

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**KAREN DAL MAGRO FRIGERI**

**ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA E REVISÃO SISTEMÁTICA DO ESTRESSE  
TÉRMICO E COMPORTAMENTO DE VACAS EM LACTAÇÃO ALOJADAS EM  
CONFINAMENTO**

**DOIS VIZINHOS**

**2022**

**KAREN DAL MAGRO FRIGERI**

**ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA E REVISÃO SISTEMÁTICA DO ESTRESSE  
TÉRMICO E COMPORTAMENTO DE VACAS EM LACTAÇÃO ALOJADAS EM  
CONFINAMENTO**

**Scientometric Analysis and Systematic Review of Heat Stress and Behaviour of  
Lactating Dairy Cows Housed in Confinement**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira

Coorientadores: Prof<sup>o</sup> Dr. Matteo Barbari e Prof<sup>o</sup> Dr. Flávio Alves Damasceno

**Dois Vizinhos**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Dois Vizinhos



---

KAREN DAL MAGRO FRIGERI

**ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA E REVISÃO SISTEMÁTICA DO ESTRESSE TÉRMICO E COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS ALOJADAS EM CONFINAMENTO.**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Produção Animal.

Data de aprovação: 02 de Dezembro de 2022

Dr. Frederico Marcio Correa Vieira, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Ana Luiza Bachmann Schogor, Doutorado - Fundação Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc)

Dr. Fernando Reimann Skonieski, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 02/12/2022.

Dedico este trabalho à minha família e a todos que fazem  
parte da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para alcançar meus objetivos e a prosseguir a cada dia.

A minha família, minha mãe Rosane, meu pai Leandro e minha irmã Ketlin, pelo apoio incondicional, por acreditarem em mim e permitirem seguir meus caminhos. Vocês fizeram tudo que estavam aos seus alcances para me ajudar e incentivar.

Aos meus amigos, pela amizade e ajuda nos momentos difíceis.

Ao Prof. Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira, por todos os ensinamentos, amizade e incentivo. Sua orientação me transformou em uma profissional melhor. Obrigada por tudo!

Aos meu co-orientadores Prof. Dr. Matteo Barbari e Prof. Dr. Flavio Álvaro Damasceno pela ajuda e sugestões.

A profª Nédia pelos ensinamentos e ajuda ao longo do meu mestrado. Obrigada por tudo!

Kariane por toda ajuda na elaboração das revisões!

Aos meus amigos do GEBIOMET, pelas conversas, discussões e estudos.

As minhas amigas do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ-UTFPR), Rubia e Caroline, pelos conselhos, estudos, motivações e companheirismo. Vocês tornaram esse momento mais feliz e leve! Obrigada por tudo!

Aos membros da banca avaliadora, pela ajuda e considerações finais, afim de torná-lo melhor.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Dois Vizinhos (UTFPR/DV) pela possibilidade de cursar o mestrado.

Aos professores da UTFPR/DV pelos ensinamentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) pelo apoio para a realização do projeto.

Não julgue cada dia pela colheita que você obtém, mas  
pelas sementes que você planta.  
(STEVENSON; ROBERT LOUIS).

## RESUMO

Estudos que analisaram as produções bibliográficas na ciência animal são relativamente novos e têm se tornado mais comuns. A cienciometria e a revisão sistemática permitem mapear as áreas da ciência animal na qual necessitam de mais estudos, os países, as instituições, as áreas de interesse, além de permitirem conclusões mais assertivas entre os estudos. O estresse térmico é um problema cada vez mais proeminente nas fazendas leiteiras e vêm trazendo impactos negativos para todo o setor leiteiro. Desta forma, vários estudos têm investigado o estresse térmico e seus efeitos sobre vacas em lactação na área da ciência animal. Neste trabalho são apresentados dois estudos sobre a produção de estudos científicos: o primeiro remete a um mapeamento sobre o efeito do estresse térmico em vacas em lactação alojadas em confinamento (*free stall*, *compost barn* e *tie stall*), e o segundo remete a investigação sobre o efeito do estresse térmico no comportamento de vacas em lactação alojadas em *compost barn*. Esses estudos apresentam novidades, não apenas pela abrangência das informações analisadas sobre estresse térmico em vacas em lactação alojadas em confinamento, mas principalmente por levar em consideração aspectos cronológicos, países, autores, instituições, quantidade de citações, quantidade de publicações, entre outros. Os estudos permitiram derivar informações interessantes para a comunidade científica na ciência animal. Entre eles: os Estados Unidos e a China foram os países com o maior número de publicações. *Heat stress* e *Behavior* foram as palavras-chaves que mais prevaleceram. A *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *State University System of Florida* e *University of Florida* foram as instituições que apresentaram o maior número de estudos. Os autores Baumgard LH e Collier RJ tiveram a maior produção científica de acordo com o objetivo do nosso estudo. Os termos *temperature-humidity index*, *behavior* e *heat stress* são as tendências nesta linha de pesquisa. Além disso, observamos alterações comportamentais nas vacas em lactação alojadas em sistema *compost barn* em situações de estresse térmico, na qual, houve aumento dos eventos de visita ao bebedouro, número de passos e comportamentos agonísticos, e também, redução no tempo de descanso e nos eventos de alimentação.

Palavras-chave: Bovino leiteiro; Cienciometria; Estresse; Fisiologia térmica.

## ABSTRACT

Studies that analyzed the bibliographic productions in animal science are relatively new and have become more common. The scientometrics and the systematic review allow to map the animal science areas that need more studies, the countries, the institutions, the interest areas, in addition to allow more assertive conclusions among the studies. The heat stress is a problem increasingly prominent in dairy farms and it comes bringing negative impacts for the entire dairy sector. Thus, multiple studies have investigated the heat stress and its effects in the lactating cows in the animal science area. This paper presents two studies about the production of scientific studies: the first refers to a mapping about the heat stress effect in the lactating cows kept in feedlot (free stall, compost barn and tie stall), and the second refers to an investigation about the heat stress effect in the behavior of the lactating cows kept in compost barn. These studies present innovation, not only by the comprehensiveness of the analyzed information about heat stress in the lactating cows kept in feedlot, but mainly taking into account chronological aspects, countries, authors, institutions, number of citations, number of publications, among others. The studies have allowed to derive interesting information for the scientific community in the animal science. Including: The United States and China were the countries with the highest number of publications. Heat stress and Behavior were the keywords that most prevailed. The Chinese Academy of Agricultural Science, State University System of Florida and University of Florida were the institution that presented the highest number of studies. The authors Baumgard LH and Collier RJ had the greatest scientific production according to the purpose of our study. The terms temperature-humidity index, behavior and heat stress are the tendencies in this line of research. Furthermore, we observed behavioral changes in the lactating cows kept in compost barn system in situation of heat stress, in which, there was an increase in the events of visiting to trough, number of steps and agonistic behavior, and also, decrease of rest time and from event to feeding.

Keywords: Dairy Cattle; Scientometrics; Stress; Thermal physiology



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Análise dos resultados de pesquisa dos termos “systematic reviews”, “meta-analysis” e scientometric na base de dados da Scopus, a partir do título, resumo e palavras-chaves no dia 25 de março de 2022 .....	17
Figura 1 - Mapa Mundi contendo o Índice Global de Risco Climático entre 2000-2019.	20
Figura 2 - Efeito do estresse térmico no metabolismo das vacas leiteiras em lactação ....	24
Figura 3 - Designer da pesquisa .....	44
Figura 4 - Fluxograma seguindo as diretrizes do PRISMA (MOHER et al., 2009), mostrando o número total de publicações identificadas e o número de publicações filtradas em cada fase do processo de seleção a partir da revisão .....	47
Gráfico 2 - Relação entre o número de publicações e de citações por ano de publicações relacionadas a estresse térmico em vacas leiteiras em sistema de confinamento.....	48
Figura 5 - Geolocalização dos 604 estudos incluídos na revisão. A distribuição geográfica dos estudos está relacionada com a cor de cada país, proporcional ao número de publicação.....	50
Figura 6 - Rede de co-ocorrência dos países relacionado pelo tamanho do nó, determinado pelo número de vezes que essa palavra foi utilizada e os links a relação entre os países .....	51
Figura 7 - Agrupamento dos países com palavras-chaves (a) e títulos (b) dos 604 estudos incluídos na revisão. A identificação #zero representa o agrupamento com maior peso e área mais atual.....	55
Figura 8 - Nuvem de palavras gerada utilizando as 25 palavras mais frequentemente utilizadas nas palavras-chaves dos 604 estudos incluídos na revisão. As palavras que aparecem em tipo maior foram utilizadas com maior frequência .....	61
Figura 9 - Agrupamento das palavras-chaves dos 604 estudos incluídos na revisão. A identificação #zero representa o agrupamento com maior peso e área mais atual .....	62
Figura 10 - Rede de co-ocorrência dos periódicos dos 604 estudos incluídos na revisão. O tamanho do nó é determinado pelo número de vezes que essa palavra foi utilizada e os links a relação entre os periódicos .....	64
Gráfico 3 - Ranking dos 10 autores (eixo x) que produzem conhecimentos sobre o estresse térmico em vacas em lactação em sistema de confinamento (eixo y).....	66
Gráfico 4 - Ranking das 10 instituições que produzem conhecimentos sobre o estresse térmico em vacas em lactação em sistema de confinamento .....	66
Figura 11 - Itens Preferidos para as Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA; Moher et al., 2009), fluxograma descrevendo o número de registros identificados e o processo de exclusão para a revisão sistemática .....	87
Figura 12 - Principais achados sobre comportamento de vacas em lactação em sistema de confinamento <i>Compost barn</i> nos estudos incluídos para a revisão sistemática.....	95

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Efeito do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) no metabolismo das vacas leiteiras em lactação.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabela 2 - Os 13 principais países em termos de publicação.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabela 3 - Ranking das publicações mais citadas relativas ao estresse térmico em vacas leiteiras manejadas em sistema de confinamento com título, revista científica, ano de publicação, total de citações e média por ano, de acordo com a <i>Web of Science</i> (2022) ..</b>	<b>53</b>
<b>Tabela 4 - Tamanhos e silhuetas dos <i>clusters</i> de palavras-chaves.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabela 5 - Tamanhos e silhuetas dos <i>clusters</i> de títulos .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabela 6 - Resumo dos <i>clusters</i> de palavras-chaves .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabela 7 - Classificação das revistas científicas em relação a frequência e o fator de impacto pelo <i>Journal Citation Reports</i> (JCR) em 2020.....</b>	<b>64</b>
<b>Tabela 8 - Caracterização dos estudos incluídos para a revisão sistemática .....</b>	<b>89</b>
<b>Tabela 9 - Modelos de ITU propostos nos estudos para cálculos de conforto térmico em vacas leiteiras em lactação .....</b>	<b>94</b>

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	14
3	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
3.1	Revisão sistemática na produção animal.....	14
3.2	Mudança climática e ondas de calor .....	18
3.3	Estresse térmico em vacas leiteiras .....	21
3.4	Mecanismo de termorregulação em vacas leiteiras .....	27
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	29
1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	41
2.	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	43
2.1	Estratégia de busca .....	43
2.2	Critérios de seleção e inclusão dos estudos.....	43
2.3	Extração de dados.....	44
2.4	Análise cienciométrica.....	44
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	45
3.1	Características das publicações .....	45
3.2	Análise de co-país/território.....	49
3.3	Áreas de publicação .....	52
3.4	Análise de documentos altamente citados .....	52
3.5	Análise de <i>cluster</i> das palavras-chaves e título em relação aos países .....	54
3.5.1	Análise de agrupamento dos <i>clusters</i> das palavras-chaves .....	56
3.5.2	Análise de agrupamento dos <i>clusters</i> dos títulos.....	59
3.6	Análise de co-ocorrência de palavras-chaves .....	60
3.6.1	Agrupamento dos <i>clusters</i> de palavras-chaves .....	61
3.7	Análise de periódicos, autores e instituições .....	63
3.8	Limitações do estudo .....	66
4	<b>CONCLUSÃO</b> .....	67
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	67
	<b>CAPÍTULO II</b> .....	81
1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	84
2.	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	85
2.1	Estratégia de pesquisa de literatura.....	85
2.2	Critérios de elegibilidade .....	86

2.3	Extração e manipulação dos dados .....	88
3.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>88</b>
3.1	Visão geral dos estudos incluídos .....	88
3.2	Características dos rebanhos .....	92
3.3	Indicadores de estresse térmico .....	92
3.4	Comportamentos.....	95
3.5	Limitações do estudo e direções futuras .....	98
4.	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>99</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>100</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>106</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas, as preocupações com as mudanças climáticas e seus impactos na pecuária leiteira vem se tornando mais frequentes (HUSSAIN *et al.*, 2020). O aumento na temperatura global na Terra (aproximadamente 1,2 °C) vem contribuindo em impactos ambientais em várias partes do mundo (IPCC, 2021). Entre os impactos ambientais, as ondas de calor, ou seja, períodos de clima excepcionalmente quente, foram classificados entre os eventos climáticos mais preocupantes nos últimos tempos (FOUNDA *et al.*, 2022). As ondas de calor são caracterizadas por apresentarem temperatura superior a 30 °C, durante três a cinco dias ou mais, podendo ocorrer em diferentes épocas do ano (LEES *et al.*, 2019) e por consequência, causam impacto no ambiente térmico dos bovinos leiteiros.

Os fatores térmicos externos (temperatura, umidade relativa do ar, radiação e velocidade do vento) são um dos principais mecanismos que podem alterar o ambiente térmico em que os bovinos leiteiros vivem e por consequência impactam no desempenho das vacas em lactação (BECKER; STONE, 2020). Vacas de alta produção (40 kg/vaca/dia) são extremamente sensíveis as mudanças do ambiente térmico (SUMMER *et al.*, 2019). Essas mudanças no ambiente térmico contribuem no impacto do estresse térmico por calor (HOFFMANN *et al.*, 2020). O estresse térmico é compreendido como as forças externas que agem sobre as vacas em lactação causando aumento da temperatura corporal (BERNABUCCI *et al.*, 2010). O estresse térmico é desencadeado quando a produção endógena de calor de uma vaca é maior que sua capacidade de perda de calor corporal (COLLIER; RENQUIST; XIAO, 2017). Portanto, há uma necessidade de compreender os mecanismos pelos quais o estresse térmico exerce efeitos negativos sobre as vacas em lactação.

