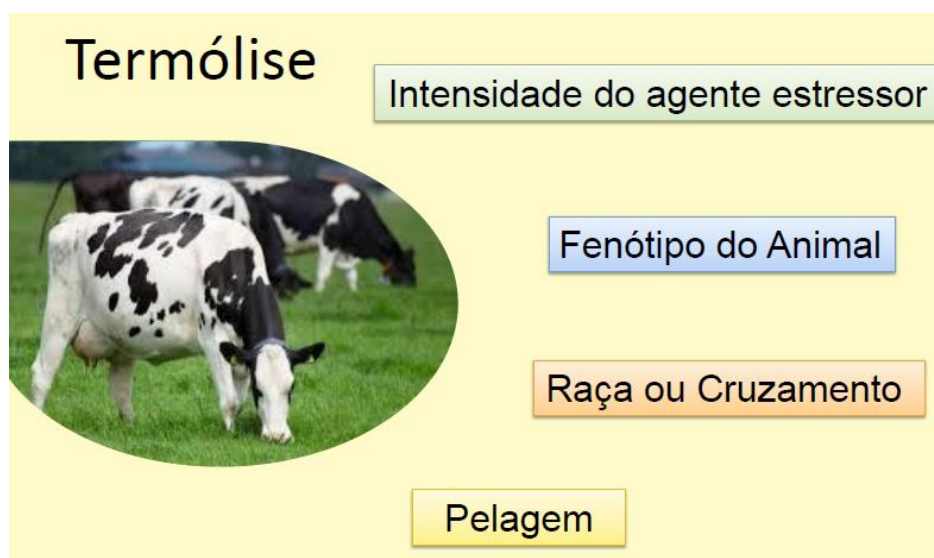


Figura 1. Termólise (perda de calor). Fonte: Franck (s. d.).

O agente estressor é um fator individual, natural ou artificial, que irá contribuir para o estresse do indivíduo. Fenótipo é uma característica observável (produção de leite, Escore de condição corporal, gordura no leite etc.). A raça varia pois como em regiões tropicais gado de origem europeia apresentam menor capacidade produtiva, para melhorar os índices zootécnicos foram realizados cruzamentos com animais nativos mais adaptáveis. E sobre a pelagem, os taurinos possuem pelame mais fino que o zebuino.

Ainda segundo Franck (s. d.) a vaca leiteira dispõe de mecanismos físicos para dissipar o calor (Figura 2).



Figura 2. Mecanismos para dissipação do calor. Fonte: Franck (s. d.).

A zona de conforto para os animais é limitada pela Temperatura Crítica Superior (TCS) e pela Temperatura Crítica Inferior (TCI), (Cruz et al. 2011). Abaixo da TCI os animais sofrem estresse provocado pelo frio – por vezes negligenciado - e acima da TCS sofrem stress provocado pelo calor (MARTELLO, 2006). (Figura 3)

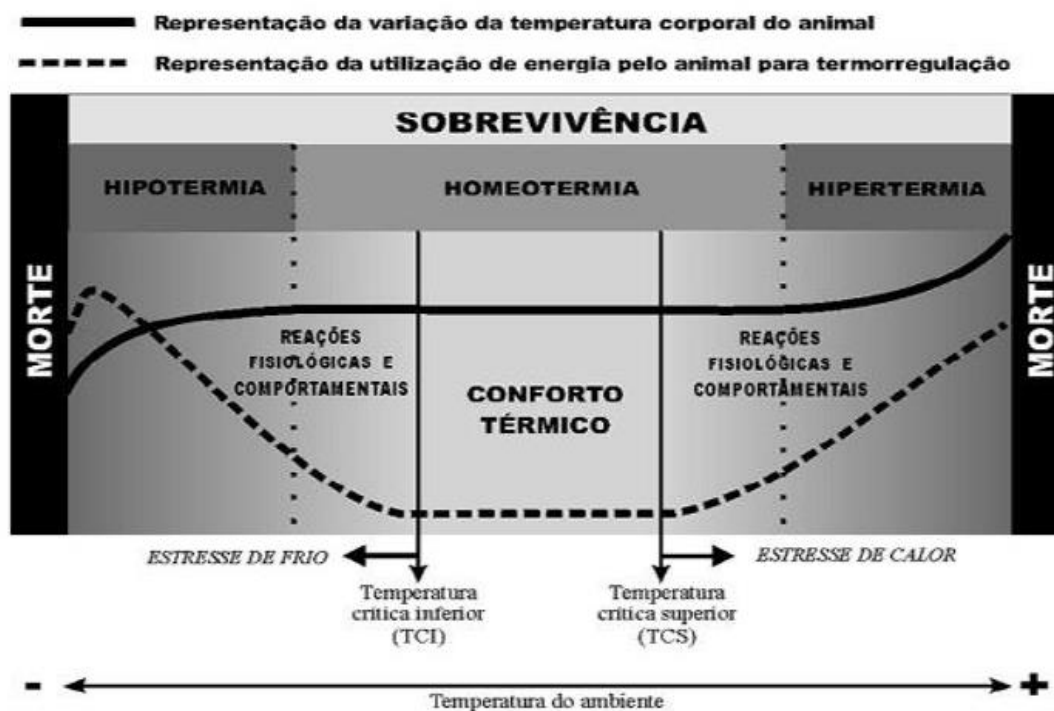


Figura 3. Zona de termoneutralidade. Fonte: Chiquitelli Neto (s. d.) apud Martins (s. d.).

À maior produção de leite está associado uma maior ingestão de alimentos, ou seja, de Ingestão de Matéria Seca (IMS), assim o calor metabólico produzido é superior prejudicando o balanço térmico em períodos de maior estresse, e quando a isto se associam altas temperaturas, níveis elevados de umidade relativa do ar e radiação solar, a vaca entrará em estresse térmico (MARTINS, s.d.). Nestes casos, na vaca leiteira de alta produção, a quantidade de calor metabólico produzido é superior pelo que a zona de neutralidade térmica destes animais tende a ser mais baixa, entre 4°C e 15°C (ROBINSON, 2004). Por conseguinte, é importante referir que perante as mesmas condições, o nível produtivo e a consequente taxa metabólica, pode influenciar mais negativamente as vacas com desempenhos produtivos superiores.

O termorregulador que está localizado no hipotálamo é quem controla a temperatura das vacas, são células periféricas especializadas que transmitem as sensações de frio ou de calor para o sistema nervoso central, que passa essas informações para o hipotálamo

(e este passa uma sensação de saciedade e inibe a fome do animal) (ANGRIMANI et al., 2011).

O controle da temperatura acontece tanto para a produção de calor, em que o hipotálamo anterior é responsável, como para a perda de calor, estando neste caso a responsabilidade a cargo do hipotálamo posterior (MARQUES, 2001).

A vaca quando exposta a estresse térmico reage e dispõe, numa primeira fase, aumentando o fluxo sanguíneo na pele e nos membros pela vasodilatação periférica levando a um aumento da temperatura e consequente aumento do gradiente térmico da pele e membros. Isto resultará uma maior perda de calor para o ambiente por radiação, convecção e condução (ROBINSON, 2004).

A perda de calor por radiação acontece por meio de ondas eletromagnéticas (não depende de matéria para a troca de calor). A perda de calor por convecção verifica-se quando há o deslocamento de massa de fluído, através da movimentação do ar as moléculas são transmitidas dos corpos mais quentes para os mais frios (MARQUES, 2001).

Há mais dois mecanismos fisiológicos através dos quais a vaca perde calor, a evaporação e a condução. No primeiro mecanismo, a vaca perde calor pela evaporação do suor, das secreções das vias respiratórias e da saliva. Este processo é a única forma de perda de calor disponível nos homeotérmicos quando a temperatura ambiente é superior à temperatura corporal sendo a evaporação tanto mais eficiente quanto menor for a umidade relativa do ar (ROBINSON, 2004). A perda de calor por condução acontece pela transferência de calor da superfície de um corpo animal que esteja mais quente para outro corpo que esteja mais frio quando entram em contato (MARQUES, 2001).

Conforme Santos; Leão (2017), todo o processo fisiológico do estresse térmico no animal e seus efeitos sobre a produtividade dos bovinos pode ser observado, resumidamente, na Figura 4.

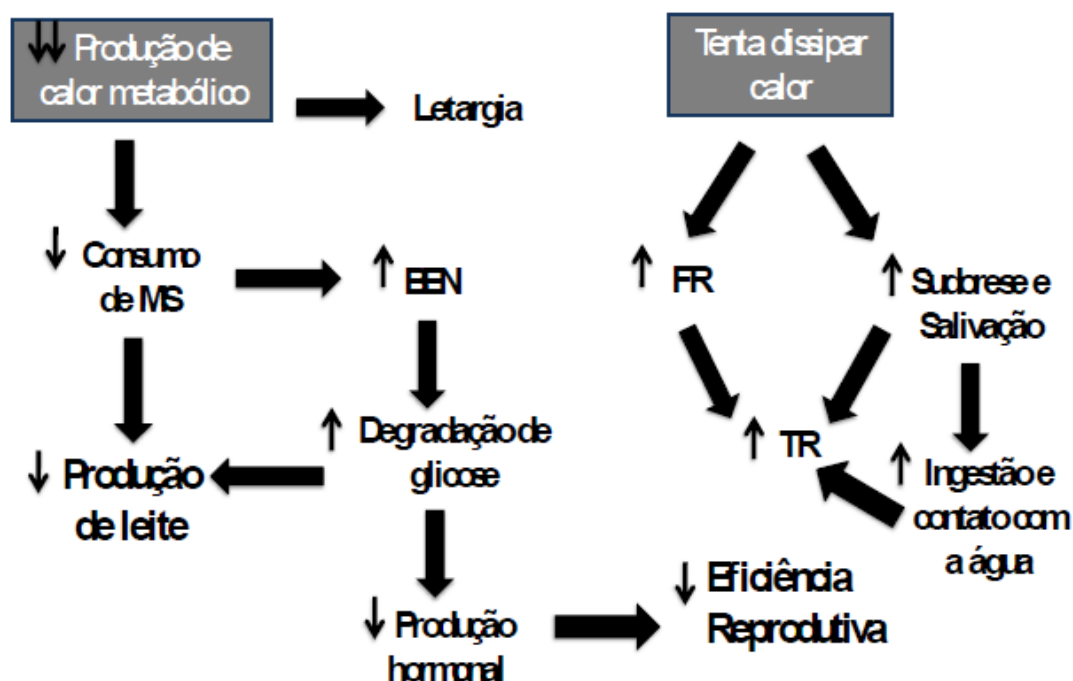


Figura 4. Fisiologia do estresse térmico: reações involuntárias do organismo do animal. Fonte: Santos e Leão (2017).

A Zona de conforto térmico ou termoneutralidade (ZTN) é a faixa de temperatura na qual o animal fica homeostase com o meio, ou seja, não há sistema termorregulador ativado, seja para dissipação ou produção de calor. Isso significa um gasto mínimo para a regulação térmica e, conseqüentemente, uma máxima eficiência produtiva. Em ambientes acima dessa faixa, mecanismos de dissipação de calor são ativados, ao mesmo passo que, em temperaturas inferiores a ZTN, haverá ativação de mecanismos de produção de calor (SUZUKI, 2021).

Os animais de raças zebuínas são mais resistentes ao calor do que os taurinos, pela sua adaptação a regiões tropicais. Isso é explicado pela maior superfície corporal e melhor

capacidade suportar uma maior variação de temperatura interna. Animais jovens possuem uma menor variação da ZTN devido à sua menor capacidade de controle térmico (SUZUKI, 2021).

Classificação	Zona de Conforto Térmico (°C)
Zebuino (<i>Bos taurus indicus</i>)	10 a 27
Taurino (<i>Bos taurus taurus</i>)	-1 a 16
Mestiço	5 a 31
Vaca em lactação	7 a 21
Bezerro recém-nascido	18 a 21

Tabela 1. Conforto térmico de acordo com a classificação de bovinos. Fonte: Suzuki (2021).

Em relação a vacas em lactação, novos estudos sugerem que a zona de termoneutralidade tenha se estreitado para o intervalo de 6 a 16°C, uma vez que a seleção genética intensiva na busca por um melhor desempenho, acaba resultando também em uma menor resistência térmica. Desse modo, é possível que em grande parte do ano no Brasil as vacas sofram constantemente de estresse térmico (SUZUKI, 2021).

3.3 EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO NOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E COMPORTAMENTAIS EM VACAS LEITEIRAS

Segundo Viana (2020) as vacas mostram alguns sintomas quando estão sofrendo com o calor, como:

- Aumento da frequência respiratória acima de 80 movimentos por minuto - boca aberta e língua para fora (ofegação), na tentativa de trocar calor com o ambiente;
- Temperatura retal maior que 32,9°C;

- Aumento da ingestão de água;
- Redução do consumo de alimentos e consequente queda na produção de leite.

A vasodilatação é o primeiro mecanismo acionado para a perda de calor, seguindo-se a sudorese e a respiração, com o aumento da frequência respiratória (FR), este sendo o primeiro sinal visível, dependendo a sua duração e intensidade do estresse a que os animais estejam sujeitos (MARTELLO, 2006), Tabela 2.

FR	TR	Níveis de estresse
23/min	38.3°C	Não há estresse
45 a 65/min	38.4 a 38,6°C	O estresse está sob controle; o apetite, a reprodução e a produção estão normais
70 a 75/min	39.1°C	Início do estresse térmico; menor apetite, mas a reprodução e produção estão estáveis
90/min	40.1°C	Estresse acentuado; cai o apetite, a produção diminui, os sinais do cio diminuem
100 a 120/min	40.9°C	Estresse sério; grandes perdas na produção, a ingestão diminui 50% e a fertilidade pode cair pra 12%
>120/min	>41°C	Estresse mortal; as vacas expõem a língua e babam muito, não conseguem beber água nem alimentarem-se

Tabela 2. Variáveis fisiológicas e níveis de ST (Stress Térmico). Fonte: Adaptado de Pires e Campos (2004).

Segundo a RuralBook (2018), como medir a temperatura vaca a vaca não é uma tarefa prática para o dia a dia, Índice de Temperatura e Umidade (THI) é o índice mais aceito atualmente para mostrar se os animais estão ou não em um ambiente “estressante”. Em geral, utilizamos um THI de 68 unidades como um limiar para o início do estresse térmico. Outro problema, nem sempre de diagnóstico fácil, e frequentemente confundido com outras causas, nomeadamente alimentares, é o efeito do estresse térmico na sanidade dos animais. Quando o THI atinge valores na ordem de 75/80, podem ocorrer depressões

imunitárias em muitos animais, aparentemente com origem no elevado THI, levando normalmente a quebras na produção de leite e na fertilidade. Tudo indica que os efetivos tendem a ser mais marcados na presença do BRSV (*Bovine Respiratory Syncytial Virus*) vulgo vírus *Syncytial*.

Apesar do THI ser um índice bastante utilizado, ele apresenta algumas falhas, e por isso temos duas maneiras bem eficientes e simples de avaliar se os animais estão sofrendo com estresse térmico nas nossas fazendas:

1) Frequência Respiratória (FR) dos animais: estudos mostram que vacas com FR acima de 60 movimentos por minuto já estariam em situação de estresse térmico. E para medir é muito simples com uma avaliação visual, contando o número de movimentos respiratórios em determinado tempo e, para isso, é possível o uso de um cronômetro;

2) Relação verão/inverno: nada mais é do que fazer a simples divisão de qualquer índice da propriedade (Ex.: taxa de concepção, produção de leite, abortos e etc.) dos meses mais quentes do ano dividido pelo mesmo índice dos meses mais frios. Por exemplo, uma fazenda com taxa de concepção de 40% em julho e 20% em janeiro, terá 0,5 de relação verão/inverno. Ou seja, no verão a taxa de concepção é 50% do inverno. Este cálculo pode ser feito para qualquer variável, e quanto maior for a diferença entre as duas estações mais prejuízos o estresse térmico está trazendo para a propriedade (RURAL-BOOK, 2018)

Consequentemente, os animais submetidos a estresse térmico diminuem a IMS. Nos períodos em que se verifica maior estresse há uma redução na frequência e duração das refeições, tendendo a aumentar esta frequência nos períodos de menor estresse, normalmente durante a noite, final e início do dia. Em sentido contrário, o maior consumo

de água verifica-se nos períodos mais quentes (DAMASCENO et al., 1999). Por conseguinte, as vacas quando sujeitas a ST, tendem a diminuir a atividade ruminal e a baixar o pH ruminal, ficando mais susceptíveis a SARA vulgo acidoses (SARA, do inglês *sub-acute ruminal acidoses*). Como resultado, além das perdas produtivas e da baixa da reprodução em geral, pode originar problemas podais, com particular incidência de úlceras e laminites (DAMASCENO et al., 1999).

Segundo Pescara (2012) o mecanismo pelo qual o estresse térmico impacta a produção e reprodução de vacas leiteiras pode ser explicado parcialmente pela redução na ingestão de matéria seca (IMS). Porém, alterações endócrinas, redução na absorção de nutrientes e ruminação, além do aumento no requerimento nutricional de manutenção, contribuem significativamente para a baixa eficiência dos rebanhos em meses mais quentes (Tabela 3).

Consequência do Stress Térmico	Impacto Fisiológico
Decréscimo de IMS: 6 a 30%	- 894 kg/vaca/ano
Decréscimo na produção de leite: 15 a 20%	-1 803 kg/vaca/ano
Decréscimo na eficiência reprodutiva: 40 a 50%	+59.2 dias intervalo parto – concepção +7.99% de descarte devido a problemas reprodutivos
Aumento de mortalidade	
Aumento nas incidências e severidade de mastites	+1.72% mortalidade

Tabela 3. Consequências do estresse térmico em vacas. Fonte: Pescara (2012).



Figura 5. Vaca babando devido ao estresse térmico. Fonte: Menegon (s. d.).

Como nós seres humanos, as vacas provavelmente sentem dores de cabeça, irritabilidade e letargia quando estão muito quentes e/ou não têm água suficiente. Para lidar com o calor, as vacas usam uma variedade de estratégias, incluindo (XAVIER, 2019):

- Aumento da taxa de respiração e sudorese;
- Aumento do consumo de água;
- Diminuição do consumo de ração;
- Diminuição na produção de leite;
- Alteração na composição do leite (por exemplo a % de gordura e proteína diminuem);
- Alteração na concentração de hormônio no sangue (por exemplo prolactina aumentada);
- Comportamento alterado (procura por sombra, se aglomeram pra sombrear uma á outra, recusam-se a deitar)
- Mudam a orientação para o sol;

- Ficam na água ou próximo a bebedouros.

3.4 FATORES RELACIONADOS COM O ESTRESSE TÉRMICO

3.4.1 Comportamento animal

De acordo com Roth (2017), quando um animal se encontra em estresse, são necessários ajustes extremos em sua fisiologia e comportamento para adaptação às adversidades ambientais e de manejo. A adaptação envolve uma série de respostas neuroendócrinas, fisiológicas e comportamentais para a garantia do equilíbrio de suas funções e interação desses três sistemas.

Nessas regiões, observa-se um problema de adaptação das raças de clima temperado, que são mais susceptíveis a problemas fisiológicos e comportamentais causados pelo estresse térmico, principalmente nas raças europeias, pois como dito, as mesmas são mais sensíveis a estes.

O estresse térmico afeta negativamente vários aspectos da produção leiteira, causando um impacto significativo no potencial econômico das propriedades produtoras de leite (BILBY et al., 2009), podendo resultar em um decréscimo de 17% na produção de leite de vacas de 15 kg de leite/dia e até 22% em vacas de 40 kg de leite/dia (PINARELLI, 2003).

Além de respostas fisiológicas já descritas, em vacas lactantes, podemos incluir redução de forragem como porcentagem do total de alimento, aumento das necessidades de manutenção, diminuição da atividade, especialmente durante o dia, aumento da frequência respiratória e hipertermia (BACCARI JÚNIOR, 2001); (ROTH, 2017).

Como modificações comportamentais para a termorregulação, o animal em altas temperaturas diminui o tempo gasto com o pastejo e aumenta o tempo ingerindo água. Além de modificar os horários de pastejo, alimentando-se mais na parte da manhã e da noite (BATISTA et al., 2015).

O estudo do comportamento animal é de grande importância pois as vacas mudam seu próprio comportamento quando estão em estresse, quando comparado ao comportamento em conforto, como exemplificado anteriormente. A divisão de um rebanho leiteiro em grupos de animais com produção semelhante é o sistema mais utilizado em confinamento de vacas leiteiras, visando maior eficiência na utilização dos recursos produtivos e econômicos (CAMARGO, 1988). As principais variáveis comportamentais estudadas, em vacas leiteiras, têm sido aquelas relacionadas às atividades de alimentação, ruminação, ócio (quando o animal está deitado, não está se alimentando, ruminando e nem bebendo água) e procura por água e sombra (CAMARGO, 1998).

O conhecimento do comportamento ingestivo dos bovinos leiteiros pode ser utilizado pelos produtores, de forma que venha a maximizar a produtividade, garantindo uma melhor saúde e, conseqüentemente, maior longevidade aos animais. Como exemplos práticos de alguns desses benefícios, podem ser citados: a localização de sistemas automáticos de fornecimento de água e alimento; acessibilidade da ração; redução da competição entre os animais por espaço, alimento e água; horário e frequência de distribuição da ração; dentre outros (ALBRIGHT, 1993).

O ócio consome cerca de 10 horas diárias. Os animais procuram a sombra e reduzem as atividades nas horas mais quentes do dia, permanecendo deitados na área de des-

canso. Já durante a noite animais dirigem-se para área descoberta, permanecendo afastados uns dos outros, para permitir a dissipação de calor para o meio ambiente (RAY; ROUBICEK, 1971).

Entretanto, em estudo realizado no Brasil central, devido ao calor, os animais em ócio preferiram permanecer em pé nas horas mais quentes do dia, enquanto à noite mantiveram-se deitados (CAMARGO, 1998).

Segundo Pires e Campos (2003), as melhores condições de temperatura e umidade relativa para criar animais, em termos gerais, estão em torno de 13 a 18°C e 60 a 70%, respectivamente. Silanikove (1992) relatou que temperaturas elevadas reduzem a frequência de alimentação nas horas mais quentes do dia, retardam o início do pico de procura à tarde e aumentam a frequência nas primeiras horas da manhã. O padrão de procura de alimento por bovinos confinados é bem característico, com dois momentos principais: início da manhã e final da tarde. O tempo despendido diariamente nessa atividade, por vacas leiteiras estabuladas, tem sido cerca de 4,5 horas.