O ET compromete a produção de leite (M'HAMDI *et al.*, 2021), entre 20 a 40% (TAO *et al.*, 2018). A composição do leite também é impactada pelo estresse térmico (SUMMER *et al.*, 2019) à medida que índice de temperatura e umidade ultrapassa 70 (LIM *et al.*, 2021). Perdas na reprodução também são observadas com o índice de temperatura e umidade superior ou igual a 72 (RECCE *et al.*, 2021). Além disso, o estresse térmico impacta na saúde (WEST, 2003), no bem-estar (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017) e no comportamento das vacas em lactação (HERBUT *et al.*, 2021). As alterações comportamentais também são observadas com o índice de temperatura e umidade maior igual a 72 (ENDRES; BARBEG, 2007). Diante desses impactos causado pelo estresse térmico no

sistema produtivo animal, identificar e ajustar as práticas de manejo, além do controle do ambiente térmico nos confinamentos para vacas em lactação são extremamente necessários.

Desta forma, nos últimos 40 anos, vários pesquisadores estudaram o efeito do estresse térmico nos confinamentos de vacas em lactação e as possíveis estratégias para amenizar a ação do estresse térmico (BECKER; STONE, 2020). No entanto, nem todos os estudos conseguiram abordar explicações claras a respeito do estresse térmico sobre as vacas em lactação. Assim, a utilização de métodos como a revisão sistemática e a cienciometria permitiram com que possamos identificar lacunas que necessitam de mais estudos e conclusões mais assertivas. Diante disso, a revisão sistemática e a cienciometria vem ganhando cada vez mais espaço na área animal (VRIEZEN *et al.*, 2019).

## 2 OBJETIVOS

Objetivou-se avaliar o efeito do estresse térmico e o comportamento de vacas em lactação alojadas em confinamento por meio da cienciometria e da revisão sistemática.

Os objetivos específicos são:

- Mapear o efeito do estresse térmico em vacas em lactação alojadas em confinamentos do modelo *compost barn*, *free stall* e *tie stall*, por meio da cienciometria;
- Analisar se os comportamentos das vacas em lactação foram afetados pelo estresse térmico em sistema de confinamento do modelo *compost barn*, por meio de revisão sistemática.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Revisão sistemática na produção animal

O uso da revisão sistemática na produção animal vem sendo considerada uma metodologia alternativa que pode ser usada para melhorar a compreensão do conhecimento científico (LOVATTO *et al.*, 2007). Isto pode ser explicado devido o aumento considerado de publicações na área animal, na qual, pode dificultar em conclusões mais abrangíveis. Ou seja, a revisão sistemática pode produzir resultados conclusivos quando alguns estudos individuais são inconclusivos. Além disso, a diminuição dos investimentos na ciência e, o alto custo para a realização de experimentos, vem dificultando a execução e a condução de pesquisas na área

animal. Em virtude da pandemia do novo coronavírus (COVID-19), diversos pesquisadores na área animal não puderam executar seus experimentos pela gravidade da pandemia, o que acabaram partindo para a revisão de literatura. Desta forma, as revisões de literatura, tal como a sistemática que engloba a cienciométrica e a meta-análise, vêm se tornando uma possibilidade de estudos para a ciência animal (VRIEZEN *et al.*, 2019).

As revisões de literatura têm o intuito de (i) compreender o conhecimento científico, (ii) resumir, (iii) analisar, (iv) interpretar os resultados obtidos, (v) identificar as lacunas que ainda necessitam de estudos aprofundados, (vi) crescimento do conhecimento (ATKINSON; CIPRIANI, 2018; LI; GOERLANDT; RENIERS, 2021) e as tendências de uma determinada área de estudo (LIN *et al.*, 2019). Além disso, as revisões de literatura podem ser narrativas (buscam uma visão geral da literatura em questão, sem que haja uma busca sistemática na literatura) e sistemática (reúnem as evidências empíricas a partir dos critérios de elegibilidade pré-definidos, com o objetivo de responder uma pergunta em questão (HIGGINS; THOMAS, 2019).

A análise cienciométrica e metanalítica são constantemente utilizadas em diversas áreas do conhecimento a mais de quatro décadas. A meta-análise foi introduzida pela primeira vez por Smith e Glass em 1977. Neste primeiro esforço, os autores analisaram estatisticamente os resultados de 375 artigos científicos sobre psicoterapia (SMITH; GLASS, 1977). Já a cienciométrica, foi introduzida pela primeira vez por Nalimov e Mul'Chenko em 1971. Os autores mostraram que é possível utilizar as referências bibliográficas para obter conexões entre os artigos, áreas de conhecimento, países, autores, instituições, periódicos, entre outros (NALIMOV; MUL'CHENKO, 1971).

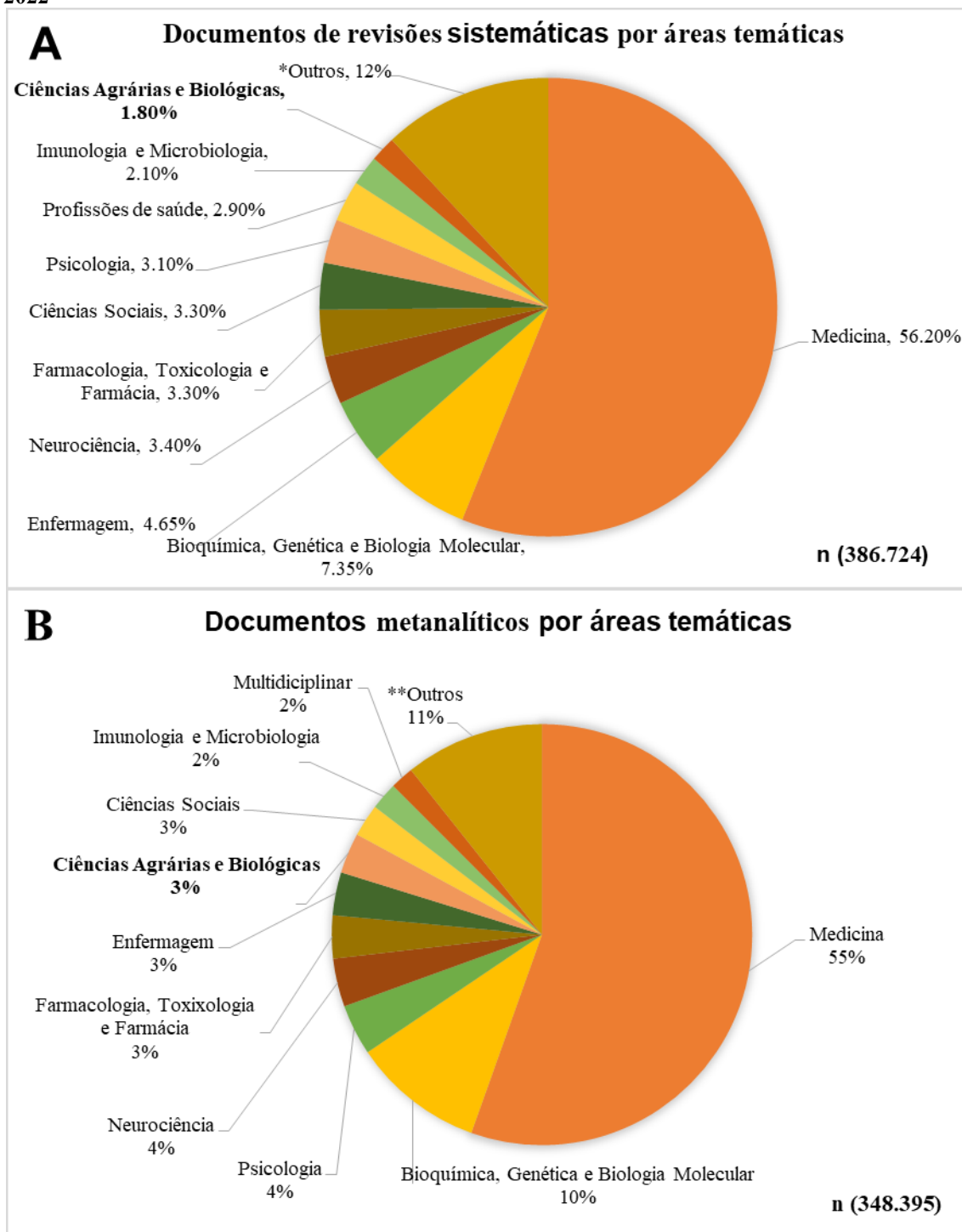
A análise cienciométrica é um método quantitativo de estudo na ciência (LI *et al.*, 2022). O método cienciométrico está sendo cada vez mais aplicado em domínios científicos por ser uma fonte de informações confiáveis (MAZOVA; GUREEVA; GLINSKIKH, 2020). A cienciométrica consiste no mapeamento dos estudos científicos (LI; GOERLANDT; RENIERS, 2021) a partir de registros bibliográficos extraídos de bancos de dados, por meio de um *software*, como por exemplo o *CiteSpace*, gerando uma avaliação geral do conhecimento científico (CHEN, 2020). Para tanto, é extremamente importante a avaliação cuidadosa dos dados de entrada, evitando a discrepância nos resultados finais (ATKINSON; CIPRIANI, 2018; CHEN; SONG, 2019). Já a meta-análise é um método quantitativo de estudo na ciência, que permite combinar dados existentes de diferentes estudos (LOVATTO *et al.*, 2007), contribuindo com maior precisão nos resultados a partir do seu *n* amostral.

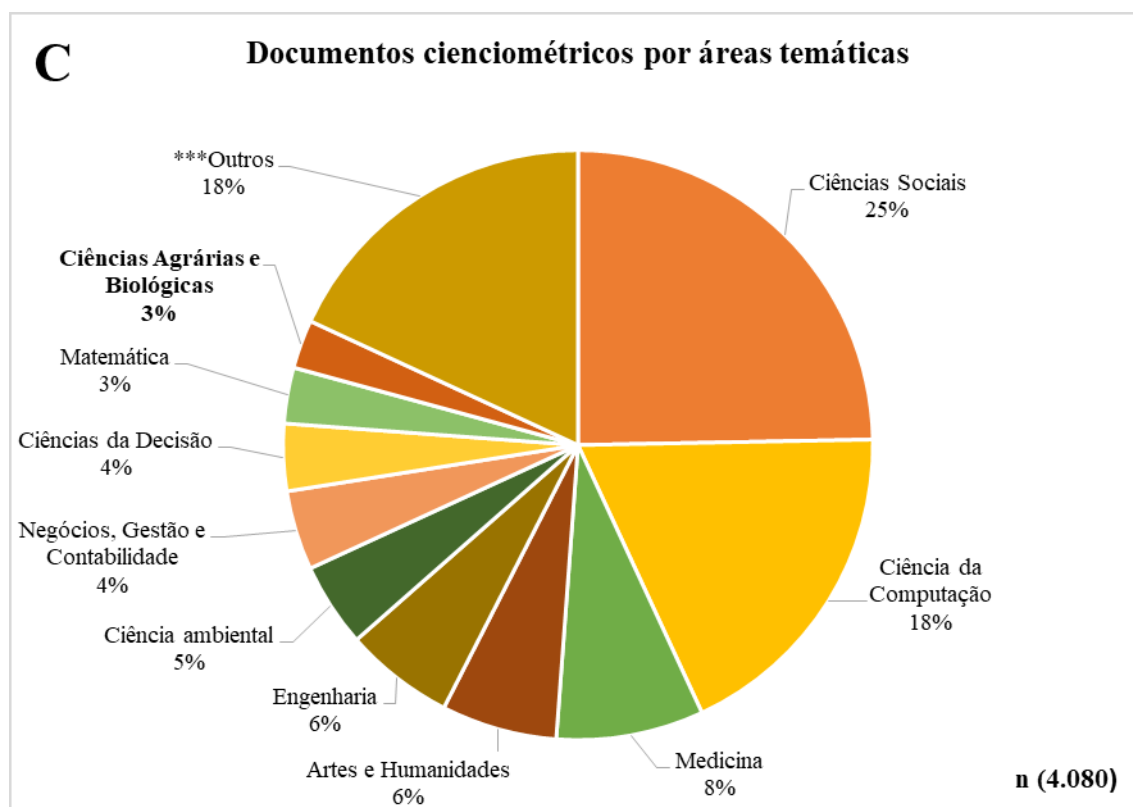
As publicações de revisão sistemática têm crescido consideravelmente na área animal nos últimos 20 anos (VRIEZEN *et al.*, 2019). Diversos pesquisadores utilizaram a metodologia da revisão sistemática em seus estudos. Krishnamoorthy *et al.* (2021) usando a RS, a meta-análise e a cienciometria avaliaram três patógenos de mastite mais importantes, bem como seu *status* de prevalência no leite de bovinos e de búfalos no mundo. Em outro estudo, Vriezen *et al.* (2019) investigaram as revisões sistemáticas existentes relacionadas a saúde animal e identificaram quais áreas que ainda não apresentam revisões. Oehm *et al.* (2019) realizaram uma revisão sistemática e meta-análise para contribuir com as evidências do conhecimento atual sobre laminite em vacas leiteiras, além de identificarem e delimitarem as áreas com pouco estudo. Neste contexto, Beaver e Keyserlingk (2021) elaboraram uma revisão sistemática evidenciando o bem-estar de vacas leiteiras em sistema de confinamento do modelo *tie-stall*, a partir da saúde, funcionamento biológico, comportamento natural e estado afetivo. Cainzos *et al.* (2022) realizam uma revisão sistemática para estimar os custos da cetose em vacas leiteiras. Já Silva *et al.* (2022) executaram uma análise bibliométrica para analisar os estudos científicos sobre *compost barn* nos últimos anos. No entanto, percebe-se que poucos estudos abordam a análise cienciométrica.

Para tanto, nós realizamos um pré-pesquisa no dia 25 março de 2022 na base de dados da *Scopus*, cobrindo todos os anos da base de dados até 2022 usando as palavras-chaves “*systematic reviews*”, “*meta-analysis*” e *scientometric*, a partir do título, resumo e palavras-chaves (Gráfico 1). Isso retornou 386.714 estudos científicos sobre “*systematic reviews*”, dos quais apenas 1,8% estavam relacionados a ciências agrárias e biológicas. No contexto da “*meta-analysis*”, mais de 348.395 estudos foram publicados, e estudos que incluíram as áreas das ciências agrárias e biológicas representaram 3%. Cerca de 4.080 estudos referem-se a *scientometric*, o que equivale a 3% dos estudos para ciências agrárias e biológicas. Isso parece confirmar a falta de estudos utilizando esses métodos científicos na área da ciência agrária e biológica. Esta dissertação irá contribuir para a literatura nesta área pouco estudada.