3.4.1.1 Instalações e seus impactos da termorregulação

3.4.1.2 Sombreamento natural

Utilização de árvores, em pastos ou piquetes, permite maior conforto para dos animais, o sombreamento natural tem um baixo custo e alta eficiência (Figura 6, segundo Lucas, s/d). Seguindo as recomendações, em clima seco 3m² por animal e clima úmido no mínimo 5m² por animal, esta deve ser seguida para evitar aglomeração de animais a uma mesma sombra, trazendo efeito reverso aos benefícios citados (OLIVEIRA, 2020).

Além de permitir conforto aos animais, a arborização também ajuda na conservação e melhoria do solo pois vai favorecer o controle da erosão e adição de matéria orgânica, e também vai evitar a degradação do local pois não criará área constante pra vaca.



Figura 6. Sombreamento natural para vacas leiteiras. Fonte: Lucas (s. d.).

3.4.1.3 Sombreamento artificial

Em situações onde não há disponibilidade de árvores, ou em sistemas de pastejo rotacionado, utilizar o sombreamento artificial seja ele móvel ou fixo, é importante para minimizar os efeitos de estresse nos animais, o sombreamento artificial em pastagens também pode ser utilizado até que o plantio e o crescimento desejável das árvores aconteçam. Utilizar material de fácil aquisição, com um bom custo benefício; a localização altura do sombreamento devem ser definidas junto com um técnico e de acordo com o clima da região (OLIVEIRA, 2020).

A geração de calor pelas vacas leiteiras é muito alta devido ao metabolismo intenso. Uma vaca de alto rendimento gera cerca de 2.000 watts de calor (20 vezes mais que um homem) e precisa dissipá-lo para o meio ambiente (ROMANHUK, 2020). Nos meses de verão muito mais difícil, mesmo com a ventilação forçada, não consegue fazer isso sozinha. Um tratamento de resfriamento mais intensivo é necessário e pode ser feito evaporando a água da superfície corporal da vaca (resfriamento direto) ou do ar (resfriamento indireto) (ROMANHUK, 2020).

O resfriamento intensivo das vacas permite que elas dissipem o calor corporal e não sejam expostas à radiação solar direta ou indireta. A exposição das vacas à radiação solar direta aumentará a “quantidade de calor” que elas precisam dissipar para o meio ambiente em 1.600 watts (quase dobrando a produção de calor metabólico), tornando impossível a dissipação (ROMANHUK, 2020).

Ainda segundo Romanhuk (2020), onde nas instalações da fazenda as vacas podem sofrer por exposição à radiação solar? Isso depende, é claro, do tipo de instalação que a fazenda possui. Em sistema de confinamento completo, as vacas podem ser expostas à radiação solar enquanto caminham para a sala de ordenha (especialmente em fazendas de grande escala), onde têm que caminhar centenas de metros, além do caminho de volta, 2 a 3 vezes por dia (Figura 7A; B; C e D).



Figura 7. Caminho à sala de ordenha com sombreamento prolongado
 A= Vacas caminhando até a sala de ordenha; B= Vacas retornando da sala de ordenha;
 C= Meios de sombreamento simples nas laterais do galpão e D= Corredores de alimentação
 com sombreamento. Fonte: Romanhuk (2020).

A radiação solar pode penetrar indiretamente no galpão das vacas, em certas horas do dia, dependendo da configuração dos prédios da fazenda. Meios de sombreamento simples e baratos, como redes de plástico e cortinas, podem ser instalados em passarelas e nas laterais de pátios de espera (Figuras 7C e 7D), corredores de alimentação (Figura 8A e 8B) e áreas de descanso.

Aliás, as cortinas instaladas nas laterais do pátio de espera (Figura 8B) também podem ajudar a bloquear os ventos laterais que podem prejudicar a intensidade dos ventiladores colocados nesses locais.



Figuras 8. Cortina utilizada com objetivo de sombrear o cocho e corredor e impedir a incidência de luz solar direta nos animais
A= Corredores de alimentação com sombreamento; B= Cortinas instaladas nas laterais do pátio de espera. Fonte: Romanhuk (2020).

A água potável é considerada o ingrediente mais importante na dieta das vacas leiteiras. No verão, o consumo de água aumenta em 50% ou mais em comparação com o inverno, pois bebem mais para diminuir o calor (ROMANHUK, 2020).

Para permitir o consumo ideal de alimentos no verão, a temperatura da água deve variar entre 15 e 20°C. Água em temperaturas mais altas suprime a ingestão de alimentos e aumenta a temperatura corporal da vaca. Para permitir o consumo máximo de água no verão, é recomendável instalar pelo menos dois bebedouros por grupo de vacas (isso evitará que uma vaca dominante impeça o consumo de água das submissas) (ROMANHUK, 2020).

Em regiões quentes, recomenda-se que tenha espaço de pelo menos 15 cm de bebedouro por animal, para que a qualquer momento haja bebedouro para 20% das vacas do grupo. Os bebedouros devem ser colocados à sombra e a uma distância inferior a 20 metros dos animais. A profundidade do bebedouro permitirá limpeza frequente e rápido fluxo de água, o que manterá a água fresca (ROMANHUK, 2020).

Muitas vezes o encanamento que abastece os bebedouros fica exposto ao sol e, se for muito longo, as vacas encontrarão água quente, beberão e terão menor desempenho.

Certificar-se de que as tubulações que fornecem água para os bebedouros estejam bem enterradas no solo ou bem isoladas, é altamente recomendável (ROMANHUK, 2020).

No que diz respeito à ventilação, recomenda-se uma velocidade do vento no dorso da vaca de 3 m/s. Essa ventilação deve fazer parte do processo de resfriamento, que também combina o uso de ventilação/aspersão de água no dorso (ROMANHUK, 2020).

Recomenda-se a velocidade do vento de 2 metros/segundo quando se trata de ventilação de vacas em áreas de descanso, fornecidas sem molhar. Ao definir as distâncias dos ventiladores, é aconselhável usar um anemômetro, medindo a velocidade do vento no nível do dorso da vaca e levar em consideração o possível efeito dos ventos laterais que podem afetar a velocidade real do vento produzido pelos ventiladores (ROMANHUK, 2020).

3.4.1.4 Particularidades raciais

A zona de conforto térmico ou termoneutralidade depende de diversos fatores como a idade do animal, espécie, raça, consumo alimentar, nível de produção, tipo do sistema de produção, isolamento externo do animal (pelame), entre outros (AZEVEDO et al., 2005)

Existem diferenças adaptativas entre animais de origem europeia (*Bos taurus*) e indiana (*Bos indicus*), de modo que as raças europeias foram selecionadas ao longo de centenas de anos, para produzirem e reproduzirem em condições de clima temperado e, em razão disto, estão adaptadas fisiológica e geneticamente àquele ambiente climático. Por isso, temperaturas inferiores a 20°C e umidade relativa do ar entre 50% e 80% são mais adequadas para estas raças. Todavia, existem diferenças entre raças taurinas adaptadas às condições tropicais, como é o caso de diversas raças naturalizadas brasileiras,

introduzidas no país por colonizadores ibéricos, e que se adaptaram ao ambiente por meio de seleção natural (McMANUS et al., 2009).

Para a raça Holandesa, o consumo de alimento e a produção de leite são afetados quando a temperatura ambiente é de 24°C a 26°C, de 27°C a 29°C para a raça Jersey e 29,5°C para a Pardo-Suíça (PEREIRA, 2005).

Por outro lado, as raças indianas ou zebuínas, são mais tolerantes ao calor por serem originárias de zonas tropicais. Nesse caso, a zona de conforto térmico destes animais é de 10°C a 27°C, com temperatura crítica máxima de 35°C e mínima de 0°C (PEREIRA, 2005; HANSEN, 2004).

A adaptabilidade dos animais de origem zebuína ao clima tropical está relacionada à menor produção de calor metabólico, associada a melhor capacidade de termólise uma vez que, as raças zebuínas apresentam um grande número de glândulas sudoríparas, o que aumenta a facilidade de perder calor e por isso, são mais tolerantes a elevadas temperaturas do que as raças taurinas (BATISTA et al., 2015).

Para manter a zona de termoneutralidade, os animais buscam constantemente adaptar-se às condições ambientais e essa capacidade de adaptação vai depender de um conjunto de ajustes fisiológicos (SILVA et al., 2002). Porém, cada animal possui uma gama de comportamentos que serão utilizados como ferramentas de adaptação ao meio ambiente (PIRES; CAMPOS, 2008).

3.4.1.5 Mecanismos de dissipação de calor

A perda de calor por condução ocorre pelo contato entre a superfície do animal com outras (lagoas, pisos cimentados, locais com barro), permitindo a transferência de

calor do animal para a superfície (ANDERSON et al., 2013). No entanto, para que haja transferência de calor, deve haver uma diferença de temperatura entre o meio e o animal. Quando em estresse térmico por calor, o animal maximiza o contato com algo que tenha temperatura inferior à sua extremidade da pele, transferindo calor para o meio e diminuindo sua temperatura corporal (SILVA et al., 2012).

A perda de calor por convecção ocorre pela circulação de moléculas, com a reposição da camada mais quente do ar por uma mais fria, sendo essa perda facilitada pelo uso de ventiladores (ANDERSON et al., 2013). Essa é a forma mais sensível de transferência de calor do animal para o ambiente, na qual o ar em contato com a superfície aquecida externa do animal remove seu calor pelo transporte de moléculas, consistindo na substituição das moléculas quentes por outras (SILVA et al., 2012).

A perda de calor por radiação ocorre quando o animal emite radiação para o meio ambiente, sendo esta via mais importante para a aquisição de calor que propriamente a perda (ANDERSON et al., 2013). Assim, a radiação é outra forma sensível de troca de calor por meio de ondas eletromagnéticas entre dois pontos ou mais que se encontram em diferentes temperaturas (SILVA et al., 2012).

Quando o animal está em um ambiente com temperaturas amenas, a principal via de dissipação de calor é na forma sensível (condução e convecção). Em estresse por calor a perda de calor latente por evaporação é mais eficiente. Isso porque, em caso de temperaturas elevadas, os animais utilizam os mecanismos evaporativos (respiração e sudação) para manter o balanço térmico, tornando-se a principal via de dissipação de calor (PERISSINOTTO et al., 2006).

O aumento da frequência respiratória também é uma forma de dissipar calor, onde o animal utiliza o ofego, permitindo a dissipação de até 25% de calor. Contudo, com um

tempo prolongado de estresse, há perda excessiva de CO², podendo o animal entrar em alcalose respiratória (TAKAHASHI; BILLER, 2009). Assim, para que esses mecanismos atuem de maneira eficiente, é necessário que ocorra um gradiente de umidade entre o corpo do animal e o ambiente a sua volta (PIRES; CAMPOS, 2008).

Diversos índices foram propostos com base na medição de fatores meteorológicos, como o Índice de Temperatura e Umidade (THI) (THOM, 1959), Índice de Umidade do Globo Negro (BUFFINGTON; COLLIER; CANTON, 1983), Índice de Temperatura Equivalente (BAÊTA et al., 1997), Índice de Temperatura Ajustada (MADER; DAVIS; BROWN-BRANDL, 2006), Índice de Carga de Valor (GAUGHAN et al., 2008), Índice Climático Abrangente (MADER et al., 2010) e Índice de Estresse Térmico para Vacas (SILVA; MAIA; COSTA, 2015).