Gráfico 1 - Análise dos resultados de pesquisa dos termos “*systematic reviews*”, “*meta-analysis*” e *scientometric* na base de dados da *Scopus*, a partir do título, resumo e palavras-chaves no dia 25 de março de 2022





Notas: \*Outros-revisões sistemáticas (odontologia; ciência ambiental; engenharia; ciência da computação; multidisciplinar; negócios, gestão e contabilidade; artes e humanidades; química; engenharia química; matemática; ciência de materiais; energia; física e astronomia; ciências da decisão, economia, econometria e finanças; ciências da terra e planetárias); \*\*Outros-meta-análise (profissões da saúde; ciência ambiental; odontologia; engenharia; ciência da computação; negócios, gestão e contabilidade; artes e humanidades; matemática; economia, econometria e finanças; química; engenharia química; ciências da terra e planetárias; física e astronomia; ciências da decisão; ciências de materiais; e energia); \*\*\*Outros-cienciometria (engenharia; bioquímica, genética e biologia molecular; ciência de materiais; multidisciplinar; química; ciências da terra e planetárias; e física e astronomia).

Fonte: *Scopus* (2022).

### 3.2 Mudança climática e ondas de calor

Nas últimas duas décadas, a mudança climática tem sido foco de estudos e discussões pelos pesquisadores em todo mundo devido ao aumento das emissões dos gases do efeito estufa (GEE - CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O) e da temperatura global (HUSSAIN *et al.*, 2020). A elevação da temperatura (1,2 °C) vem provocando perdas econômicas consideráveis (ECKSTEIN; KÜNZEL; SCHÄFER, 2021), em virtude da perda da biodiversidade de plantas e animais, na segurança alimentar (GAULY; AMMER, 2020) e no desequilíbrio dos ecossistemas (ESPELAND; KETTENRING, 2018).

Os impactos da mudança climática sobre os ecossistemas são altamente variáveis globalmente e são amplamente influenciados pela localização geográfica. No entanto,

incidência de inundações, diminuição de chuvas, secas prolongadas, verões longos e intensas ondas de calor estão se tornando cada vez mais frequentes (WANKAR; RINDHE; DOIJAD, 2021). Esses impactos foram constantemente debatidos durante a 26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP, 26) que ocorreu em 2021 na Escócia. Os pesquisadores alertaram sobre os impactos da mudança climática e chamaram atenção da comunidade científica, ambientalista e aos produtores conscientes. Esses fatores são considerados uma ameaça real ao sistema produtivo animal devido à grande relação que os mesmos apresentam com o sistema animal (ROJAS-DOWNING *et al.*, 2017).

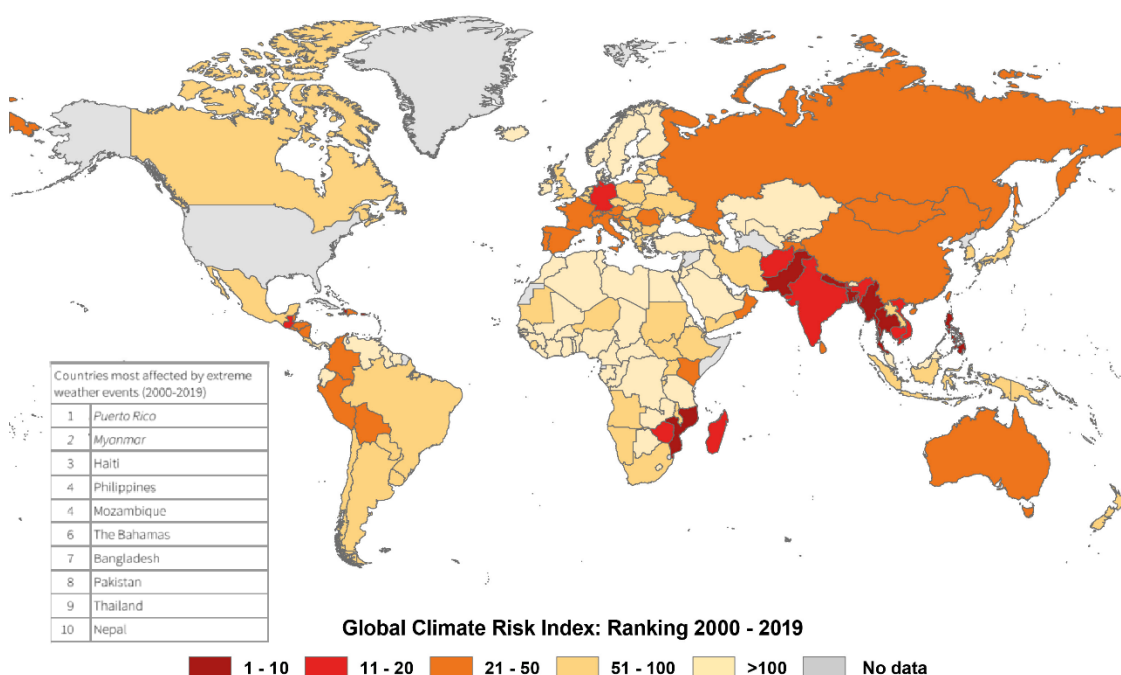
O sistema produtivo animal é afetado diretamente (metabolismo animal) e indiretamente (rendimento de grãos e volumosos, disponibilidade de água, disseminação de doenças, entre outros) pelo aquecimento global. O aquecimento global é um dos principais fatores com potencial de alteração do estado fisiológico, saúde e o bem-estar das vacas leiteiras (LACETERA, 2019). Assim sendo, esses fatores impactam o setor lácteo periodicamente, tornando um gargalo para atividade leiteira a nível mundial. Por conseguinte, no ano de 2019, o setor leiteiro foi negativamente afetado pela mudança climática. As principais regiões afetadas foram Ásia, Austrália, América Latina, Nova Zelândia e União Europeia (IFCN, 2019). Nas Américas foram observados aumento da temperatura ambiental (1,02 °C), causando perdas econômicas em virtude da diminuição produtiva das vacas leiteiras. A redução mais expressiva na produção de leite (1,17% a 3,21%) foi observada na União Europeia (GUZMÁN-LUNA *et al.*, 2022), em virtude do maior aumento da temperatura ambiental (1,56 °C) em comparação aos demais países, como Austrália, Nova Zelândia e o continente Asiático (WANKAR; RINDHE; DOIJAD, 2021).

O aumento considerado da temperatura ambiental, na qual as condições máximas estão acima de um limite específico (temperatura superior a 30 °C), ao longo de dias (de 3 a 5 dias, ou mais) e, em diferentes épocas do ano, se caracterizam por desencadear ondas de calor (LEES *et al.*, 2019). Está bem documentado que as ondas de calor devem aumentar em frequência (quatro ou mais eventos ao ano), intensidade (temperatura superior a 30 °C) e duração (6 ou mais dias) (BENISTON *et al.*, 2007; BERNABUCCI, 2019). O último Relatório Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) que ocorreu em 2021 demonstrou que a probabilidade das ondas de calor ocorrerem devem aumentar em até 14 vezes caso a temperatura da Terra seja elevada em 2 °C até o final do século 21 (IPCC, 2021). Notoriamente, diversos estudos verificaram a presença das ondas de calor em diversas partes do mundo, como na Austrália (CHANG-FUNG-MARTEL *et al.*, 2017), Brasil (PIEDRA-BONILLA; CUNHA; BRAGA, 2021), Canadá (BISHOP-WILLIAMS *et al.*, 2015), Estados

Unidos (KEY; SNEERINGER; MARQUARDT, 2014; LAPORTA *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2022), Europa (GAULY; AMMER, 2020; MORIGNAT *et al.*, 2014; VITALI *et al.*, 2015), Paquistão (ABBAS *et al.*, 2019), Grécia (FOUNDA *et al.*, 2022), Sibéria (OVERLAND; WANG, 2020), Turquia (DEMIRTAŞ, 2018) e Rússia (FISCHER; SIPPEL; KNUTTI, 2021).

A elevação da temperatura da Terra traz grandes preocupações, visto que o IPCC de 2021 apontou que a temperatura da Terra já aumentou 1,2 °C desde a Revolução Industrial (IPCC, 2021). Esse aumento da temperatura resultou em impactos ambientais em várias partes do mundo. Segundo o Índice Global de Risco Climático de 2021, os países mais afetados pelos impactos ambientais entre os anos de 2000 a 2019 foram Porto Rico, Mianmar e Haiti (Figura 1). Já no ano de 2019, os locais mais afetados foram Moçambique, Zimbábue e Bahamas (ECKSTEIN; KÜNZEL; SCHÄFER, 2021). De acordo com o mesmo índice, os impactos ambientais futuros serão presenciados com mais frequências em países menos desenvolvidos. Isto pode ser explicado, porque os países desenvolvidos utilizam a abordagem de governança ambiental, social e corporativa, do inglês *Environmental, social, and corporate governance* (ESG). O ESG consiste em minimizar os impactos ambientais, focando diretamente na sustentabilidade, considerações sociais e governamentais, para as tomadas de decisões nos setores financeiros das empresas.

**Figura 1 - Mapa Mundi contendo o Índice Global de Risco Climático entre 2000-2019**



Fonte: *Global Climate Risk Index* (2021)

Assim sendo, a mudança climática tem o potencial de causar impactos em todos os setores da sociedade ao longo dos anos ou até mesmo, ao longo de décadas. Além disso, o aquecimento global trará impactos na estabilidade e na sustentabilidade da produção animal em todo mundo. As vacas leiteiras são animais sensíveis e quando expostas a condições ambientais quentes, como as ondas de calor, contribuem no desencadeamento do estresse térmico impactando a cadeia láctea em todo mundo. Para tanto, deve-se levar em considerações medidas para amenizar o impacto do estresse térmico no setor leiteiro em nível mundial e, os estudos nesta área.

### 3.3 Estresse térmico em vacas leiteiras

A intensificação e a modernização no setor lácteo alavancaram a indústria leiteira. O melhoramento genético e a eficiência nutricional resultaram em vacas leiteiras mais produtivas, mas vulneráveis as condições ambientais (WANKAR; RINDHE; DOIJAD, 2021). O cenário atual e futuro sobre as condições climáticas traz preocupações aos cientistas em relação a eficiência produtiva, bem-estar animal e perspectivas econômicas (MAGGIOLINO *et al.*, 2022). Perdas no sistema produtivo causado pelo estresse térmico em vacas leiteiras (ST-PIERRE; COBANOV; SCHNITKEY, 2003; WANKAR; RINDHE; DOIJAD, 2021) e pelo aumento das ondas de calor (PASQUI; DI GIUSEPPE, 2019) vem sendo relatado pela literatura científica nos últimos anos.

A produção leiteira tem grande sensibilidade direta ou indireta aos estressores térmicos. Os estressores térmicos consistem em temperatura ambiental, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar (LI *et al.*, 2020). As vacas em lactação ao serem expostas aos estressores térmicos, elevam a temperatura corporal, ficando acima da zona de termoneutralidade e por consequência, majoram o gasto energético para a termólise (BAGATH *et al.*, 2019; PINTO *et al.*, 2020) e por conseguinte, o estresse térmico é presenciado (DAHL; TAO; LAPORTA, 2020).

O estresse térmico é uma ameaça a homeostase do animal, porque ocorre aumento das necessidades de manutenção do organismo, gerando perdas produtivas e consequentemente, econômicas (COLLIER; RENQUIST; XIAO, 2017). Em síntese, o organismo animal gastará a energia líquida que seria usada para a produção para o equilíbrio do organismo das vacas leiteiras (RHOADS *et al.*, 2009). Essas perdas são mais visíveis em vacas geneticamente

superiores, que apresentam alta taxa de calor metabólico, associado à fermentação ruminal e a lactação, sendo elas mais sensíveis ao estresse térmico por calor (WOLFENSON; ROTH, 2019).

Em virtude do suposto cenário climático, as consequências negativas são observadas de curto (até 5 dias) a longo prazo (mais de 5 dias) (HOU *et al.*, 2021). Os efeitos do estresse térmico por calor a longo prazo podem ser presenciados através do efeito transgeracional da linha materna. Vacas F0 gestando em condições de estresse térmico, modificaram epigeneticamente a formação dos gametas das vacas F1 e por desfecho, afetaram as expressões fenotípicas nas progênes F2 e F3 (WELLER; EZRA; GERSHONI, 2021). Os mesmos autores observaram também a diminuição da produção e aumento do teor de gordura no leite, por fator de diluição. Outros estudos também reportam o efeito do estresse térmico na síntese do leite (MARUMO *et al.*, 2021; NASCEU *et al.*, 2021; SUMMER *et al.*, 2019). Vacas secas que sofreram estresse térmico no final da gestação alteraram o desenvolvimento da glândula mamária (DADO-SENN *et al.*, 2019) e, por efeito comprometeram a lactação subsequente (MONTEIRO *et al.*, 2016; SEYED ALMOOSAVI *et al.*, 2021; SKIBIEL *et al.*, 2018; TAO *et al.*, 2018). Semelhante às vacas secas, mas em maior grau, o estresse térmico reduz o consumo de matéria seca das vacas em lactação (SAMMAD *et al.*, 2020) entre 28% a 34% (KOCH *et al.*, 2021). A redução do consumo de matéria seca pelas vacas limita a quantidade de nutrientes para a glândula mamária. A redução de nutrientes na glândula mamária em virtude do estresse térmico pode reduzir a produção de leite entre 20% (TAO *et al.*, 2018) a 40% (WEST, 2003). Entretanto, a redução total no consumo de matéria seca só explica 35% na queda da produção de leite, o restante da queda deve-se ao aumento da energia de manutenção para a redução do calor endógeno produzido (RHOADS *et al.*, 2009).

Por outro lado, a redução do consumo de matéria seca altera a concentração dos componentes do leite (BECKER; STONE, 2020; STÜRMER *et al.*, 2018). Durante o estresse térmico, as vacas mobilizam reservas adiposas que resultam na elevação dos ácidos graxos não esterificados na corrente sanguínea. A elevação dos ácidos graxos não esterificados limita a quantidade de glicose circulante (ABDELATY *et al.*, 2018) e, em virtude, ocorre redução da quantidade de propionato para a síntese da lactose, sendo a lactose o principal determinante da produção de leite (ALESSIO *et al.*, 2021). Além disso, o estresse térmico reduz a concentração da proteína (GARCIA *et al.*, 2015). Frigeri *et al.* (2020) relataram uma diminuição acentuada e significativa de proteína no leite durante o verão (3,32 g/100 g) em comparação com os valores observados no inverno (3,45 g/100 g). A caseína também é reduzida durante o estresse térmico (SUMMER *et al.*, 2019). Cowley *et al.* (2015)

identificaram que vacas criadas em ambientes confortáveis (ITU menor que 70) apresentaram maior concentração de caseína (28,1 g/L) do que vacas em estresse térmico por calor (26,8 g/L; ITU igual a 78). Em outro estudo, Bernabucci *et al.* (2015) observaram menor valor de caseína no verão (2,27 g/100g) em relação ao inverno (2,75 g/100g). A gordura também pode ser impactada pelo ET (SKIBIEL *et al.*, 2022). Nasr e El-Tarabany, (2017) observaram diminuição no teor de gordura no leite a medida que o ITU aumentava (3,91 % - ITU menor 70; 3,83% - ITU entre 70 a 80; 3,74– ITU maior 80). No entanto, vale ressaltar que o efeito do estresse térmico no teor de gordura no leite ainda não é claro (SUMMER *et al.*, 2019). Por outro lado, o estresse térmico impacta no teor de sólidos totais do leite (SEJIAN *et al.*, 2018). Lim *et al.* (2021) observaram diminuição no teor de sólidos totais no leite em vacas da raça holandesa durante o verão (12,57%; ITU = 76,82) em comparação com valores observados no inverno (13,17%; ITU = 46,01).

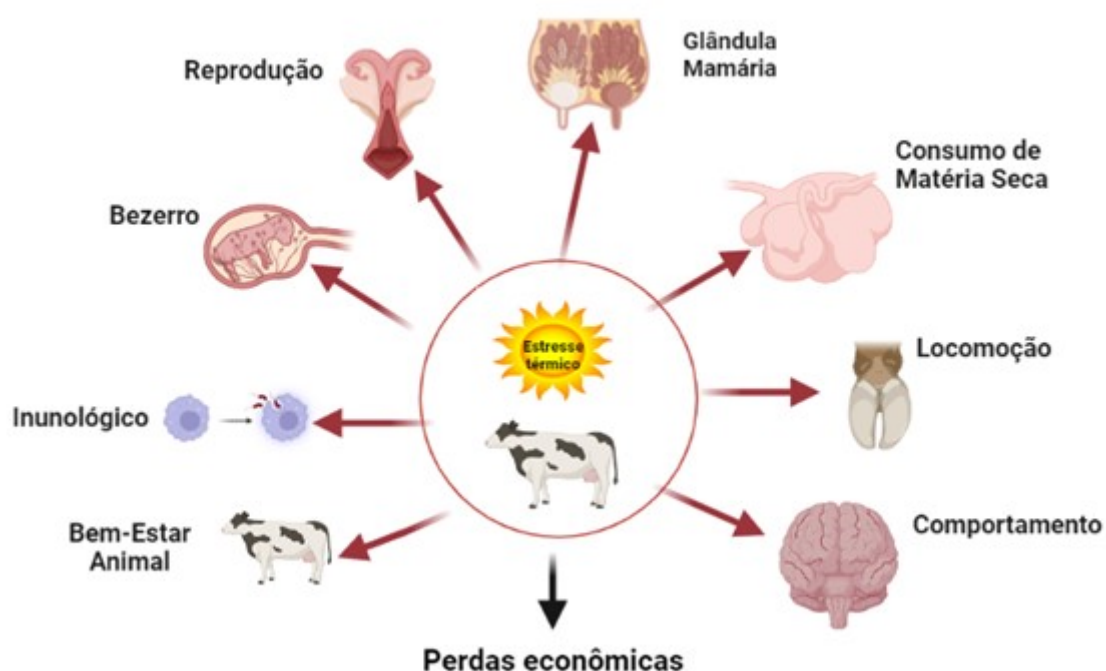
Dentre os efeitos negativos, o estresse térmico atua na limitação da capacidade imune das vacas leiteiras (BAGATH *et al.*, 2019; JOO *et al.*, 2021), aumentando a contagem de células somáticas (CCS) do leite (NASCEU *et al.*, 2021) e impactando diretamente na produção de leite (GUZMÁN-LUNA *et al.*, 2022). M'Hamdi *et al.* (2021) observaram aumento no escore de células somáticas no leite em vacas em estresse térmico (4.358 - ITU maior 72) em comparação com valores observados em vacas em conforto térmico (3.857 - ITU menor 68). Em outro estudo, Nasr; El-Tarabany. (2017) observaram aumento da CCS no leite a medida que o ITU aumentava (190 cel/mL - ITU menor 70; 216 cel/mL – ITU entre 70 a 80; 259 cel/mL – ITU maior 80).

O estresse térmico é um dos principais fatores que contribuem para a redução do desempenho reprodutivo nos animais. Bovinos expostos ao estresse térmico apresentam diminuição da duração do estro, da qualidade do oócito (WOLFENSON; ROTH, 2019), diminuição da taxa de fertilidade (queda de aproximadamente 70%) (EL-TARABANY; EL-TARABANY, 2015), viabilidade (DAHL; TAO; LAPORTA, 2020; SKIBIEL *et al.*, 2018) e no desenvolvimento embrionário (KASIMANICKAM; KASIMANICKAM, 2021), resultando na queda da taxa de prenhes (queda de aproximadamente 60% - ITU superior a 72) (LIU *et al.*, 2018). Além disso, vacas gestando em condições de estresse térmico apresentaram bezerros mais leves ao nascimento (em média 12,4%) (OUELLET; LAPORTA; DAHL, 2020) e aumentaram a taxa de natimortos (4,1%) (MONTEIRO *et al.*, 2016).

Também são observadas alterações comportamentais nos animais (LELIVELD *et al.*, 2022; POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017). Uma das mudanças mais rápidas observadas em bovinos estressados por calor é a busca por sombra (SHARPE *et al.*, 2021). Outra resposta

comportamental importante e bem documentada ao aumento da perda de carga de calor em vacas leiteiras é o aumento no consumo de água (PILATTI *et al.*, 2018; SAIZI; MPAYIPHELI; IDOWU, 2019). Por outro lado, o aumento do tempo em pé e a diminuição do tempo deitado (ALLEN *et al.*, 2015; VIEIRA *et al.*, 2021) também estão relacionados aos efeitos do estresse térmico. Esse comportamento limita o fluxo sanguíneo para região do úbere (DADO-SENN *et al.*, 2019) e auxilia na dissipação de calor corporal para o ambiente (GEBREMEDHIN; WU, 2016). Entretanto, o aumento do tempo em pé interfere na longevidade das vacas em lactação (CHARFEDDINE; PÉREZ-CABAL, 2017) e contribui no surgimento de problemas locomotivos, como lesões de jarrete (BEWLEY; ROBERTSON; ECKELKAMP, 2017; VAN OS *et al.*, 2019; COSTA *et al.*, 2018; VILLETZAZ ROBICHAUD *et al.*, 2019) e claudicação (BRAN *et al.*, 2019; SOLANO *et al.*, 2015, 2016). Fica evidente que a carga de calor sobre os animais causa impactos significativos no potencial econômico das propriedades leiteiras de curto a longo prazo (Figura 2).

**Figura 2 - Efeito do estresse térmico no metabolismo das vacas leiteiras em lactação**



Fonte: Autoria própria (2022)

Embora o número exato das perdas econômicas não esteja disponível entre todos os estudos, em um levantamento realizado por St-pierre; Cobanov; Schnitkey (2003), os autores estimaram que o estresse térmico por calor nos Estados Unidos (EUA) representa perdas



econômicas anuais de US\$ 897 a US\$ 1.500 milhões para a indústria láctea, decorrente da diminuição produtiva, reprodução comprometida e aumento do descarte de animais. Em outro estudo realizado no mesmo país, Key; Sneeringer; Marquardt. (2014), estimaram perdas produtivas em US\$ 1.200 bilhões por ano. Enquanto Ferreira *et al.* (2016), estimaram perdas econômicas associadas ao estresse térmico em US\$ 1.405 bilhões nos EUA. Recentemente, Fontoura *et al.* (2022) observaram que o estresse térmico custa a indústria láctea dos EUA US\$ 2,3 bilhões, decorrente em perdas anuais devido a saúde comprometida das vacas, o BEA, a fertilidade e a produção de leite. Além disso, estimativas apontaram que o estresse térmico em fazendas leiteiras representa aumento no custo produtivo entre 48 a 71 % (KOÇ; UZMAY, 2019). Portanto, para minimizar os impactos negativos do estresse por calor é necessário que a carga de calor sobre os animais seja reduzida. Para tanto, é imprescindível determinar a carga térmica em que as vacas são expostas.

Desta forma, o ITU tem sido constantemente utilizado para avaliar o grau de condição de estresse térmico nas vacas leiteiras (NASCEU *et al.*, 2021). O ITU é determinado utilizando a temperatura e a umidade relativa do ar, sem incluir a radiação solar e a velocidade do vento. No entanto, não deve somente levar em consideração este índice nas avaliações de estresse térmico em vacas leiteiras em lactação. São necessários que os demais estressores térmicos (velocidade do vento e radiação solar) sejam considerados.

Diversos pesquisadores têm relatado os limites de ITU para vacas leiteiras. De acordo com Polsky e Von Keyserlingk (2017), vacas leiteiras em condição de conforto térmico, o ITU deve ser inferior a 71. A medida que o ITU aumenta de 72 a 79 indica que os animais estão em estresse térmico leve, de 80 a 90, moderado e, superior a 90, grave. Vários autores reportam valores de ITU para vacas leiteiras e seus efeitos negativos (Tabela 1). Desta forma, é preciso levar em consideração qual a raça dos animais, categoria, estado fisiológico, características locais e o sistema em que as vacas estão inseridas.

**Tabela 1 - Efeito do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) no metabolismo das vacas leiteiras em lactação**

<b>Autores</b>	<b>Local</b>	<b>THI</b>	<b>Raça</b>	<b>Efeito</b>
Fernández; Ulloa-Arvizu; Fernández. (2019)	México	Superior 73	Holandês	Diminuição da produção de leite em aproximadamente 3 l/vaca/dia e na fertilidade (aproximadamente 18%)
Koch et al. (2021)	Alemanha	75–79	Holandês	Diminuição na ingestão de matéria seca entre 28–34%. Diminuição da produção de leite em 26%. Aumento da frequência respiratória de 77 para 95 respirações por minuto.

**(Continua)**

**(Conclusão)**

Tullo et al. (2019)	Milão	70	Holandês	Tempo de repouso variando de 9 a 10,5 h com pico de 11 h.
Lim et al. (2021)	Coreia	85	Holandês e Jersey	Aumento da frequência respiratória, temperatura retal e da temperatura da superfície do rúmen.
Silanikove; Koluman. (2015)	-	Igual ou superior 84	-	Podem resultar em morte das vacas leiteiras.
El-Tarabany; El-Tarabany. (2015)	Egito	Superior 80- 85	Holandês	Aumento na taxa de aborto em 7,2%.
Liu et al. (2018)	Taiwan	Superior 72	Holandês	Diminuiu na taxa de prenhez entre 50 e 60%.
Vučković et al. (2020)	Croácia	Superior 76	Simental	Diminuição na produção de leite entre 19,77 a 25,68%.
Majkić et al. (2019)	Sérvia	75-77	Holandês e Frisian	Diminuição de 38% na produção de leite.
Ghizzi et al. (2018)	Brasil	Superior 70	Holandês	Diminuição no consumo de matéria seca em 7,8%.
Nordlund et al. (2019)	EUA	85	Holandês	Diminuição no tempo de descanso das vacas em lactação, na qual as vacas passaram apenas 28,7% do dia deitadas.
Nordlund et al. (2019)	EUA	60	Holandês	Aumento no tempo de descanso das vacas em lactação, na qual as vacas passaram 70,5% do dia deitadas.
Vieira et al. (2021)	Brasil	75	Holandês e Jersey	Aumento da probabilidade de vacas em pé.
Cook et al. (2007)	EUA	56,2	Holandês	Permanência das vacas em pé em 2,6h.
Cook et al. (2007)	EUA	73,8	Holandês	Permanência das vacas em pé em 4,5h.

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Em um estudo realizado em Castro – Paraná utilizando o ITU, foi identificado que aproximadamente durante 6 meses do ano as vacas ficaram sobre condições de estresse térmico (SUBTIL, 2018). Laporta *et al.* (2020), ao analisarem os dias em estresse térmico pela área geográfica por estado nos EUA, observaram que entre 17 dos 50 estados, pelo menos 25 % das vacas secas sofriam estresse térmico durante o ano se não fossem resfriadas. Os autores ainda relataram que nas regiões mais quentes, como a Flórida, aproximadamente 60% das vacas secas sofriam de estresse térmico durante o ano. Enquanto que em locais mais frios, como Iowa e Ohio, aproximadamente 20% secas das vacas sofriam de estresse térmico. Em outro estudo, realizado na cidade de Vegueta no Peru, foram observados que em 98% dos dias do ano as vacas apresentavam algum grau de estresse térmico (RUIZ; CARCELÉN; SANDOVAL-MONZÓN, 2019). Já no México, Fernández; Ulloa-Arvizu; Fernández, (2019) observaram que entre os anos de 2002 a 2016 as vacas ficaram 20h/dia em estresse térmico (ITU superior a 73) durante os meses de outubro a abril. Diante desses dados é evidente que o estresse térmico compila perdas econômicas em todas as regiões geográficas mundiais, o que

diferenciam cada zona geográfica é a duração, o tempo de exposição dos animais ao estresse térmico, raça e a categoria animal.