O mais comumente utilizado, tanto para vacas confinadas quanto a pasto, é o THI. De acordo com Du Preez et al. (1990), a produtividade do leite não é afetada quando o ITU permanece na faixa de 35 a 72 unidades. Hahn (1993) classificou os níveis de estresse por calor nos seguintes intervalos de THI: <74 - normal, 75 a 78 - alerta, 79 a 83 - perigo e > 84 - emergência.

3.4.1.6 Efeito do estresse térmico no consumo alimentar de bovinos leiteiros

As funções digestivas do animal também são alteradas pelo ambiente térmico. De acordo com lactação (McDOWELL et al., 1969; TAJIMA et al., 2007), o estresse térmico é responsável pelo aumento da digestibilidade dos nutrientes em novilhas em crescimento e vacas leiteiras em lactação.

O CMS reduzido pode explicar apenas parcialmente o aumento da digestão (NRC, 1981). Comparado com vacas em lactação expostas à condição térmica neutra com CMS

semelhante, a digestibilidade dos nutrientes da vaca estressada pelo calor permanece mais alta (GAO et al., 2017). Os ambientes térmicos circundantes influenciam a digestibilidade dos nutrientes, alterando a motilidade intestinal e a taxa de passagem (NRC, 1981; BERNABUCCI et al., 2014).

Em vacas em lactação e novilhas em crescimento, o estresse térmico reduz as contrações do rúmen, diminui a taxa de passagem e aumenta o tempo de retenção da digesta no trato digestivo, o que melhora a digestibilidade dos nutrientes (McDOWELL et al., 1969; NONAKA et al., 2008).

3.4.2 Produção, composição química e qualidade do leite e o período seco

De acordo com Pinarelli (2003), o estresse térmico pode gerar um decréscimo de 17% na produção de leite de vacas com média de produção de 15 kg de leite/dia e de 22% para animais com média de 40 kg/dia. Campos et al. (2008) observaram diminuição da produção de leite quando os animais foram submetidos à temperatura de 32°C. Já West, Mullinix e Bernard (2003) relataram que quando a temperatura exterior é de 35°C ou mais, pode ocorrer uma redução na produção de leite de até 33%.

Nascimento et al. (2017) observaram correlação negativa entre a temperatura do ar e a produção de leite ($r = -0,63$, $P < 0,0001$), isto é, o aumento da temperatura do ar diminui a produção de leite. Davison et al. (2016) avaliaram a produção e a composição do leite de vacas holandesas alimentadas em pastagens em regiões subtropicais, durante o verão, sob diferentes tratamentos de exposição térmica, a produção diária de leite e o rendimento dos componentes gordura, proteína e lactose foi maior ($P < 0,05$) para o tratamento com cortina de ferro (100% de área sombreada) + aspersor em comparação com o tratamento cuja oferta de sombra era de 65% + aspersores.

O estresse térmico provoca alterações (reduções) na síntese, absorção e mobilização dos metabólitos (glicose, ácidos graxos voláteis, lipídios, aminoácidos e etc.). A redução, assim como o redirecionamento do fluxo sanguíneo dos órgãos internos com a presença desses nutrientes, ocasiona alterações na composição do leite (SILVA et al., 2012), podendo, inclusive, afetar sua estabilidade. A redução da estabilidade do leite, conhecida como Leite Instável Não Ácido (LINA), pode ocorrer pela acidose metabólica, em resposta compensatória a alcalose respiratória desencadeada pelo aumento da taxa respiratória na tentativa de o animal dissipar o calor para minimizar este desbalanço fisiológico (MARQUES et al., 2011).

Abreu (2011) submeteu vacas da raça Holandesa à elevadas temperaturas e sem acesso à sombra por um período de cinco dias e perceberam redução significativa na estabilidade do leite ao teste do álcool, a qual atingiu valores de 70,83°GL. O teste do álcool é utilizado para medir a estabilidade do leite, segundo Instrução Normativa nº 76 – IN76 (BRASIL, 2018) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Considera-se estável o leite que não apresenta precipitação a 72°GL. Caso ocorra precipitação do leite em graduações menores, classifica-se este como instável (ZANELA; RIBEIRO, 2018).

O aumento no consumo de água em função do calor somado a uma pastagem com maior teor de água (PERISSINOTO, 2006) em função da estação do ano podem provocar uma diluição dos sólidos totais do leite (HOLMES; WILSON, 1989).

As vacas sujeitas ao estresse térmico correm maior risco de acidose ruminal e, aparentemente, podem apresentar líquido ruminal de pH inferior, menos atividade de ruminação, menor porcentagem de gordura no leite e capacidade de tamponamento reduzida pela saliva (STAPLES, 2009).

A recuperação da produção de leite após o estresse calórico ocorre lentamente e em graus que variam com a intensidade e duração do estresse, além da fase da lactação, dentro dos limites fisiológicos da glândula mamária, podendo recuperar totalmente a produção normal ou até comprometer toda a lactação (TITTO, 1998).

3.4.2.1. Classificação de calor e consequências

As respostas aos estressores climáticos dependem principalmente do genótipo do animal e da intensidade do agente estressor. Seu efeito sobre os sistemas fisiológicos dos bovinos pode ser de tal magnitude que afeta a capacidade do animal crescer, reproduzir e produzir eficientemente (YOUSEF, 1985).

Com base nas respostas do organismo animal, principalmente na temperatura do corpo, e não em termos de unidades físicas do ambiente, Bianca (1961) apresentou interessante classificação da severidade do calor. Assim:

- Calor brando (estresse térmico brando): os mecanismos termorreguladores conseguem defender, com êxito, o organismo contra a carga de calor, de modo que a temperatura corporal permanece normal;
- Calor moderado (estresse térmico moderado): os mecanismos termorreguladores trabalham numa intensidade maior; a temperatura corporal pode estabilizar-se, porém em um nível mais elevado;
- Calor severo (estresse térmico severo): as reservas funcionais dos mecanismos termorreguladores vão se tornando exaustas; a temperatura corporal sobe continuamente;
- Calor excessivo (estresse térmico excessivo): os mecanismos termorreguladores não suportam suas funções; o animal sucumbe dentro de curto espaço de tempo.

A depressão na produção de leite das vacas sob estresse térmico deve-se primordialmente, à redução no consumo de alimentos, hipofunção da tireoide e ao gasto de energia despendida para eliminar calor do corpo. A redução no consumo de alimentos é maior quanto mais intenso o stress e seria devida principalmente à inibição pelo calor do centro do apetite localizado no hipotálamo, resultante da hipertermia corporal (BACCARI, 1998).

Baccari (1998) refere-se à prioridade da homeotermia, em detrimento da lactação, em vacas sob estresse calórico. Assim como o estresse calórico produz, entre outras, a resposta de redução na ingestão de matéria seca, temos que considerar as seguintes implicações:

- a) o hipotálamo controla diretamente a ingestão de alimentos e água;
- b) mudanças comportamentais, como procurar sombra, concorrem contra a ingestão;
- c) maior ingestão de água inibe o apetite;
- d) o ofego inibe a ingestão;
- e) a redução na ingestão está associada ao menor incremento calórico.

Como a especialização para a alta produção leiteira envolve metabolismo intenso, ingestão de grandes quantidades de energia metabolizável, alta eficiência na utilização dos alimentos e grande produção de calor endógeno, a redução no consumo de matéria seca representa a principal causa da diminuição na produção de leite (Tabela 5) (HUBER, 1990; HEAD, 1995; BACCARI, 1998).

Além da temperatura do ar, a radiação solar direta e a umidade relativa do ar exercem influência negativa sobre a produção. A combinação de altas temperaturas com elevada umidade deprimem o desempenho de vacas leiteiras (NÄÄS, 1998), conforme verifica-se na Tabela 4.

Temperatura	Umidade	Raça		
		Holandesa (%)	Jersey (%)*	Pardo-Suíça (%)*
°C	%			
24	38	100	100	100
24	76	96	99	99
34	46	63	68	84
34	80	41	56	71

Tabela 4. Efeitos da temperatura do ar e da umidade sobre a produção de leite de vacas de origem europeia. * Diferenças na produção de leite baseadas na porcentagem da produção normal a 24°C e 38% de umidade relativa (JOHNDON; VANJONACK, 1976). Fonte: extraído de Baccari (1998).

As condições ambientais determinam sobremaneira o bem-estar dos animais. É nos fatores ambientais que se encontra a origem, normalmente, das maiores perdas de produção de leite da vaca leiteira

De acordo com Arcaro Júnior. et al. (2003), em consequência da sua ação sobre a IMS, o estresse térmico causa efeitos marcantes sobre o metabolismo da glândula mamária e da composição do leite e com a diminuição da IMS, consequente diminuição de energia metabolizável e os restantes efeitos colaterais que decorrem dos outros fatores que levam ao estresse, a produção de leite pode ser bastante afetada.

3.4.2.2 O estresse térmico e o período seco

As vacas durante o período seco cujos cuidados de manejo tendem ainda a ser negligenciados, podem ser afetadas de forma muito marcada pelo estresse. Uma dessas consequências poderá ser uma resposta inflamatória sistêmica manifesta sem sinais de infecções microbianas assim como outras patologias (BERTONI et al., 2008), ficando a vaca diminuída imunitariamente. Depois do parto, as implicações tornam-se mais visíveis, verificando-se maior incidência de metrites, mamites, manqueiras, cetoses, acidoses, entre outros problemas. É de referir também que as vacas no período seco, quando sujeitas a estresse mais severo, também podem manifestar problemas na lactação subsequente.

No entender de Geoffrey Dahl (2015), quando as vacas no período seco em condições de estresse térmico são arrefecidas podem produzir cerca de 5 a 7 kg de leite/dia a mais. Esta diferença foi evidente desde o início da lactação e persistiu pelo menos durante 40 semanas. Isto indicia que a glândula mamária está adaptada a produzir mais leite durante toda a lactação quando o estresse é evitado no final da lactação. Segundo ainda o mesmo autor, a proliferação celular da glândula mamária foi maior em vacas arrefecidas relativamente às que sofreram estresse. Assim, a menor produção das vacas das vacas sujeitas a estresse térmico resulta da redução, durante o período seco, do crescimento mamário e as vacas entram em lactação com menor capacidade de produção, consequentemente, a IMS também será menor. Considera também que a resposta imunitária, das vacas arrefecidas em relação às vacas sob estresse térmico não arrefecidas, foi superior pois os leucócitos sanguíneos tiveram maior capacidade de proliferação e também se verificou nestas vacas maior resposta de IgG a um antígeno não específico.

Flamenbaum (2014) cita que quando a vaca no período seco é sujeita a estresse, a produção de leite na lactação subsequente pode ser inferior em mais de 15%, podendo

também ter um efeito negativo na lactação seguinte das vitelas (quando sujeitas a estresse térmico no útero); mesmo com condições favoráveis durante a lactação.

3.4.3 Manejo nutricional das vacas leiteiras

O aumento na temperatura ambiente com consequente aumento na temperatura retal resultará em modificações dos requisitos de manutenção e de produção, principalmente no que se refere à distribuição de energia (NRC, 2001).

O primeiro sinal de estresse térmico é a queda na alimentação, assim, práticas nutricionais podem ser eficientes para controlar seus efeitos (PIRES; CAMPOS, 2008).

Segundo Cruz et al. (2011), ao atingir a temperatura de 25,5°C, uma vaca passa a ter dificuldades para eliminar o excesso de calor e o consumo de ração começa a diminuir. Assim, ao reduzir o consumo de alimento, os animais apresentam menor fluxo sanguíneo no sistema porta, resultando em menor quantidade de nutrientes disponíveis para as funções de produção (SILVA et al., 2012).

À medida que a temperatura aumenta, a quantidade de energia consumida para manutenção da homeotermia também se eleva, para isso, a ingestão de matéria seca precisa aumentar, porém, quando o estresse térmico é intenso o inverso acontece, os níveis de energia da vaca são duplamente afetados: maior necessidade de energia para manter a homeotermia e menor consumo de energia (CRUZ et al., 2011). Quando a temperatura ambiental é de até 35°C, um aumento no consumo de água é esperado, porém temperaturas superiores deprimem o consumo de água e reduzem o consumo de alimento (SILVA et al., 2012).

Em razão da redução do consumo de alimento se faz necessário oferecer aos animais uma dieta com maior densidade de nutrientes para evitar a queda na produção de

leite (CRUZ et al., 2011). Uma das alternativas para reduzir o calor gerado no trato digestivo é a formulação de dietas frias (utilização de menor quantidade de forragem ou com a utilização de gordura, que não deve ultrapassar 7% da matéria seca (BERNABUCCI et al., 2014), e com baixo incremento calórico (BERNABUCCI et al., 2014), que gera alta proporção de nutrientes para a síntese e diminui o incremento calórico oriundo de fermentações e metabolismo dos alimentos (PIRES; CAMPOS, 2008)

De acordo com Pires e Campos (2008), na categoria da dieta fria podem estar incluídas pastagens tenras, silagens de grãos e concentrados ricos em gordura. A formulação de dietas com baixo incremento calórico para animais termicamente estressados viabiliza a redução de calor gerado pela fermentação do alimento e metabolismo dos tecidos diminuindo o calor corporal (PIMENTEL et al., 2007).

Alternativas relacionadas ao manejo alimentar, que podem ser empregadas, é o aumento da frequência de tratos ao longo do dia, reduzindo a quantidade de alimento por refeição e estimulando o consumo em dias mais quentes (PIRES; CAMPOS, 2008).

3.5 MÉTODOS DE CONTROLE DE ESTRESSE TÉRMICO

A exposição crônica à radiação solar e a ambientes com alta temperatura e umidade devem ser reduzidas, proporcionando aos animais oportunidades adicionais para perder calor, como o oferecimento de sistemas de ventilação, aspersão e resfriamento evaporativo. Muitas dessas estratégias podem ser implantadas com custos diretos não elevados, porém algumas alternativas são aplicadas com base na produtividade do rebanho (HEAD, 1995).

Essas diretrizes podem variar um pouco, dependendo da quantidade de leite produzida, do grau de movimentação do ar e da radiação solar direta (STAPLES, 2009).

Embora o THI seja uma ferramenta útil para avaliar o grau do potencial de estresse térmico na vaca, as respostas da própria vaca ao clima quente são indicadores mais confiáveis do grau de estresse térmico. Quando a temperatura retal é superior a 39,16°C e a frequência respiratória maior que 60 por minuto, as vacas estão à beira de estresse térmico significativo; nessas condições, a vaca acabará sujeita a aquecimento exponencial se permanecer expostas a aumentos na temperatura e umidade. Estratégias de manejo devem ser adotadas para evitar que a temperatura corporal aumente ainda mais e caso contrário, as perdas econômicas poderão ser significativas (STAPLES, 2009).

Segundo Xavier (2019) a Figura 9 pode ser usada para ajudar a gerenciar o estresse térmico nas vacas.

ÍNDICE TEMPERATURA-UMIDADE (ITU*)									
	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%
20°	65	65	65	66	66	66	67	67	67
22°	67	68	68	69	69	69	70	70	70
24°	70	70	71	71	72	72	73	73	74
26°	72	73	74	74	75	75	76	76	77
28°	75	76	76	77	78	78	79	80	80
30°	77	78	79	80	81	81	82	83	84
32°	80	81	82	83	83	84	85	86	87
34°	82	83	84	85	86	87	88	89	90
36°	85	86	87	88	89	90	91	92	94

*Forma de cálculo: $ITU = 0,8T + [UR \times (T - 14,4)] + 46,4$

Impactos na produção:

Quando o ITU atinge 68 para vacas Holandesas e 75 para Jerseys (equivalente a 21 e 25,5°C – respectivamente – a 75% de umidade relativa), as vacas começam a experimentar os efeitos do estresse térmico. Isto é notado com uma redução no consumo de ração e uma queda na produção de leite (10g de sólidos do leite por dia por unidade de aumento no índice).

Figura 9. Índice de temperatura-umidade (ITU ou THI) para vacas leiteiras. Fonte: Xavier (2019).

Em adição, conforme Suzuki (2021) parâmetros como temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) são recomendados para se avaliar o estresse térmico em bovinos, assim como o valor de índice de temperatura e umidade (THI). Sob condições de estresse térmico, há elevação da TR e FR.

Em condições normais, a FR de um bovino varia de 10 a 30 movimentos/minuto e sua TR gira em torno de 38,5°C. A respeito do método ITU ou THI, o valor do índice é

determinado de acordo com os valores de temperatura e umidade relativa do ar e classificado como estresse térmico baixo (72% a 78%), moderado (79% a 88%) ou alto (89% a 98%) (SUZUKI, 2021).

ITU		Umidade relativa do ar (%)																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Temperatura (°C)	20	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	66	66	66	66	67	67	67	67	68	68
	22	64	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72
	24	66	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
	26	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	77	77	78	78	79
	28	70	70	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82
	30	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86
	32	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90
	34	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
	36	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96	97
	38	78	79	81	82	83	84	85	86	88	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100
	40	80	81	82	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101	103	104

Tabela 5. Classificação do estresse térmico determinado por meio da temperatura e umidade relativa do ar do ambiente e classificado de acordo com o ITU. Fonte: Suzuki (2021).

Vários aspectos devem ser considerados para assegurar uma ventilação natural eficiente: altura do pé direito; orientação das instalações, garantindo que o vento passe no sentido transversal da instalação; conhecimento prévio dos ventos da região; abertura mínima da parede lateral de 1 m² por cada m² de área de piso; abertura do cume: 5 cm para cada 3 m de largura do estábulo; evitar uso de estruturas no telhado e o uso exagerado de arborização em torno da instalação. As forças naturais disponíveis para o aumento do movimento do ar são devido à ação do vento através das aberturas da instalação e da diferença de temperatura entre o interior e o exterior (POLYCARPO, 2011).

3.5.1 Instalações e manejo

Quando a temperatura do ambiente é superior à temperatura corporal, as vacas podem aumentar a sua atividade de resfriamento pela evaporação através da via 62 respiratória ou pela sudorese por via cutânea (DAMASCENO et al., 1999); a libertação de

calor por parte das vacas será tanto mais eficaz quanto melhor forem as condições ambientais em que elas se encontrem.

Para além dos cuidados a ter nas condições ambientais que são proporcionadas pelos estábulos, o sombreamento apresenta-se como uma estratégia muito interessante que poderia ser implementada em muitas explorações, não só para sistemas mais extensivos mas também para as vacas que estão estabuladas, pois podem proteger quer os animais quer as instalações da exposição à radiação solar. No caso dos animais que se encontrem em zonas exteriores, como em parques ou mesmo em pastagem, nos dias em que as temperaturas são mais elevadas, a sombra (como árvores, arbustos ou mesmo materiais próprios para o efeito) ajuda as vacas a protegerem-se da alta incidência dos raios solares e, por consequência, aliviar o ST. Em casos de ST mais extremos, deve-se mesmo recorrer a água para o seu refrescamento (MARTINS, s. d.).

O uso de instalação que reduza o calor pode melhorar tanto a produção de leite como a taxa de prenhes. A redução no calor depende da otimização da troca de calor através de convecção, condução, radiação e evaporação, e o melhor sistema de resfriamento depende de cada local (THATCHER, 2010).

Segundo Silva (1999) o isolamento térmico e a ventilação são os principais mecanismos de climatização de instalações para bovinos de leite. Eles servem para diminuir a radiação solar incidente e calores gerados pelos animais, principais fontes de calor nas edificações.

Segundo Perissinotto et al. (2006), a aspersão utilizada em galpões tipo *free stall* pode proporcionar um aumento de 3% na produção de leite em relação à utilização de nebulização. Esse aumento de produção representou cerca de 18 litros/vaca/mês. Essa

diferença na produção, apesar de pouco significativa, representa um incremento de 5,8% na receita mensal por animal.

A arborização de pastagens, além de proporcionar conforto animal, pode promover a conservação e a melhoria da qualidade do solo por favorecer o controle da erosão, a ciclagem de nutrientes e a adição de matéria orgânica, desta forma, também utilizar a radiação solar mais eficientemente e capturar nutrientes e umidade do solo em diferentes profundidades, diminuindo, portanto, a dependência de entradas externas de nutrientes ou estabelecendo melhor relação custo/benefício e aspectos estes que irão influenciar positivamente na qualidade da forrageira e no bem estar animal (SILVA, 2006).

Os sombrites podem ser disponibilizados para os animais no intuito de evitar a intensa radiação solar, este tipo de sombreamento pode ser com instalações permanentes ou móveis. Sombrites móveis quando colocados nas pastagens e manejados de modo a não criar áreas de constante permanência dos animais, evita-se a degradação do local (DHIMAN; ZAMAN, 2006).

Embora estruturas como sombrites possam aliviar parcialmente a exposição ao calor da radiação solar, não alteram a temperatura atmosférica ou a umidade relativa, conseqüentemente, as vacas em lactação em ambientes tropicais/subtropicais requerem estratégias de resfriamento adicionais (THATCHER, 2010).

O sistema silvipastoril é um conjunto de técnicas alternativas para utilização da terra, que combina espécies florestais com cultivos agrícolas, com produção pecuária ou ambos (ARAUJO, 2007). A arborização de pastagens está integrada nos sistemas silvipastoris e tem como objetivo principal aperfeiçoar a produção animal (PACIULLO; CASTRO, 2006). Além dos benefícios gerados pelo conforto térmico aos animais, a associação de árvores a pastagens promove ao produtor mais benefícios incrementando a renda

da propriedade, somando a produção animal com produção de madeira ou frutas (SILVA, 2006).

Além dos fatores mencionados, para diminuir os efeitos do estresse térmico sobre as vacas de leite, devem ser adotadas algumas estratégias de manejo nutricional, como aumentar a frequência de alimentação, fornecendo alimentos frescos, tornando a dieta uma mistura total, o que previne a seleção dos alimentos. Oferecer a maior parte da dieta no período da noite aproveitando a temperatura ambiente mais baixa, promover pelo menos 75 cm de espaço nos comedouros para cada vaca, não formar lotes com excesso de animais e evitar mudanças repentinas na dieta (DHIMAN; ZAMAN, 2001).

Staples (2009) indica que, para reverter pelo menos em parte a diminuição da ingestão de matéria seca ocasionada pelo estresse térmico é necessário resfriar fisicamente os animais e alimentá-los nas primeiras horas do dia e no final da tarde, atenuando a carga de calor sobre as vacas.

Segundo Monty Junior e Garbareno (1978) a IMS precisa aumentar de 18,19 para 19,41 kg/d para cobrir este custo adicional com energia. Entretanto, quando o calor é intenso a IMS cai para 16,69 kg/d. A vaca então é duplamente afetada, pois, tem maiores custos com energia para tentar manter a homeotermia e ao mesmo tempo menor ingestão de alimento causando um déficit de energia levando então a queda na produção de leite (STAPLES, 2009).