### 3.4 Mecanismo de termorregulação em vacas leiteiras

Em animais homeotérmicos, como as vacas leiteiras em lactação, o aumento da temperatura corporal (temperatura superior a 39,1 °C) estimula os receptores periféricos a transmitirem impulsos para o centro de calor no hipotálamo a liberar mecanismos autônomos para o controle da temperatura corporal (MOTA-ROJAS *et al.*, 2021a). As trocas de calor animal vs ambiente são realizadas por meio de mecanismos físicos, conhecidos como sensíveis e latentes. Os mecanismos sensíveis são a radiação, condução e a convecção (nesses mecanismos devem existir uma diferença entre a temperatura do animal e do ambiente para que a troca de calor ocorra). O mecanismo latente é a evaporação (MOTA-ROJAS *et al.*, 2021b; SAMMAD *et al.*, 2020). Para valores de temperatura do ar até 21 °C, os principais mecanismos na qual os bovinos leiteiros em lactação perdem calor se dá por meio da condução, convecção e radiação. A medida que a temperatura excede 21,1 °C, com auxílio do suor e do aumento da taxa respiratória, a evaporação torna-se o principal mecanismo de dissipação de calor para o ambiente (COLLIER *et al.*, 2019; COLLIER; GEBREMEDHIN, 2015). Nesta condição, 85% da evaporação irá decorrer pelo suor (via cutânea) e, o restante pela respiração (via aérea) (MAIA; DASILVA; BATTISTON LOUREIRO, 2005). A perda de energia térmica por evaporação é o único mecanismo disponível para reduzir a temperatura interna do animal quando a temperatura ambiental for maior que a corporal (ALMEIDA; VIZIN; BÍCEGO, 2020). Além disso, a perda de energia térmica pelo suor é comprometida quando a umidade relativa do ar ultrapassa 80% (MAIA; DASILVA; BATTISTON LOUREIRO, 2005).

Quando o estresse térmico se prolonga nas vacas em lactação, a ofegação é elevada, e por consequência, aumenta-se a perda de CO<sub>2</sub> via ventilação pulmonar (WEST, 2003). Além disso, ocorre alteração do equilíbrio entre o ácido carbônico e o bicarbonato e assim, ambos interferem no pH sanguíneo resultando em alcalose respiratória (GARCIA *et al.*, 2015). Os mesmos autores ainda ressaltam, que a alcalose respiratória contribui com o aumento da excreção de bicarbonato na urina, assim, vacas estressadas pelo calor apresentam menor concentração de bicarbonato na corrente sanguínea (29,0 mmol/L = ITU 59; 26,0 mmol/L = ITU 83-90) e, por consequência, pode desencadear uma acidose metabólica. Desta forma, o

uso das trocas latentes em vacas em lactação estressadas pelo calor torna-se metabolicamente caro para o organismo animal.

Neste intuito, o monitoramento das condições microclimáticas no ambiente torna-se necessário para que se consiga obter melhoria na saúde e no bem-estar dos animais. Para que não haja mudanças comportamentais, metabólicas ou fisiológicas (COLLIER; RENQUIST; XIAO, 2017), a zona de termoneutralidade corresponde aos limites de temperaturas em que o organismo animal mobilize minimamente os mecanismos termorreguladores para controlar a temperatura corporal (SAMMAD *et al.*, 2020).

Para vacas em lactação, a faixa de temperatura para termoneutralidade apresenta discrepância pela literatura científica. Manzoor *et al.* (2019) relataram que a zona de termoneutralidade para vacas leiteiras em lactação corresponde de 13 °C a 18 °C. Os mesmos autores relatam que o teor de umidade relativa do ar (UR) ideal encontrasse entre 40% e 60%. Já West (2003) descreveu que a zona termoneutra corresponde de -0,5 °C a 20 °C e de 60% a 80% de UR. No entanto, alguns fatores são conhecidos por influenciar o equilíbrio térmico das vacas leiteiras como, raça, tipo e cor de pelagem, condição corporal, paridade, dias em lactação, estado de saúde, grau de adaptação e tipo e composição de dieta (LEES *et al.*, 2019). Desta forma é necessário que estes fatores sejam considerados ao descrever a zona de termoneutralidade de vacas leiteiras, além da zona geográfica e as características climáticas locais.

Quando a temperatura e a umidade ultrapassam a zona de termoneutralidade do animal, alguns indicadores são utilizados para que a carga de calor possa ser quantificada (LEES *et al.*, 2019). Estes indicadores são determinados a partir de respostas reguladoras térmicas em vacas leiteiras sob estresse térmico, como respostas fisiológicas, comportamentais e metabólicas (HERBUT *et al.*, 2019). As respostas fisiológicas à carga de calor incluem vasodilatação, aumento da taxa de sudorese (COLLIER; RENQUIST; XIAO, 2017), da frequência respiratória, respiração ofegante, aumento da temperatura corporal e retal (ZHOU *et al.*, 2021). As respostas comportamentais incluem diminuição da ingestão de matéria seca (SAMMAD *et al.*, 2020), aumento na ingestão de água (PILATTI *et al.*, 2019), aumento na permanência de vacas em pé (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017), aumento por áreas sombreadas (HERBUT *et al.*, 2019) e ventiladas (VIEIRA *et al.*, 2021). Já para as respostas metabólicas, os indicadores provenientes do sangue também determinam o nível de estresse térmico dos animais (GARCIA *et al.*, 2015). Sendo eles, as proteínas totais, albumina, uréia, creatinine, glicose, colesterol, triglicerídeos e beta-OH-butilato (BHB). Garcia *et al.* (2015) ao avaliarem os indicadores metabólicos do sangue em vacas em

condições de estresse térmico, os autores observaram aumento da proteína total em vacas sob condições de estresse térmico (71,8 g/L = ITU 59 – 77,0 g/L = ITU 83-90). Além disso, os autores observaram aumento da albumina (25,5 g/L = ITU 59 – 30,1 g/L = ITU 83-90), da concentração da glicose (53,6 mg/dL = ITU 59 – 59,9 mg/dL = ITU 83-90) e da concentração de colesterol (89,5 mg/dL = ITU 59 – 147,2 mg/dL = ITU 83-90) no sangue de vacas em condições de estresse térmico.

## REFERÊNCIAS

- ABBAS, Q. *et al.* Dairy production under climatic risks: Perception, perceived impacts and adaptations in Punjab, Pakistan. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 20, 2019.
- ABDELATTY, A. M. *et al.* Influence of maternal nutrition and heat stress on bovine oocyte and embryo development. **International Journal of Veterinary Science and Medicine**, 2018.
- ALESSIO, D. R. M. *et al.* Lactose and its relationship with other milk constituents, somatic cell count, and total bacterial count. **Livestock Science**, v. 252, n. July 2020, 2021.
- ALLEN, J. D. *et al.* Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 118–127, 2015.
- ALMEIDA, M.C; VIZIN, R.C.L K. Fisiologia Térmica de Vertebrados. **Capítulo 4 - Mecanismos termorreguladores em vertebrados .**
- ATKINSON, L. Z.; CIPRIANI, A. How to carry out a literature search for a systematic review: a practical guide. **BJPsych Advances**, v. 24, n. 2, p. 74–82, 2018.
- BAGATH, M. *et al.* The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: A review. **Research in Veterinary Science**, v. 126, p. 94–102, 2019.
- BEAVER, A.; KEYSERLINGK, M. A. G. VON. Invited review : The welfare of dairy cattle housed in tiestalls compared to less-restrictive housing types : A systematic review. **Journal of Dairy Science**, 2021.
- BECKER, C. A.; STONE, A. E. Graduate Student Literature Review: Heat abatement strategies used to reduce negative effects of heat stress in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 10, p. 9667–9675, 2020.
- BENISTON, M. *et al.* Future extreme events in European climate: An exploration of regional climate model projections. **Climatic Change**, v. 81, n. SUPPL. 1, p. 71–95, 2007.
- BERNABUCCI, U. *et al.* Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v. 4, n. 7, p. 1167–1183, 2010.
- BERNABUCCI, U. *et al.* Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows.

**Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 3, p. 1815–1827, 2015.

BERNABUCCI, U. Climate change: impact on livestock and how can we adapt. **Animal Frontiers**, 2019.

BEWLEY, J. M.; ROBERTSON, L. M.; ECKELKAMP, E. A. A 100-Year Review: Lactating dairy cattle housing management. **Journal of Dairy Science**, 2017.

BISHOP-WILLIAMS; et al. Heat stress related dairy cow mortality during heat waves and control periods in rural Southern Ontario from 2010-2012. **BMC VETERINARY RESEARCH**, 2015.

BRAN, J. A. *et al.* Factors associated with lameness prevalence in lactating cows housed in freestall and compost-bedded pack dairy farms in southern Brazil. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 172, n. September, 2019.

CAINZOS, J. M. *et al.* A systematic review of the cost of ketosis in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 7, p. 6175–6195, 2022.

CHANG-FUNG-MARTEL, J. et al. The impact of extreme climatic events on pasture-based dairy systems: A review. **Crop and Pasture Science**, v. 68, n. 12, p. 1158–1169, 2017.

CHARFEDDINE, N.; PÉREZ-CABAL, M. A. Effect of claw disorders on milk production, fertility, and longevity, and their economic impact in Spanish Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 1, p. 653–665, 2017.

CHEN, C. **How to Use CiteSpace**. 2020.

CHEN, C.; SONG, M. Visualizing a field of research: A methodology of systematic scientometric reviews. **PLoS ONE**, 2019.

COLLIER, R. J. *et al.* Heat stress: Physiology of acclimation and adaptation. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 12–19, 2019.

COLLIER, R. J.; GEBREMEDHIN, K. G. Thermal biology of domestic animals. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 3, n. October 2014, p. 513–532, 2015.

COLLIER, R. J.; RENQUIST, B. J.; XIAO, Y. A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10367–10380, 2017.

COOK, N. B. *et al.* The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 4, p. 1674–1682, 2007.

COSTA, J. H. C. *et al.* Prevalence of lameness and leg lesions of lactating dairy cows housed in southern Brazil: Effects of housing systems. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 2395–2405, 1 Mar. 2018.

COWLEY, F. C. *et al.* Immediate and residual effects of heat stress and restricted intake on milk protein and casein composition and energy metabolism. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 4, p. 2356–2368, 2015.

DADO-SENN, B. *et al.* Dry period heat stress induces microstructural changes in the lactating mammary gland. **PLoS ONE**, 2019.

DAHL, G. E.; TAO, S.; LAPORTA, J. Heat Stress Impacts Immune Status in Cows Across the Life Cycle. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, n. March, p. 1–15, 2020.

DEMIRTAŞ, M. The high-impact 2007 hot summer over Turkey: atmospheric-blocking and heat-wave episodes. **Meteorological Applications**, v. 25, n. 3, p. 406–413, 2018.

ECKSTEIN, D.; KÜNZEL, V.; SCHÄFER, L. Global climate risk index 2021. **Germanwatch e.v.**, p. 28, 2021.

EL-TARABANY, M. S.; EL-TARABANY, A. A. Impact of maternal heat stress at insemination on the subsequent reproductive performance of Holstein, Brown Swiss, and their crosses. **Theriogenology**, v. 84, n. 9, p. 1523–1529, 2015.

ENDRES, M. I.; BARBERG, A. E. Behavior of dairy cows in an alternative bedded-pack housing system. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 9, p. 4192–4200, 2007.

ESPELAND, E. K.; KETTENRING, K. M. Strategic plant choices can alleviate climate change impacts: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 222, n. April, p. 316–324, 2018.

FERNÁNDEZ, I. G.; ULLOA-ARVIZU, R.; FERNÁNDEZ, J. Milk yield did not decrease in large herds of high-producing Holstein cows in semi-arid climate of Mexico. **Tropical Animal Health and Production**, 2019.

FERREIRA, F. C. *et al.* **Economic feasibility of cooling dry cows across the United States****Journal of Dairy Science**, 2016.

FISCHER, E. M.; SIPPEL, S.; KNUTTI, R. Increasing probability of record-shattering climate extremes. **Nature Climate Change**, 2021.

FONTOURA, A. B. P. *et al.* Heat stress develops with increased total-tract gut permeability, and dietary organic acid and pure botanical supplementation partly restores lactation performance in Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 9, p. 7842–7860, 2022.

FOUNDA, D. *et al.* The Extreme Heat Wave of Summer 2021 in Athens (Greece): Cumulative Heat and Exposure to Heat Stress. **Sustainability**, v. 14, n. 13, p. 7766, 2022.

FRIGERI, K. D. M. *et al.* Longitudinal study on the effect of seasons of the year on production, centesimal composition, microbiological quality and price of milk liter on a dairy farm in Rio Grande Do Sul-Brazil. **Research, Society and Development**, v. 9, p. 1–28, 2020.

GARCIA, A. B. *et al.* Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in southern Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 5, p. 889–894, 2015.

GAULY, M.; AMMER, S. Review: Challenges for dairy cow production systems arising from climate changes. **Animal**, 2020.

GEBREMEDHIN, K. G.; WU, B. Modeling heat loss from the udder of a dairy cow. **Journal of Thermal Biology**, v. 59, p. 34–38, 2016.

GHIZZI, L. G. *et al.* Effects of functional oils on ruminal fermentation, rectal temperature, and performance of dairy cows under high temperature humidity index environment. **Animal Feed Science and Technology**, v. 246, n. April, p. 158–166, 2018.

GUZMÁN-LUNA, P. *et al.* Quantifying current and future raw milk losses due to bovine mastitis on European dairy farms under climate change scenarios. **Science of the Total Environment**, v. 833, n. April, p. 155149, 2022.

HERBUT, P. *et al.* The physiological and productivity effects of heat stress in cattle – a review\*. **Ann. Anim. Sci**, v. 19, n. 3, p. 579–593, 2019.

HERBUT, P. *et al.* The effects of heat stress on the behaviour of dairy cows - A review. **Annals of Animal Science**, v. 21, n. 2, p. 385–402, 2021.

HOFFMANN, G. *et al.* Animal-related, non-invasive indicators for determining heat stress in dairy cows. **BIOSYSTEMS ENGINEERING**, v. 199, p. 83–96, 2020.

HOU, Y. *et al.* Comparing responses of dairy cows to short-term and long-term heat stress in climate-controlled chambers. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 2, p. 2346–2356, 2021.

HUSSAIN, M. *et al.* A comprehensive review of climate change impacts, adaptation, and mitigation on environmental and natural calamities in Pakistan. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 1, 2020.

International Farm Comparison Network (IFCN). **IFCN Dairy Report 2019, Global Dairy Trends and Drivers 2019**. 2019.

IPCC. Climate Change 2021 - The Physical Science Basis - Summary for Policemakers. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis.**, p. 1–40, 2021.

JOO, S. S. *et al.* Article changes in blood metabolites and immune cells in Holstein and Jersey dairy cows by heat stress. **Animals**, v. 11, n. 4, 2021.

JULIAN, P. T. H.; JAMES, T. **Systematic Reviews Of Interventions**. [s.l: s.n.]

KASIMANICKAM, R.; KASIMANICKAM, V. Impact of heat stress on embryonic development during first 16 days of gestation in dairy cows. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1–14, 2021.

KEY, N.; SNEERINGER, S.; MARQUARDT, D. Climate Change, Heat Stress, and U.S. Dairy Production. **SSRN Electronic Journal**, n. 175, 2014.

KOÇ, G.; UZMAY, A. The effect of climate change on the cost of dairy farms in Turkey; Case study of thrace region. **New Medit**, v. 18, n. 3, p. 31–45, 2019.



KOCH, F. *et al.* Jejunal mucosa proteomics unravel metabolic adaptive processes to mild chronic heat stress in dairy cows. **Scientific Reports**, 2021.

KRISHNAMOORTHY, P. *et al.* An understanding of the global status of major bacterial pathogens of milk concerning bovine mastitis: A systematic review and meta-analysis (scientometrics). **Pathogens**, v. 10, n. 5, 2021.

LACETERA, N. Impact of climate change on animal health and welfare. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 26–31, 2019.

LAPORTA, J. *et al.* Late-gestation heat stress impairs daughter and granddaughter lifetime performance. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 8, p. 7555–7568, 2020.

LEES, A. M. *et al.* The impact of heat load on cattle. **Animals**, v. 9, n. 6, p. 1–20, 2019.

LELIVELD, L. M. C. *et al.* Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing Animals, 2022.

LI, G. *et al.* Predicting rectal temperature and respiration rate responses in lactating dairy cows exposed to heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 6, p. 5466–5484, 2020.

LI, J. *et al.* Conceptualizing the Contextual Dynamics of Safety Climate and Safety Culture Research: A Comparative Scientometric Analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 2, 2022.

LI, J.; GOERLANDT, F.; RENIERS, G. An overview of scientometric mapping for the safety science community: Methods, tools, and framework. **Safety Science**, v. 134, n. November 2020, p. 105093, 2021.

LIM, D. H. *et al.* The effect of seasonal thermal stress on milk production and milk compositions of Korean Holstein and Jersey cows. **Animal Bioscience**, v. 34, n. 4, p. 567–574, 2021a.

LIM, D. H. *et al.* Evaluation of heat stress responses in Holstein and Jersey cows by analyzing physiological characteristics and milk production in Korea. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 63, n. 4, p. 872–883, 2021b.

LIN, H. *et al.* A scientometric analysis and visualization of global research on brownfields. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 17, p. 17666–17684, 2019.

LIU, W. B. *et al.* Effect of seasonal changes on fertility parameters of Holstein dairy cows in subtropical climate of Taiwan. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 6, p. 820–826, 2018.

LOVATTO, P. A. *et al.* Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. suppl, p. 285–294, 2007.

M'HAMDI, N. *et al.* Modelling THI effects on milk production and lactation curve parameters of Holstein dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 99, n. January, 2021.

MAGGIOLINO, A. *et al.* Effect of Heat Waves on Some Italian Brown Swiss Dairy Cows' Production Patterns. **Frontiers in Animal Science**, v. 2, n. January, 2022.

MAIA, A. S. C.; DASILVA, R. G.; BATTISTON LOUREIRO, C. M. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 50, n. 1, p. 17–22, 2005.

MAJKIĆ, M. *et al.* Variations in milk production based on the temperature-humidity index and blood metabolic parameters in cows during exposure to heat stress. **Animal Science Papers and Reports**, v. 36, n. 4, p. 359–369, 2019.

MANZOOR, A. *et al.* Mitigating winter vagaries in dairy animals: A review Mitigating winter vagaries in dairy animals: A review. **International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry**, v. 4, n. January, p. 01–05, 2019.

MARUMO, J. L. *et al.* Influence of environmental factors and parity on milk yield dynamics in barn-housed dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, 2021.

MAZOV, N. A.; GUREEV, V. N.; GLINSKIKH, V. N. The Methodological Basis of Defining Research Trends and Fronts. **Scientific and Technical Information Processing**, v. 47, n. 4, p. 221–231, 2020.

MONTEIRO, A. P. A. *et al.* In utero heat stress decreases calf survival and performance through the first lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 10, p. 8443–8450, 2016.

MORIGNAT, E. *et al.* Assessment of the impact of the 2003 and 2006 heat waves on cattle mortality in France. **PLoS ONE**, v. 9, n. 3, 2014.

MOTA-ROJAS, D. *et al.* Physiological and behavioral mechanisms of thermoregulation in mammals. **Animals**, v. 11, n. 6, 2021a.

MOTA-ROJAS, D. *et al.* Pathophysiology of Fever and Application of Infrared Thermography (IRT) in Pathophysiology of Fever and Application of Infrared Thermography (IRT) in the Detection of Sick Domestic Animals : Recent Advances. **Animals**, n. August, 2021b.

NALIMOV V.V, M. Z. . **Measurement of science. Study of the development of science as an information process.** [s.l: s.n.].

NASCEU, H. *et al.* Modelling THI effects on milk production and lactation curve parameters of Holstein dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, 2021.

NASR, M. A. F.; EL-TARABANY, M. S. Impact of three THI levels on somatic cell count, milk yield and composition of multiparous Holstein cows in a subtropical region. **Journal of Thermal Biology**, v. 64, n. June 2016, p. 73–77, 2017.

NORDLUND, K. V. *et al.* Thermodynamics of standing and lying behavior in lactating dairy cows in freestall and parlor holding pens during conditions of heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 7, p. 6495–6507, 2019.

OEHM, A. W. *et al.* A systematic review and meta-analyses of risk factors associated with

lameness in dairy cows. **BMC Veterinary Research**, v. 15, n. 1, p. 1–14, 2019.

OUELLET, V.; LAPORTA, J.; DAHL, G. E. Late gestation heat stress in dairy cows: Effects on dam and daughter. **Theriogenology**, 2020.

OVERLAND, J. E.; WANG, M. The 2020 Siberian heat wave. **International Journal of Climatology**, 2020.

PASQUI, M.; DI GIUSEPPE, E. Climate change, future warming, and adaptation in Europe. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 6–11, 2019.

PIEDRA-BONILLA, E.; CUNHA, D.; BRAGA, M. Climate extreme and crop diversification: adaptation to climate change in Brazil. **ICAE 2021 - INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ECONOMISTS**, 2021.

PILATTI, J. A. *et al.* Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animal**, v. 13, n. 2, p. 399–406, 2019.

PINTO, S. *et al.* Critical THI thresholds based on the physiological parameters of lactating dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 88, n. September 2019, p. 102523, 2020.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 8645–8657, 2017.

RECCE, S. *et al.* Association between heat stress during intrauterine development and the calving-to-conception and calving-to-first-service intervals in Holstein cows. **Theriogenology**, v. 162, p. 95–104, 2021.

RHOADS, M. L. *et al.* Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 5, p. 1986–1997, 2009.

ROJAS-DOWNING, M. M. *et al.* Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. **Climate Risk Management**, v. 16, p. 145–163, 2017.

RUIZ, G. L. F.; CARCELÉN, C. F.; SANDOVAL-MONZÓN, R. Evaluation of heat stress indicators in the main locations of intensive dairy production in Lima, Peru. **Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru**, v. 30, n. 1, p. 88–98, 2019.

SAIZI, T.; MPAYIPHELI, M.; IDOWU, P. A. Heat tolerance level in dairy herds: A review on coping strategies to heat stress and ways of measuring heat tolerance. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 7, n. 2, p. 39–51, 2019.

SAMMAD, A. *et al.* Nutritional physiology and biochemistry of dairy cattle under the influence of heat stress: Consequences and opportunities. **Animals**, v. 10, n. 5, p. 1–20, 2020.

SEYED ALMOOSAVI, S. M. M. *et al.* Effects of late-gestation heat stress independent of reduced feed intake on colostrum, metabolism at calving, and milk yield in early lactation of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 2, p. 1744–1758, 2021.

SEJIAN; BHATTA; GAUGHAN; DUNSHEA. **Review: Adaptation of animals to heat stress**, 2018.

SHARPE, K. T. *et al.* Evaluation of solar photovoltaic systems to shade cows in a pasture-based dairy herd. **Journal of Dairy Science**, 2021.

SILANIKOVE, N.; KOLUMAN, D. N. Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. **Small Ruminant Research**, v. 123, n. 1, p. 27–34, 2015.

SILVA, G. G. B. S. *et al.* Compost Barns: A Bibliometric Analysis. **ANIMALS**, v. 12, p. 2492, 2022.

SKIBIEL, A. L. *et al.* In utero exposure to thermal stress has longterm effects on mammary gland microstructure and function in dairy cattle. **PLoS ONE**, 2018.

SKIBIEL, A. L. *et al.* Carry-over effects of dry period heat stress on the mammary gland proteome and phosphoproteome in the subsequent lactation of dairy cows. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 2022.

SMITH, M. L.; GLASS, G. V. Meta-analysis of psychotherapy outcome studies. **American Psychologist**, v. 32, n. 9, p. 752–760, 1977.

SOLANO, L. *et al.* Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 6978–6991, 2015.

SOLANO, L. *et al.* Associations between lying behavior and lameness in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. 2016.

ST-PIERRE, N. R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. SUPPL. 1, p. E52–E77, 2003.

STÜRMER, M. *et al.* Relationship between climatic variables and the variation in bulk tank milk composition using canonical correlation analysis. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, n. 9, p. 1663–1674, 2018.

SUBTIL, S. A. Estresse Térmico E Produção De Leite Em Região De Clima Temperado E Subtropical. **Mestrado em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados**, p. 61, 2018.

SUMMER, A. *et al.* Impact of heat stress on milk and meat production. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 39–46, 2019.

TAO, S. *et al.* Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 6, p. 5642–5654, 2018.

TULLO, E. *et al.* Effects os Climatic Conditions on the Lying Behavior of a Group pf Primiparous Dairy Cows. **Animals**. v. 9, n. 11. 2019.

VAN OS, J. M. *et al.* Sampling strategies for assessing lameness, injuries, and body condition score on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 8290–8304, 2019.

VIEIRA, F. M. C. *et al.* Spatio-thermal variability and behaviour as bio-thermal indicators of heat stress in dairy cows in a compost barn: A case study. **Animals**, v. 11, n. 5, 2021.

VILLETIAZ ROBICHAUD, M. *et al.* Associations between on-farm animal welfare indicators and productivity and profitability on Canadian dairies: I. On freestall farms. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 5, p. 4341–4351, 2019.

VITALI, A. *et al.* The effect of heat waves on dairy cow mortality. **Journal of Dairy Science**, 2015.

VRIEZEN, R. *et al.* Systematic reviews and meta-analyses in animal health, performance, and on-farm food safety: A scoping review. **Animal Health Research Reviews**, 2019.

VUČKOVIĆ, G. *et al.* Estimation of genetic parameters and breeding values for daily milk production of dairy simmentals in terms of heat stress. **Genetika**, v. 52, p. 641–650, 2020.

WANG, C. *et al.* Unprecedented Heatwave in Western North America during Late June of 2021: Roles of Atmospheric Circulation and Global Warming. **Advances in Atmospheric Sciences**, 2022.

WANKAR, A. K.; RINDHE, S. N.; DOJAD, N. S. Heat stress in dairy animals and current milk production trends, economics, and future perspectives: the global scenario. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, 2021.

WELLER, J. I.; EZRA, E.; GERSHONI, M. Broad phenotypic impact of the effects of transgenerational heat stress in dairy cattle: a study of four consecutive generations. **Genetics Selection Evolution**, v. 53, n. 1, p. 1–12, 2021.

WEST, J. W. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2131–2144, 2003a.

WOLFENSON, D.; ROTH, Z. Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 32–38, 2019.

ZHOU, M. *et al.* Effects of increasing air temperature on physiological and productive responses of dairy cows at different relative humidity and air velocity levels. **Journal of Dairy Science**, 2021.