Para determinar se o animal está em ambiente ótimo ou estressante, é de fundamental importância fisiológica e econômica que se faça uma avaliação do desempenho produtivo e comportamental do animal no ambiente das instalações (PIRES et al. 1998).

Geralmente em climas quentes, as temperaturas no interior das instalações são muitas vezes elevadas e, frequentemente, resultam em um extremo desconforto para as

vacas, ocasionando doenças e baixa produtividade. Porém há a necessidade do emprego de vários sistemas para modificar a temperatura ao meio ambiente interno dos galpões (SILVA, 1998).

O planejamento das instalações envolve uma série de procedimentos, um deles seria o condicionamento térmico que está interligado basicamente ao isolamento térmico e a ventilação. A radiação solar incidente e o calor gerado pelos animais, constituem as principais fontes de calor nas edificações. O primeiro pode ser controlado pelo isolamento térmico e o segundo pela ventilação (WATSON, 1971).

De acordo com Baêta (1998), o tamanho dos galpões não influi significativamente na qualidade térmica ambiental, podendo o seu dimensionamento estar ligado às condições de manejo e características dos equipamentos. A cobertura das instalações também oferece grande importância na qualidade do ambiente, pois segundo Sevegnani (1997), que trabalhou com coberturas de cimento amianto com tinta reflexiva branca, obteve ótimos resultados no comportamento ambiental da instalação.

Para Martins et al. (2001) a sombra natural é um elemento importante no conforto térmico de animais para pastarem. De acordo com Tito (2006), a sombra natural foi mais eficiente do que a sombra artificial, pois na presença deste sombreamento houve uma melhora no comportamento do pastejo (65,4% do tempo observado), ruminação (18%) e ócio (15,9%). O sombreamento por árvores é melhor pois diminui maior parte da incidência de radiação solar e promove o resfriamento do ar pela evapotranspiração, além de diminuir a radiação solar em 30% (BLACKSHAW et al., 1994)

Durante o verão, a temperatura e umidade relativa elevadas, podem fazer com que a necessidade de ventilação no interior das instalações, seja maior do que as usualmente

recomendadas. Na busca de se alcançar o máximo de produção, o resfriamento do ambiente torna-se necessário, com adição de sombra e ventilação. A evaporação de água da superfície das instalações é uma prática econômica, e muito utilizada nos mais diferentes tipos de instalações de gado de leite, (BUCKLIN et al., 1991).

Os ventiladores são usados para criar a circulação de ar frente aos animais, podendo ser do tipo axial ou centrífugos. Os centrífugos são capazes de proporcionar maiores vazões, porém os axiais são mais silenciosos e usuais (ARCARO, 2000).

De acordo com SOUZA (1997), climas quentes e úmidos, a aspersão e o uso de ventiladores, ou então de nebulizadores associados a sistemas de ventilação, podem ser utilizados com bastante eficiência no resfriamento das instalações. Os sistemas de aspersão e de ventilação obtiveram alguns avanços, e possuem baixo custo de manutenção. A desvantagem do sistema aspersor/ventilador está no excesso de água que escorre sobre as vacas, ou que cai diretamente para o chão, aumentando o desperdício (SOUZA, 1997)

O sistema de nebulização, associado ao de ventilação, através de alta pressão, produz uma névoa que se evapora com o fluxo de ar originado pelo ventilador, não molhando o chão. Este sistema é mais dispendioso inicialmente, e requer mais atenção do que o sistema ventilador/aspersor. O sistema é provido de pequenos bocais que entopem facilmente, havendo a necessidade de cuidados especiais, para que ocorra uma satisfatória operação do sistema.

Os ventiladores são componentes críticos de cada sistema, seja o ventilador/aspersor, ou o ventilador/nebulizador. Podem ser utilizados em ventilação dirigida, ou para a circulação do ar em área total. Ao se projetar uma instalação de leite, deve-se dar atenção aos locais onde as estruturas de suporte dos ventiladores serão colocadas. Podem ser montados em vigas e caibros, suportes fixados em colunas ou mesmo no topo de pequenas

colunas instaladas com este propósito. Além disso, devem ser locados de maneira que minimizem o potencial de deriva da água, que pode cair sobre o material utilizado como “cama” (BRAY et al., 1994). Bucklin (1991) apud Nääs (2000) afirma que a utilização de aspersão e ventilação, associados à sombra, vêm sendo largamente utilizada e tem mostrado um aumento de 10 a 25% em comparação com as vacas que recebem somente sombras.

Laloni et al. (2000) considera a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do ar, assim como valores de precipitações pluviométricos, temperatura no solo do pasto e a radiação solar, agentes estressores, os quais podem alterar a produção de leite.

Lagoas rasas de água, também podem ser utilizadas para diminuir o estresse térmico provocado por altas temperaturas. Na Flórida, certa porcentagem de produtores utilizam este sistema para aliviar o estresse pelo calor, sendo um método prático e econômico de refrigeração dada às vacas leiteiras. Usualmente os animais ficam de 12 a 18 minutos nas lagoas, além disso, realiza-se a aspersão de água, para que possam ainda, perder um pouco de calor por evaporação, logo após saírem do ambiente (BRAY et al., 1994). Porém um ponto negativo deste sistema que deve ser observado é a possibilidade de contaminação do úbere e dos tetos, devido aos microrganismos que pode ter na lagoa.

Naas (2000) afirma que a melhor maneira de resfriar um ambiente destinado ao uso para animais em lactação é fazer uso da água, uma vez que esta possui alta capacidade calórica e elevado calor latente de vaporização. Quando a temperatura ambiente for superior à ótima, é necessário aumentar a taxa de ventilação, a fim de eliminar o calor produzido pelos animais e para evitar uma temperatura excessiva dentro da instalação.

De acordo com (BRAY et al., 1994), a primeira medida a ser tomada para oferecer instalações confortáveis em climas quentes e úmidos, é providenciar ventilação e sombra adequadas. Sistemas de refrigeração são necessários para se alcançar produções máximas, como por exemplo Sistemas centrais, Câmaras frias temporárias (eficazes, mas caras, e requerem manutenção constante), telhados refletivos (porém não mostram resultados em instalações que possuem ventilação natural bem dimensionada) Os métodos evaporativos são eficientes e econômicos, os sistemas de aspersão e de ventilação são muito efetivos e de baixo custo, mas provocam gastos adicionais de água e energia

Os sistemas de ventilação/nebulização, embora efetivos, são muito dispendiosos, e requerem manutenção mais constante, quando comparados aos sistemas de refrigeração por aspersão (Figura 11)/ventilação (Figura 10). A maior vantagem do sistema de resfriamento nebulizador/ventilador, é que, quando bem ajustado, toda a água é evaporada, e não há desta forma desperdícios (BRAY et al., 1994).

Os sistemas de resfriamento adiabático evaporativo servem para mudar o ponto do estado do ar com uma superfície umedecida ou líquida, ou com água aspergida ou pulverizada (WIERSMA; STOTT, 1983).

Outro fator importante, e que interage juntamente com a temperatura, é a umidade relativa do ar. A umidade relativa em ambientes, é limitante, quando a temperatura supera a marca dos 18,3°C, é mais pronunciadamente quando ultrapassa o valor de 26,7°C. A partir daí, o balanço calórico é prejudicado, assim como o consumo alimentar e a produção de leite (MÜLLER, 1982).

De maneira geral, níveis de umidade relativa acima de 50%, reduzem os fatores produtivos em qualquer faixa de temperatura. Temperaturas ótimas para se alcançar índi-

ces produtivos elevados, são variáveis, e dependentes das espécies utilizadas. A raça holandesa tem decréscimo na produção em temperaturas superiores a 24°C. No Brasil, principalmente nos meses do verão, as temperaturas superam facilmente 29°C, e a umidades relativa do ar se mantém alta (MÜLLER, 1982).

Há várias formas de minimizar os efeitos negativos do estresse térmico, mas passa essencialmente pelas condições ambientais e pelo manejo alimentar a diminuição das implicações negativas do estresse na vaca leiteira. Na opinião de Bilby et al. (2009), na componente ambiental existem dois pontos fundamentais a ser considerados, a redução do ganho de calor, baixando a carga resultante da insolação, e a perda de calor pela redução da temperatura ambiental ou então pela evaporação do calor diretamente pelos animais. No que concerne à alimentação e nutrição, é possível, adaptando algumas estratégias alimentares, a diminuição do estresse nos animais



Figura 10. Sistema de ventilação. Fonte: Flamenbaum (2015).



Figura 11. Sistema de nebulização. Fonte: Agri Expo. Disponível em: <https://www.agri-expo.online/pt/prod/schaefer-ventilation-equipment/product-172452-52482.html> Acesso em: 14 mai. 2021.

3.5.2 Algumas medidas ambientais

É, portanto, da maior importância que as instalações sejam adequadas à produção a que se destinam devendo ter em linha de conta vários fatores, como o clima da região, a disposição do estábulo, a cobertura (desde a altura, material, etc), área útil por vaca, área disponível de manjedoura e bebedouros, número e dimensão dos cubículos, arejamento das instalações, entre outros.

Para animais estabulados, infelizmente, durante muitos dias do ano estas estratégias são insuficientes, ou não exequíveis, sendo necessário recorrer a outras como a ventilação. A ventilação é um sistema simples, não muito caro, e que facilmente se ajusta às especificidades de cada exploração. Se bem instalada, além de contribuir para um melhor

ambiente térmico, melhora a sensação térmica dos animais e promove a renovação do ar (NÄÄS; ACARO JÚNIOR, 2001).

A utilização dos sistemas de climatização com o recurso a água dependerá das especificidades de cada sistema de criação. Assim, a opção por banho, nebulização ou aspersão, deverá considerar as condições ambientais e a tipologia da exploração. Segundo um estudo realizado por Barbosa et al. (2002) as vacas que foram mantidas na sombra sem banho de água comparativamente às que receberam banho seguido de ventilação durante meia hora com intervalos de 3 horas, diminuíram a temperatura retal de 39.7°C para 39°C – registrada ao meio dia -, e aumentou o estro e a fertilidade após o primeiro serviço.

Antes da ordenha, no parque de espera, onde normalmente há um grande aglomerado de vacas e o tempo de espera pode ser prolongado, as vacas podem sofrer um aporte de temperatura extra pelo que, se possível, dever-se-ia recorrer a sistemas de ventilação forçada e eventualmente, dependendo dos casos, a pulverização e/ou aspersão de água. No entender de Perissinotto et al. (2006) o sistema de resfriamento, nebulização e aspersão associados à ventilação forçada, reduzem a temperatura máxima do interior do estábulo comparativamente à temperatura exterior em 1.6°C; um sistema que parece também reduzir a temperatura ambiente do estábulo é o recurso à aspersão do próprio telhado.

Para Flamenbaum (2015), o esfriamento intensivo das vacas durante o verão pode eliminar quase totalmente a queda da produção de leite, afirmando também que, no caso de Israel, o esfriamento intensivo aumenta a produção anual por vaca em cerca de 700 kg de leite, 8% mais de leite comparativamente às vacas não esfriadas (Tabela 6). Segundo o mesmo autor, o ganho anual por vaca devido ao esfriamento intensivo das vacas no verão variará entre 100 e 300 USD, em função do aumento anual da produção de leite por

vaca e da melhoria da eficiência alimentar, assim como uma melhoria entre os 30-40% na saúde e fertilidade (MARTINS, s. d.).