## **CAPÍTULO I**

### **EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS CRIADAS EM SISTEMA CONFINADO: UMA REVISÃO CIENTOMÉTRICA**

## EFEITOS DO ESTRESS TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS CRIADAS EM SISTEMA CONFINADO: UMA REVISÃO CIENTOMÉTRICA

Karen Dal Magro Frigeri

### RESUMO

Devido às mudanças climáticas, o estresse térmico é um problema crescente para a indústria de laticínios. Perdas econômicas anuais no setor lácteo são verificadas em larga escala devido ao estresse térmico. Apesar da existência de várias publicações sobre estresse térmico em vacas leiteiras em lactação em sistema de confinamento, não há nenhuma revisão cientométrica publicada atualmente que aborde esta questão de forma sistemática. Nosso objetivo foi analisar cientometricamente os efeitos do estresse térmico em vacas leiteiras manejadas em sistema de confinamento. Usando diretrizes de revisão sistemática estabelecidas pelo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), estudos de pesquisa foram identificados, triados e resumidos com base em critérios de inclusão para estresse térmico em sistema de confinamento. Os dados foram obtidos pelo *Web of Science*. Foram considerados 604 estudos científicos publicados entre 2000 e abril de 2022. Em seguida, os dados foram analisados usando o Microsoft Excel e *CiteSpace*. Os resultados apontaram para um aumento significativo de estudos sob estresse térmico em vacas em lactação alojadas em sistema de confinamento nos últimos 10 anos. As principais áreas de pesquisa foram *Agriculture Dairy Animal Science*, seguido de *Veterinary Sciences*. O EUA apresentou a maior concentração de estudos (31,12%) seguido da China (14,90%). Os temas emergentes incluíram *heat stress* e *behavior*. Os jornais mais influentes foram *Journal of Dairy Science* e *Journal of Animal Science*. Os principais autores foram Baumgard LH e Collier RJ e, as principais instituições foram *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, seguido de *State University System of Florida* e *University of Florida*. O estudo mapeia os principais domínios da pesquisa em estresse térmico de vacas em lactação em sistema de confinamento, as implicações e explicações são discutidas e as tendências emergentes são destacadas

**Palavras-chave:** Bovino, Compost barn, Free-stall, Revisão Sistemática, Tie-stall

## **EFFECTS OF HEAT STRESS IN DAIRY COWS RAISED IN CONFINED SYSTEM: A SCIENTOMETRIC REVIEW**

Karen Dal Magro Frigeri

### **ABSTRACT**

Due to climate change, heat stress is a growing problem for the dairy industry. Based on this, annual economic losses in the dairy sector are verified mainly on a large scale. Despite several publications on thermal stress in lactating dairy cows in confinement systems, there is a lack of published scientometric reviews addressing this issue systematically. Our objective was to scientifically analyse the effects of heat stress in dairy cows managed in a confinement system. Using systematic review guidelines established by Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), research studies were identified, screened, and summarised based on inclusion criteria for heat stress in a confinement system. Data were obtained from the Web of Science. A total of 604 scientific studies published between 2000 and April 2022 were considered. Data were then analysed using Microsoft Excel and CiteSpace. The results pointed to a significant increase in studies on heat stress in lactating cows housed in confinement systems. The main research areas were Agriculture, Dairy Animal Science, and Veterinary Sciences. The USA showed the highest concentration of studies (31.12%), followed by China (14.90%). Emerging themes included heat stress and behaviour. The most influential journals were the Journal of Dairy Science and the Journal of Animal Science. The top authors were Baumgard LH and Collier RJ. The leading institutions were the Chinese Academy of Agricultural Sciences, followed by the State University System of Florida and the University of Florida. The study maps the significant research domains on heat stress of lactating cows in confinement systems, discusses implications and explanations, and highlights emerging trends.

**Keywords:** Cattle, Compost barn, Free-stall, Systematic Review, Tie-stall



## 1. INTRODUÇÃO

O estresse térmico é uma condição biofísica que impacta diretamente no sistema biológico das vacas leiteiras (LEES *et al.*, 2019). Assim, mecanismos comportamentais, fisiológicos e endócrinos são usados para mitigar os efeitos do estresse por calor (MOTAROJAS *et al.*, 2021). No entanto, isso aumenta a taxa metabólica da vaca e, conseqüentemente resulta em perdas de produção (KIM *et al.*, 2022; KUMAR *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2019). As condições do ambiente podem acarretar com que os mecanismos adotados para a dissipação de calor corporal pelas vacas em lactação não sejam suficientes. As vacas em lactação sob condições de estresse térmico resultam em respostas agudas e crônicas (BURHANS; ROSSITER BURHANS; BAUMGARD, 2022; EERDENBURG *et al.*, 2021; SHI *et al.*, 2021). A resposta aguda é oriunda dos reguladores homeostáticos dos sistemas endócrino e nervoso e, a resposta crônica origina-se dos reguladores homeorréticos do sistema endócrino (COLLIER; RENQUIST; XIAO, 2017). Assim, ambas as respostas impactam no metabolismo das vacas em lactação, acarretando na perda energética para a termorregulação corporal.

A termorregulação é essencial para as vacas em lactação manterem a homeotermia, por meio do equilíbrio entre ganho e a perda do calor corporal (SAMMAD *et al.*, 2020). A dissipação de calor pelas vacas em lactação ocorre principalmente por mecanismos de transferência de calor e massa (OUELLET *et al.*, 2019); por exemplo, troca de calor sensível (condução, convecção, radiação) e latente (evaporação). A perda de energia térmica por evaporação é o único mecanismo disponível para reduzir a temperatura interna do animal quando a temperatura ambiental for maior que a corporal (ALMEIDA *et al.*, 2020). As vacas apresentam uma zona de equilíbrio térmico entre a dissipação da temperatura corporal e a produtiva. A zona de termoneutralidade corresponde aos limites de temperaturas (inferior e superior), em que o organismo animal mobiliza minimamente os mecanismos termorreguladores para controlar a temperatura corporal (SHU *et al.*, 2021). A temperatura ambiental para que vacas em lactação (europeias) permaneçam em termoneutralidade varia entre -0,5 °C a 20 °C (WEST, 2003) enquanto a umidade varia entre 40% e 60% (MANZOOR *et al.*, 2019).

Além da temperatura ambiental e do teor de umidade, a velocidade do vento e a radiação solar compilam o quadro dos principais estressores térmicos. Esses fatores afetam drasticamente o sistema produtivo animal, devido o potencial de alteração do estado fisiológico, saúde e o bem-estar animal (LACETERA, 2019). Diante disso, o último Relatório

Intergovernamental sobre Mudança Climática mostrou que a temperatura da Terra já aumentou 1,2 °C desde a Revolução Industrial (IPCC, 2021). Esse aumento da temperatura vem contribuindo para o aumento e intensidade das ondas de calor (WANKAR *et al.*, 2021), e dessa forma, as vacas ficam cada vez mais dependentes das estratégias para reduzir a ação dos estressores térmicos. Para mitigar os efeitos do estresse térmico nas vacas em lactação, os sistemas de confinamentos surgiram como uma alternativa para aumentar a produção, melhorar a qualidade do leite, assegurar a saúde do rebanho, possibilitar condições de bem-estar animal, propiciar melhor aproveitamento das áreas agricultáveis e, por conseguinte, melhorar o conforto térmico dos animais. Assim, para minimizar as perdas produtivas devido ao estresse térmico, os sistemas de alojamento para vacas leiteiras devem reduzir a exposição dos animais a estressores ambientais. Portanto, o controle do ambiente térmico interno nos sistemas de confinamento é necessário (LI *et al.*, 2021), e o uso do sistema de ventilação deve ser bem planejado (THORNTON *et al.*, 2022) para que heterogeneidade do ambiente nestes sistemas sejam evitadas (VIEIRA *et al.*, 2021). Isto porque a heterogeneidade do ambiente interfere diretamente na termorregulação da temperatura corporal das vacas leiteiras (SPIERS *et al.*, 2018).

O estresse térmico em vacas leiteiras tem atraído cada vez mais a atenção de pesquisadores e profissionais em todo mundo. Para obter uma visão sobre o estresse térmico de vacas leiteiras criadas em sistemas de confinamentos (exemplo, *compost barn*, *free stall* e *tie stall*), nós realizamos uma revisão sistemática utilizando uma abordagem de análise cienciométrica. A análise cienciométrica é um método quantitativo de estudo (LI *et al.*, 2022) e está sendo cada vez mais aplicado em domínios científicos por ser uma fonte de informação confiável (MAZOVA *et al.*, 2020). Essa análise consiste no mapeamento dos estudos científicos (LI *et al.*, 2021) revelando as tendências nas pesquisas em diversas áreas do conhecimento (LIN *et al.*, 2019). Sendo assim, nosso estudo se propôs a (i) investigar o estado da arte das pesquisas envolvendo o estresse térmico de vacas em lactação em sistema de confinamento nos últimos 22 anos (janeiro de 2000 a abril de 2022); (ii) compreender quais são as temáticas em que os periódicos mais publicam; (iii) identificar os principais autores, instituições e países em que os estudos são desenvolvidos; (iv) analisar as principais palavras-chaves; e (v) identificar as tendências futuras nesta linha de pesquisa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Estratégia de busca

Esta revisão foi conduzida de acordo com as diretrizes dos protocolos do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA; MOHER *et al.*, 2009) utilizando uma abordagem de análise cienciométrica. As buscas sistemáticas sobre o tema “*Heat stress in dairy cow in confinement system*” foram realizadas no *Web of Science* (WoS). Os termos de busca usados para pesquisar no *WoS Core Collection* foram: TS (*Topic Search*) = (*dairy AND cow*) AND (“*heat stress*” OR “*thermal stress*”) AND (“*compost-bedded pack barn*” OR “*compost barn*”) AND (*freestall* OR “*free stall*”) AND (*tiestall* OR “*tie stall*”).

### 2.2 Critérios de seleção e inclusão dos estudos

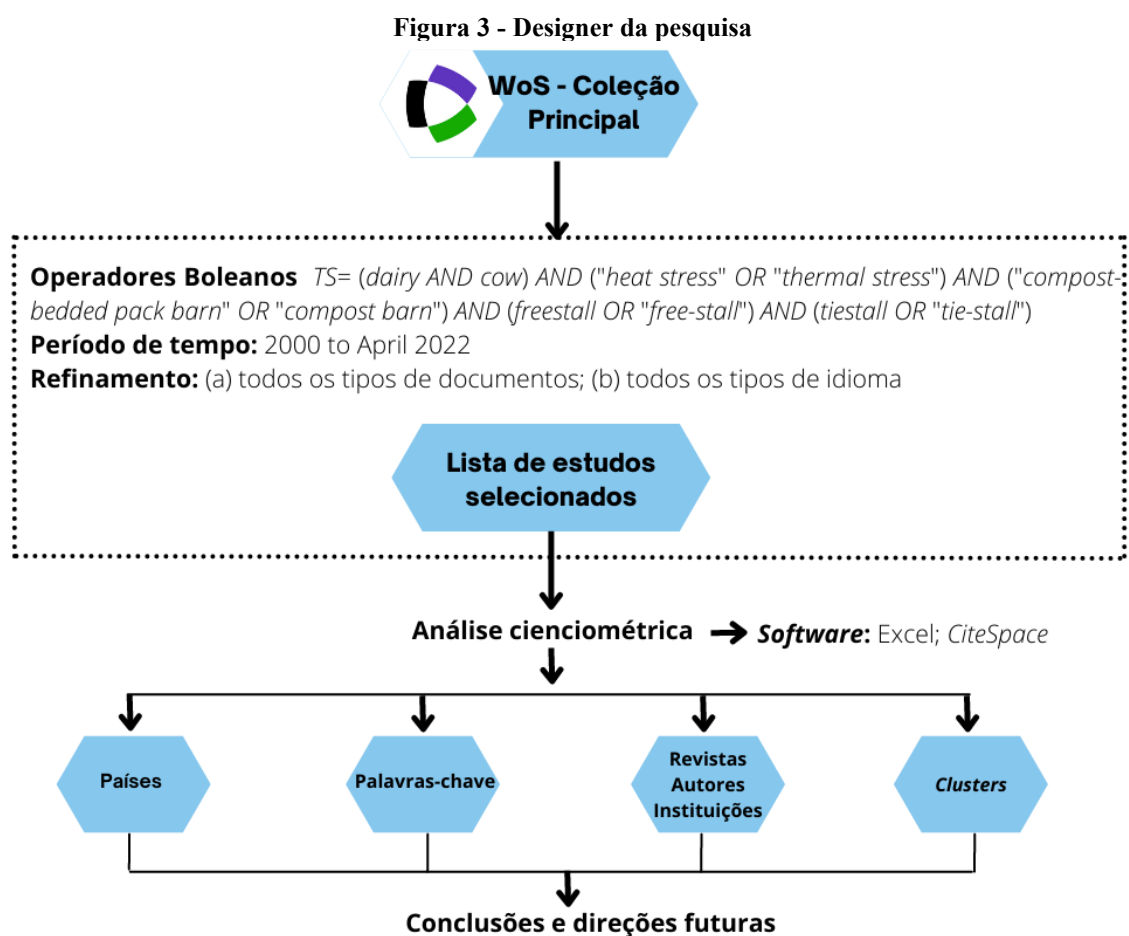
Foram selecionados estudos que relacionavam os efeitos do estresse térmico nas vacas em lactação em sistema de confinamento. Os critérios de inclusão e exclusão para a análise cienciométrica foram determinados a priori. A pesquisa no WoS retornou 2.245 estudos científicos. O estudo foi composto por quatro etapas. Etapa 1: Os estudos foram considerados escritos em todos os idiomas e tipos de documentos (artigos, artigos de revisões, acesso antecipado, artigos de dados, artigos de conferências e resumo de reuniões). Etapa 2: Os estudos publicados antes do ano 2000 foram excluídos, devido ao objetivo de identificar os efeitos do estresse térmico em vacas em lactação em sistema de confinamento publicados entre janeiro de 2000 a abril de 2022. Os demais estudos passaram para avaliação na etapa 3. Etapa 3: Os títulos e resumos dos estudos foram avaliados para identificar e remover estudos que não utilizaram vacas em lactação (por exemplo, estudos que tratavam de vacas secas e novilhas), sistema de confinamento (por exemplo, estudos que tratavam de vacas em sistema a base de pastagem) e estresse térmico por calor (por exemplo, estudos que tratavam de estresse térmico por frio). Etapa 4: Finalmente, os estudos completos foram lidos em detalhes. Os estudos que não abordaram o efeito do estresse térmico nas vacas em lactação em sistema de confinamento foram excluídos. Os restantes dos estudos (n= 604) foram incluídos para a análise cienciométrica.

## 2.3 Extração de dados

A ferramenta *Analyze Results* do WoS foi utilizada para quantificar os tipos de documentos, autores, categorias, áreas de publicações, idiomas e países. Já a ferramenta *Citation Report* foi utilizada para determinar índice H médio, número total de citações por ano, publicações e os 10 artigos mais citados.

## 2.4 Análise cientométrica

O método de aquisição de dados e a estrutura de análise cientométrica deste estudo é mostrada na Figura 3. Os metadados (exemplo, título, resumo e as referências citadas) dos estudos selecionados foram exportadas para o *CiteSpace* (versão 6.0 R1). O *CiteSpace* é um *software* cientométrico gratuito que permite explorar uma determinada área do conhecimento e avaliar os principais parâmetros envolvidos através de análises de redes de co-citações e visualização gráfica (CHEN, 2020).