Tratamento parâmetro analisado	Não arrefecidas	Arrefecidas no parque de espera	Arrefecidas no par- que de espera e no corredor de alimentação
Tempo de arrefecimento acumulado (horas/dia)	0	4.5	7.5
Produção média de leite no Inverno (kg/dia)	38.6	41.4	40.6
Produção média de leite no Verão (kg/dia)	35	39.8	40.0
Diminuição da produção de leite no Verão (kg/dia)	3.6	1.6	.06
Rácio de produção Verão: Inverno (%)	90.7	96.1	98.5

Tabela 6. Efeitos das diferentes intensidades de arrefecimento em vacas leiteiras adultas através da combinação de aspersão e ventilação sobre os seus índices produtivos. Fonte: Adaptado de Flamenbaum (2015).

3.5.3 Algumas estratégias alimentares

Por via alimentar também é possível minimizar alguns efeitos negativos provocados pelo estresse térmico. (MARTINS, s. d.). A diminuição da IMS será tanto maior quanto maior for o THI. Por outro lado, à medida que o THI aumenta a quantidade de energia necessária para a manutenção da homeotermia, também é superior, pelo que a IMS deveria ser superior (MARTINS, s. d.).

No sentido de inverter parte desta tendência, se algumas estratégias alimentares forem adotadas, que passará pelo ajuste dos regimes alimentares, as perdas poderão ser minimizadas (MARTINS, s. d.).

É ideal o aumento da frequência das refeições, de preferência em sistema *Unifeed*, e de forma a não permitir a seleção dos alimentos. Deve-se também procurar fornecer a dieta sempre fresca, evitar lotes com excesso de animais - cada vaca deverá ter disponível 75 cm de espaço de manjedoura (DHIMAN; ZAMAN, 2001). Dietas com baixo teor calórico, apesar de originarem menor produção de calor metabólico por parte das vacas, não sustentam as produções desejadas pela maioria dos produtores pelo que a sua prática dependerá dos objetivos a atingir (MARTINS, s. d.).

A qualidade e quantidade da fibra é importante em qualquer fase, mas quando as vacas se encontram em condições de estresse térmico, a sua influência é mais determinante devido à sua capacidade de tamponamento e produção de saliva; tão importante nestes períodos. Por outro lado, o balanço energético tende a ser negativo pelo que as fontes e os níveis em energia deverão ser cuidadosamente revistos (MARTINS, s. d.).

Na tentativa de elevar a energia da dieta, com frequência os regimes alimentares apresentam valores muito altos de amido degradável; normalmente com um forte contributo da silagem de milho cujo amido normalmente é muito degradável. A gordura protegida pode constituir uma solução muito interessante, pois, dado o seu teor em gordura *by pass* - com cerca de 3.3 UFL e 98% de gordura bruta - é possível suplementar quantidades interessantes em energia - sem efeito térmico adverso (BILBY et al., 2009).

O leite é composto por cerca de 87% de água. Por motivos óbvios, quando a vaca se encontra sob estresse o consumo de água é superior. É de elementar importância que os animais se mantenham hidratados. O consumo de água pode ser estimado pela seguinte

equação: $[(4 \times \text{IMS}) + \text{kg leite corrigido para 4\% de Gordura Bruta} + 11.65]$ (ONDARZA, 2002). Segundo vários autores, a vacaria deveria ter uma área disponível de bebedouros com água potável para 20% das vacas poderem beber ao mesmo tempo, uma vez que nos períodos de estresse as vacas necessitam por volta de 130 litros de água ao dia (Tabela 7), (BILBY et al., 2009).

Categoria	Temperatura (°C)			
	0-5	10	21	32
Secas	22.5	25	32.5	40
Final de lactação	32.5	35	47.5	55
Vacas com 20 lts/dia	60	63	80	100
Vacas com 30 lts/dia	100	102.5	130	170

Tabela 7. Consumo de água por vaca, com 630 kg de peso vivo, por fase de produção e período seco e para diferentes temperaturas. Fonte: Adaptado de Kramer (1993).

Desde logo os precursores de glicose (*eg*, propionato), como o propilenoglicol, dado nestes períodos ser comum a carência nas vacas em propionato e os ionóforos, como a monensina, uma vez que provocam alterações na flora ruminal resultando na maior produção de propionato, em detrimento do acético, levando à maior eficiência energética, pelo que também pode ser considerada a sua administração, nomeadamente nas vacas durante o período seco. As substâncias com efeito tampão deverão ser reforçadas - como exemplo o bicarbonato de sódio e o óxido de magnésio. As leveduras, dado o seu efeito benéfico a nível da população microbiana do rúmen, deverá ser considerada de maneira a promover a IMS e a evitar o surgimento de SARA (MARTINS, s. d.).

Por último, e dado que com o estresse verifica-se um aumento da produção de moléculas de radicais livres, a dieta deverá ser reforçada em antioxidantes. Dado o efeito antioxidante, para além da revisão da taxa de inclusão de algumas vitaminas, nomeadamente a vitamina E, e alguns oligoelementos como o selénio – preferencialmente sob a forma orgânica -, os polifenóis apresentam-se como mais uma solução com características muito interessantes (MARTINS, s. d.).

Para zonas com climas mais quentes, recorrer a raças leiteiras, como a Gir e cruzadas leiteiras como a Girolando, que se utilizam nos trópicos, poderá ser uma solução com interesse assim como a introdução de genes termotolerantes específicos de outras raças em raças com baixos níveis de resistência ao estresse térmico (HANSEN, 2014).

O aumento na utilização de glicose extramamária durante o estresse térmico cria um problema de tráfico de nutrientes em relação à produção de leite. A glândula mamária requer glicose para sintetizar a lactose do leite e a lactose é um osmorregulador primário, determinando, dessa forma, o volume total de leite (Baumgard, 2012). Esse pode ser o mecanismo primário responsável pelas reduções adicionais na produção de leite não explicada pela redução no consumo de alimentos (Figuras 12 e 13) (BAUMGARD, 2012).

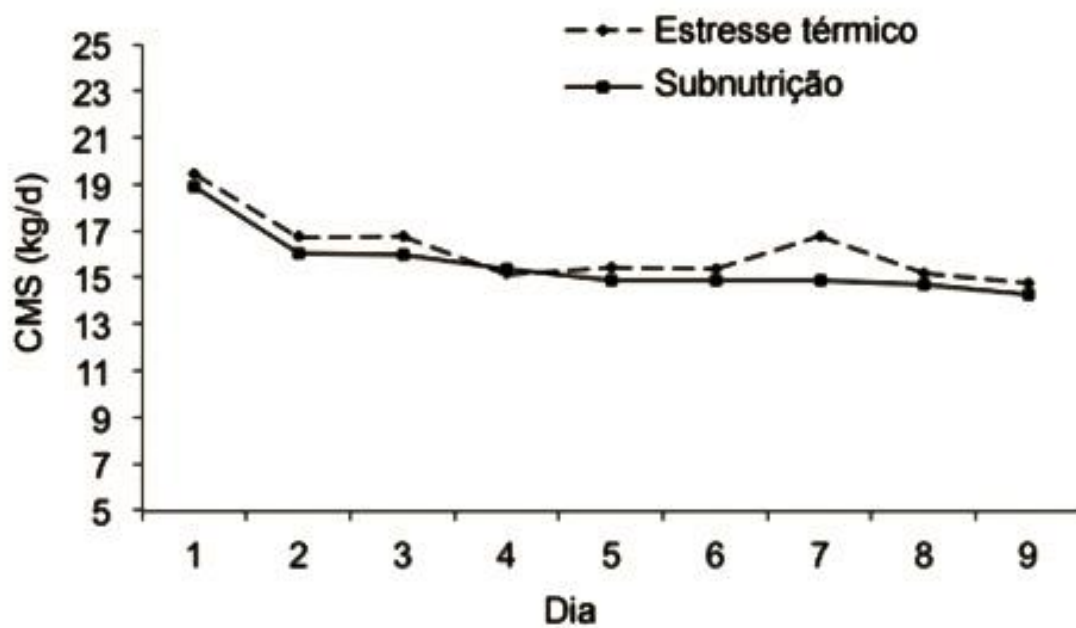


Figura 12. Efeito do estresse térmico no consumo de matéria seca de vacas leiteiras. Fonte: Baumgard (2012).

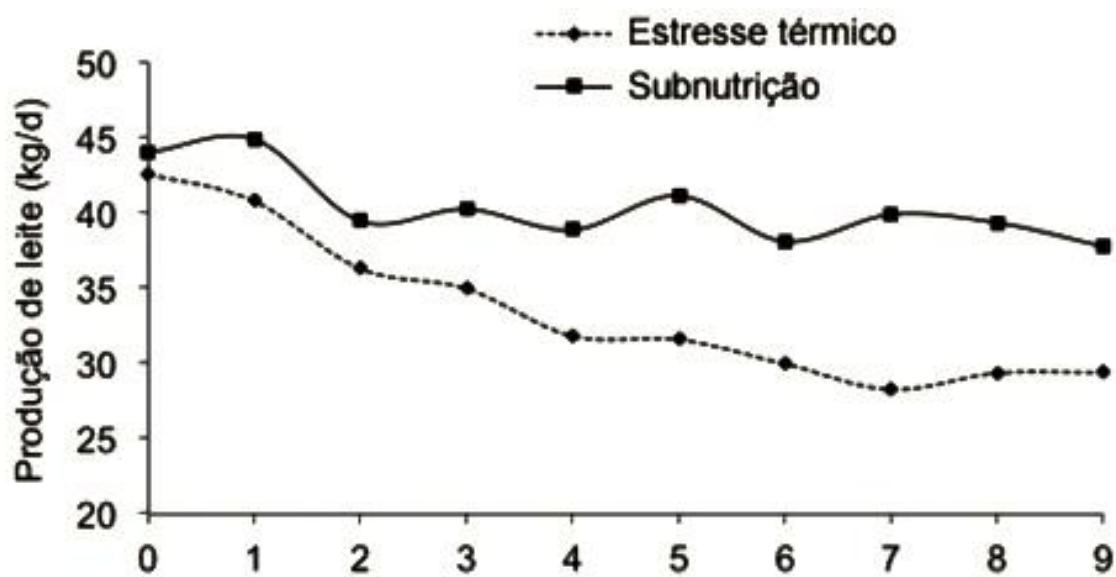


Figura 13. Efeito do estresse térmico na produção de leite de vacas. Fonte: Baumgard (2012).

3.6 IMPACTO ECONÔMICO DO ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS

O estresse térmico é um dos fatores de maior impacto econômico na eficiência do rebanho, tendo efeitos negativos tanto na produção quanto na reprodução de vacas leiteiras. Os efeitos negativos do estresse térmico chegam a representar \$900 milhões de dólares por ano nos Estados Unidos (FUNDAÇÃO ROGE, 2016).

O estresse calórico gera os seguintes prejuízos (FUNDAÇÃO ROGE, 2016):

- Decréscimo de 6 a 30% de IMS;
- Decréscimo de 15 a 20% da produção de leite;
- Decréscimo de 40 a 50% na eficiência reprodutiva;
- Aumento da mortalidade;
- Aumento nas incidências e severidade de mastites.

É factível que esses efeitos do estresse térmico podem gerar prejuízos graves e silenciosos à pecuária leiteira. Antunes et al. (2017) relatam perdas de até R\$1000,00/vaca/ ano, sendo sua maior parte na produção de leite e o restante, na reprodução e imunidade do animal, podendo levá-los à morte.

Segundo Franck (s/d) o estresse térmico em vacas leiteiras causa uma série de prejuízos, afetando os índices zootécnicos dos animais (Figura 14).



Figura 14. Prejuízos causados pelo estresse térmico em vacas leiteiras. Fonte: Adaptado de Pi-erre et al. (2003) apud Franck (s. d.).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estresse térmico ocasiona diversos problemas em rebanhos leiteiros, desde alterações comportamentais, fisiológicas, queda da produção e qualidade do leite, gerando perdas econômicas para os produtores de leite. Quando se consegue identificar os efeitos que o estresse térmico ocasiona sobre os animais, os mesmos podem ser amenizados com maior rapidez, minimizando as perdas econômicas dos produtores.

Portanto, controlar os efeitos que o estresse térmico exerce sobre os animais, torna-se essencial para a manutenção da produtividade dos mesmos. Vários métodos para controlar os efeitos do estresse térmico mostram-se eficientes, desde o uso de sombreamento, ventiladores, aspersores à formulação de dietas específicas e manejo. Porém, toda alteração de manejo, instalação e alimentação, independente do sistema (a pasto ou confinamento), deve ser adequada com a realidade da propriedade, levando em consideração a relação custo/benefício dentro do sistema.

O estresse térmico é responsável por perdas produtivas, reprodutivas e pela carência de bem estar nos animais. Sua prevenção é de grande importância para que não haja perdas econômicas no sistema de produção leiteira.

Existem várias formas para se amenizar o problema do estresse calórico que influi diretamente na nutrição, produção, reprodução e bem estar dos bovinos. A principal forma utilizada atualmente é a sombra, algumas vezes associada à ventilação, nebulização, aspersão de água e programas de alimentação, baseados nas horas mais frescas do dia. A sua maior ou menor eficiência terá uma variação dependendo da região, idade, sexo e fase produtiva dos animais.

Assim, um planejamento do ciclo da produção é primordial para que as instalações, o manejo dos animais, os funcionários e a produção final sejam o mais eficaz e produtivo possível.

O aumento de produção leva ao aumento da IMS e por consequência a maior produção de calor metabólico. Logo as vacas “modernas” tendem a ser mais susceptíveis aos efeitos negativos do ST. Minimizar esses efeitos torna-se essencial. Se adotarmos algumas estratégias, e se forem devidamente ajustadas às especificidades de cada exploração, as perdas decorrentes do ST poderão ser atenuadas.

O estresse térmico influencia na produção e composição centesimal do leite, tornando fundamental o fornecimento de ambiente que proporcione o conforto térmico aos animais. As variações sazonais influenciam na qualidade e quantidade de leite produzido, sendo que animais de origem indiana (*Bos indicus*) são mais tolerantes ao clima tropical, quando comparado com animais de origem europeia (*Bos taurus*), em virtude de sua maior capacidade de transpiração e menor taxa metabólica.

O estresse térmico na bovinocultura de leite é um dos fatores de maior impacto econômico na eficácia do rebanho, tendo efeitos negativos tanto na produção quanto na reprodução das vacas. Quando consegue identificar com maior precisão e rapidez, o estresse térmico dos animais consegue minimizar as perdas para o produtor e animal.

Todo manejo, instalação e alimentação deve ser adequada para melhorar o bem-estar das vacas, reduzindo e evitando qualquer tipo de estresse, mas principalmente por calor, dessa maneira consegue ter uma maior eficiência de produção.

5 RESUMO

ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS: REVISÃO BLIOGRÁFICA

Este trabalho teve por objetivo avaliar os resultados publicados na literatura científica acerca do estresse térmico de vacas leiteiras. Usando informações de diversas fontes, dentre elas instituições de pesquisas, sites especializados, revistas de divulgação nacionais e internacionais, boletins técnicos, circulares técnicas, anais de congressos e simpósios, artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais e livros. Cerca de dois terços do território nacional está situado na faixa tropical do planeta, onde predomina elevada temperatura e radiação solar, podendo ultrapassar a zona de conforto dos animais, levando ao estresse térmico, e consequentemente afetando a produção e a qualidade do leite, principalmente em vacas de alta produção, devido a serem mais sensíveis ao calor e terem maior dificuldade em dissipá-lo. Para controlar os efeitos do estresse térmico o produtor pode fazer uso de algumas estratégias de manejo ambiental, nutricional e sistema de resfriamento. O uso de alguns métodos como o sombreamento natural e artificial, dieta com menor incremento calórico, e uso de sistemas como ventilador, aspersor e painel evaporativo podem se mostrar eficientes para animais que estão submetidos ao calor. Desde modo, conclui-se que o estresse térmico causa vários problemas aos rebanhos leiteiros e quando identificado, podemos controlar seus efeitos e minimizar as perdas econômicas. Vários métodos para controlar o efeito do estresse térmico se mostraram eficientes, porém a escolha do método adequado depende do seu custo benefício e das características específicas de cada propriedade produtora de leite.

Palavras chave: Bovino. Calor. Bioclimatologia

6 SUMMARY

HEAT STRESS IN DAIRY COWS: BLIOGRAPHIC REVIEW

This work aimed to evaluate the results published in the scientific literature about the thermal stress of dairy cows. Using information from different sources, including research institutions, specialized websites, national and international dissemination magazines, technical bulletins, technical circulars, conference and symposium proceedings, articles published in national and international journals and books. Approximately two thirds of the national territory is located in the tropical zone of the planet, where high temperature and solar radiation predominate, which may exceed the comfort zone of the animals, leading to thermal stress, and consequently affecting milk production and quality, especially high production cows, due to being more sensitive to heat and having more difficulty dissipating it. To control the effects of thermal stress, the producer can make use of some environmental, nutritional management and cooling system strategies. The use of some methods such as natural and artificial shading, a diet with lower caloric increase, and the use of systems such as a fan, sprinkler and evaporative panel can be effective for animals that are subjected to heat. Thus, it is concluded that thermal stress causes several problems to dairy herds and when identified, we can control its effects and minimize economic losses. Several methods to control the effect of thermal stress have proven to be efficient, but the choice of the appropriate method depends on its cost benefit and the specific characteristics of each milk producing property.

Keywords: Bovine. Heat. Bioclimatology

REFERÊNCIAS

ABREU, A. S. de. **Indicadores do estresse térmico em bovinos**. Rio Grande do Sul, 2011. Disponível em: https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2020/11/es-tresse_termico.pdf Acesso em: 10 mai. 2021.

BAUMGARD, L. H. **Estresse térmico: Metabolismo, saúde, nutrição e produção – Parte I**. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3wsugrf> Acesso em: 3 mar. 2021.

COMPRES Rural. **Como o estresse calórico impacta na produção leiteira**. [S. l.], 2020. Texto adaptado do material “Estresse Calórico” elaborado por alunos do Curso Técnico em Agropecuária da Fundação Roge em 2016, para o projeto de Reprodução Bovina. Disponível em: <https://www.comprerural.com/como-o-estresse-calorico-impacta-na-producao-leiteira/page/36/> Acesso em: 10 mai. 2021.

DALTRO, A. M. *et al.* Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, v. 26, n. 1, 2020. Disponível em: <http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/666> Acesso em: 15 abr. 2021.

GHOSH, C. P.; KESH, S. S.; TUDU, N. K.; DATTA, S. Heat Stress in Dairy Animals - Its Impact and Remedies: A Review. **Int. J. Pure App. Biosci.**, v. 5, n. 1, p. 953-965, 2017.

HEAD, H. H. The strategic use of the physiological potential of the dairy cow. *In: Simpósio Leite nos Trópicos: novas estratégias de produção*, 1., 1989, Botucatu. **Anais [...]** Botucatu: UNESP, 1989. p. 38-89.

LUCAS, W. O. S. **Como reduzir o estresse térmico dos rebanhos de vacas leiteiras?** Marília/SP, [s. d]. Disponível em: <https://bit.ly/2SsjGSB> Acesso em: 11 mai. 2021.

MARTINS, F. **O efeito do stress térmico nas vacas leiteiras**. [S. l.], [s. d]. Disponível em: <https://aprolep.files.wordpress.com/2010/10/stress-tc3a9rmico-filipe-martins.pdf> Acesso em: 12 mar. 2021.

MENEGON, G. **Conforto térmico em vacas leiteiras**. Chapada/RS, [s. d]. Disponível em: <https://bit.ly/2U3nPfX> Acesso em: 11 mai. 2021.

OLIVEIRA, C. D. S. de. **Importância do sombreamento na produção de leiteira**. Lavras/MG; Chapecó/SC; Goiânia/GO, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2SDSrED> Acesso em: 12 mai. 2021.

PESCARA, J. **O efeito do estresse térmico em vacas leiteiras e suas implicações nutricionais**. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3wuEt6z> Acesso em: 13 mai. 2021.

PHIBRO Saúde Animal. **Benefícios nutricionais no controle do estresse térmico**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3gpw276> Acesso em: 5 mai. 2021.

PIRES, M. F. A. Zoneamento Bioclimatológico utilizando o Índice de Temperatura e Umidade, para bovinocultura de leite na Região Sudeste do Brasil. In: SOBRINHO, F. S.; ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; MACHADO, D. A. (Eds.). **Relatório Técnico da Embrapa Gado de Leite 2001-2003**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 173p.

RICCI, G. D.; ORSI, A. M.; DOMINGUES, P. F. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite – Revisão. **Vet. e Zootec.**, v. 20, n. 3, p. 9-18, 2013.

ROMANHUK, S. **Fatores que afetam o combate ao estresse térmico nas fazendas leiteiras**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3d2mgWz> Acesso em: 12 mai. 2021.

SANTOS, W. G. dos; LEÃO, C. R. A. **Influência do sombreamento na produtividade de vacas leiteiras no Brasil**: Revisão de literatura. 2017. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Pecuária Leiteira) – Instituto Federal de Minas Gerais, São João Evangelista. 2017.

SOUZA, S. R. L. de. **Análise do ambiente físico de vacas leiteiras alojadas em sistema de freestall**. 2003. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2003.

SUZUKI, R. **Estresse térmico em vacas leiteiras: um mal que se sente na pele**. Bebedouro/SP, 2021. Disponível em: [content://com.microsoft.office.outlook.fileprovider/outlookfile/data/user/0/com.microsoft.office.outlook/cache/file-download/file-936946902/Estresse%20t%C3%A9rmico%20em%20vacas%20leiteira%20Scot%20Consultoria%20Suzuki%20\(2021\)%20ok.html](content://com.microsoft.office.outlook.fileprovider/outlookfile/data/user/0/com.microsoft.office.outlook/cache/file-download/file-936946902/Estresse%20t%C3%A9rmico%20em%20vacas%20leiteira%20Scot%20Consultoria%20Suzuki%20(2021)%20ok.html) Acesso em: 16 mai. 2021.

VIANA, E. P. **Saiba como o estresse térmico afeta as vacas leiteiras e qual impacto ele causa na produção de leite**. Viçosa/MG, [s. d.]. Disponível em: <https://bit.ly/3grN4Bn> Acesso em: 11 mai. 2021.

WHEELLOCK, J. B. *et al.* Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 11, 2015.

XAVIER, M. de P. **Vacas leiteiras enfrentem estresse térmico todo o Brasil**. Canal do leite. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://canaldoleite.com/artigos/vacas-leiteiras-enfrentam-estresse-termico-em-todo-o-brasil/> Acesso em: 18 mai. 2021.