Fonte: Autoria própria (2022)

Foram empregadas neste estudo duas técnicas cientométricas. (1) análise de co-ocorrência de países, instituições e palavras-chaves; e (2) análise de agrupamento dos *Clusters* realizada com base de documentos co-citados de países e palavras-chaves. Os *Clusters* foram classificados por peso. O *CiteSpace* dá a identificação zero (#0) ao agrupamento com o maior número de membros. Em cada rede gerada de co-ocorrência e nos *Clusters* foram determinados o Q de modularidade e a silhueta média. O índice Q de modularidade mede até que ponto uma rede pode ser dividida em componentes independentes. A pontuação de modularidade varia de 0.000 a 1.000, sendo o valor 1.000 uma representação perfeita (CHEN; IBEKWE-SANJUAN; HOU, 2010). A silhueta reflete ao grau de homogeneidade (ROUSSEEUW, 1987) e as incertezas envolvidas na interpretação de um agrupamento (CHEN; IBEKWE-SANJUAN; HOU, 2010). O valor de silhueta varia de -1.000 a 1.000, sendo o valor 1.000 a representação perfeita (CHEN; IBEKWE-SANJUAN; HOU, 2010).

O *CiteSpace* mostrou os resultados infograficamente. O nó representou o item investigado (exemplo, Países) e os links (linhas) as ligações entre os nós. Os nós e os links apresentaram cores diferentes, indicando uma ordem cronológica. Assim, cores mais frias (exemplo, azul) representaram estudos mais antigos e as cores mais quentes (exemplo, amarelo) os estudos mais recentes (CHEN, 2020). Além disso, o *software* relatou os *Burst* entre as técnicas cientométricas. O *Burst* é um indicador de uma área de pesquisa mais ativa ou uma tendência emergente, atraindo atenção a sua comunidade científica (CHEN, 2020). Com a identificação das palavras-chaves pelo *CiteSpace* foram selecionadas as 25 palavras que apresentaram as maiores frequências. Em sequência, essas palavras foram exportadas para o programa *Infogram* para a elaboração da nuvem de palavras.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

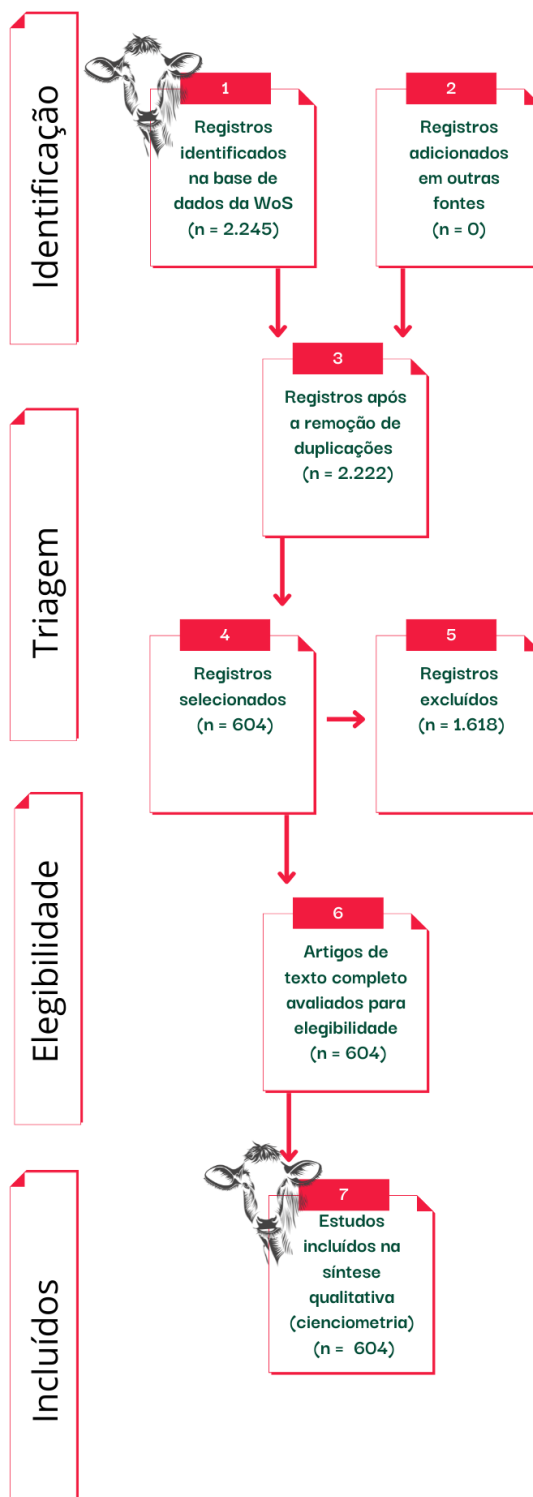
#### 3.1 Características das publicações

Dos 604 estudos incluídos nesta revisão após o processo de triagem e avaliação de quatro etapas (Figura 4), 82,11% eram artigos, seguidos de resumos de reuniões (7,78%) e revisões (6,65%), artigos de conferências (4,96%), acesso antecipado (0,66%) e artigos de dados (0,16%). O inglês foi o idioma utilizado em 97,84% das publicações analisadas, seguido do alemão (0,99%), húngaro (0,33%), espanhol (0,33%), polonês (0,16%), português

(0,16%) e russo (0,16%). Esse fato confirma o porquê de o idioma inglês ser considerado a "língua mãe" da ciência (AZEVEDO *et al.*, 2020).

O número total de citações encontradas foi de 12.416, assim é possível determinar a proporção média de citações por estudo de 20.56 e o índice H das publicações, que foi de 49. O índice H mede o impacto da pesquisa científica, autor ou área científica (HIRSCH, 2005; MINGERS; LEYDESDORFF, 2015). Desta forma, dentre as publicações avaliadas para essa revisão, 49 estudos receberam no mínimo 49 citações.

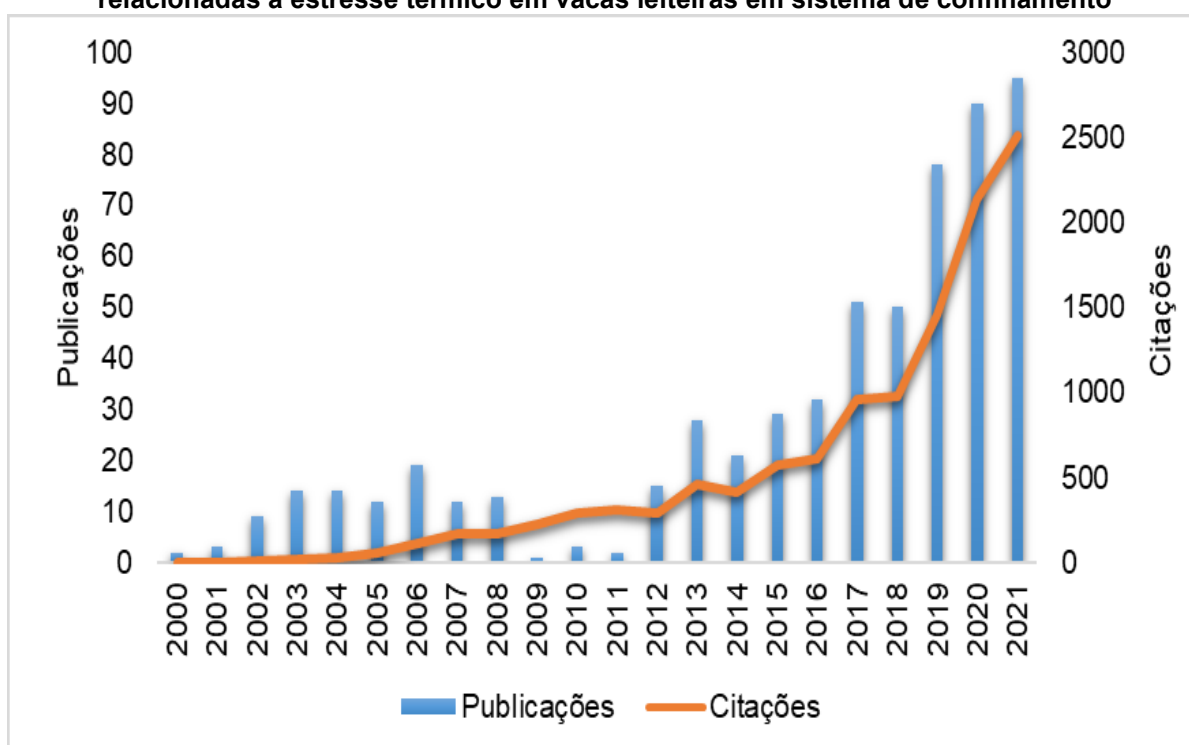
**Figura 4 - Fluxograma seguindo as diretrizes do PRISMA (MOHER et al., 2009), mostrando o número total de publicações identificadas e o número de publicações filtradas em cada fase do processo de seleção a partir da revisão**



Fonte: Autoria própria (2022)

O ano de publicação dos 604 estudos incluídos nesta revisão variou de 2000 a 2022. Houve um aumento no número de publicações e citações referentes ao tema deste estudo nos últimos 10 anos (Gráfico 2). Todavia, 87% dos estudos foram publicações de 2021 até o presente (2000 – 2010 = 3% e 2010 – 2020 = 10%). Dois fatores podem ter contribuído para isso; primeiramente, o surgimento do sistema de confinamento *compost barn* na década de 80 (Virgínia – EUA; JANNI *et al.*, 2007) e os impactos das mudanças climáticas (IPCC, 2021), que contribuíram para diminuição de chuvas e aumento na duração e intensidade das ondas de calor (WANKAR; RINDHE; DOIJAD, 2021).

**Gráfico 2 - Relação entre o número de publicações e de citações por ano de publicações relacionadas a estresse térmico em vacas leiteiras em sistema de confinamento**



Fonte: Autoria própria (2022)

O sistema de confinamento *compost barn* tem por objetivo o aumento do conforto das vacas, a melhoria da longevidade e a redução dos custos iniciais de instalação (DAMASCENO *et al.*, 2020). Desta forma, na última década, esse sistema de confinamento atraiu forte interesse global (GALAMA *et al.*, 2020; LESO *et al.*, 2020) o que contribuiu no aumento considerável de pesquisas nesta área de estudo, na qual foram relatados estudos nos Estados Unidos (DAMASCENO, 2012; ENDRES; BARBERG, 2007; JANNI *et al.*, 2007), Itália (BIASATO *et al.*, 2019; LESO *et al.*, 2013; ODORE *et al.*, 2021), Espanha (ASTIZ *et al.*, 2014), Alemanha (EMANUELSON *et al.*, 2022), Holanda (GALAMA *et al.*, 2012),



Dinamarca (KLAAS *et al.*, 2010), Brasil (COSTA *et al.*, 2018; FÁVERO *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2021, 2019; PILATTI *et al.*, 2019; VIEIRA *et al.*, 2021) e Austrália (EMANUELSON *et al.*, 2022).

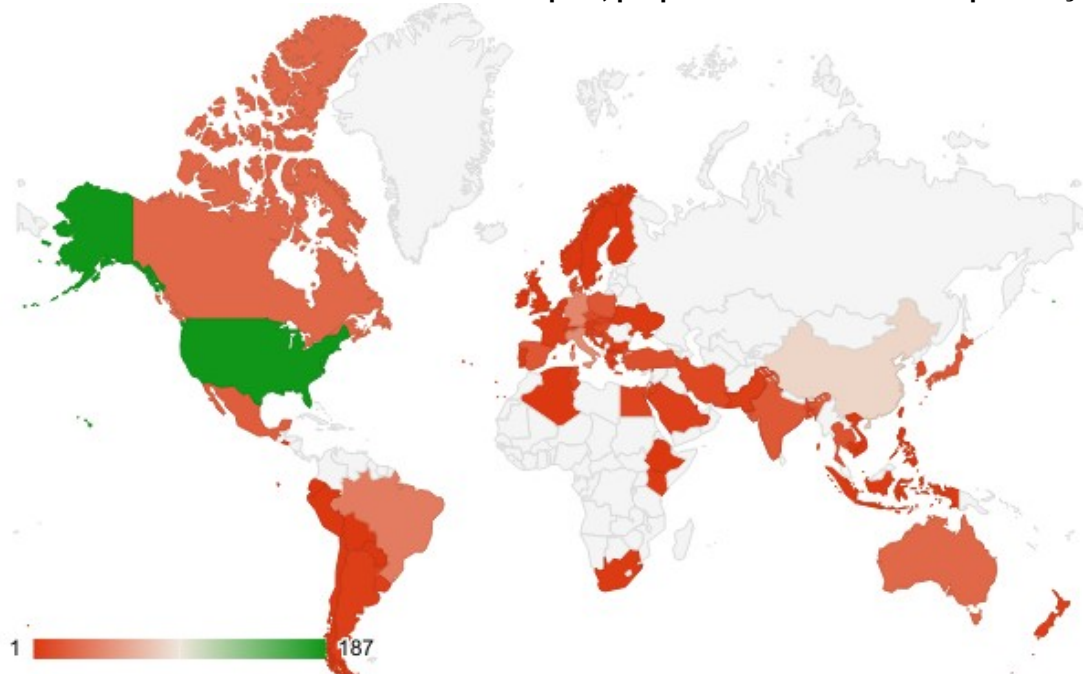
O aumento da temperatura global (aproximadamente 1,2 °C) diminuiu o tempo que o gado permanece em zonas de conforto térmico, afetando o sistema biológico e a vida das vacas leiteiras (LOVARELLI *et al.*, 2020). O período prolongado de clima excessivamente quente vem provocando ondas de calor que tem impactado a pecuária leiteira em alguns países da Europa (MORIGNAT *et al.*, 2014; VITALI *et al.*, 2015). As ondas de calor entre os anos de 2003 a 2006 na França (entre os dias 1 a 5 de agosto de 2003 a temperatura passou de 25 °C para 37 °C e permaneceu até o dia 16 de agosto, enquanto em 2006 as ondas de calor foram presenciadas entre os dias 10 a 28 de junho com temperatura superior a 30 °C) contribuíram no aumento considerado da mortalidade das vacas leiteiras entre 12% a 24% (MORIGNAT *et al.*, 2014). Em outro estudo realizado na Itália, entre os anos de 2002 a 2007, Vitali *et al.* (2015) observaram mortalidade de 46.610 vacas leiteiras com mais de 24 meses de idade causadas pelas ondas de calor (temperatura superior a 31 °C, umidade relativa do ar superior a 86% durante seis dias consecutivos). Os autores ainda reportaram que o cenário climático atual e futuro deve contribuir no aumento de dias quentes (3 a 11 dias), com elevação da frequência (quatro ou mais eventos ano) e da intensidade das ondas de calor (temperatura superior a 30 °C) e, que estratégias devem ser implementadas para que se consiga reduzir os impactos dos dias quentes. Além disso, eles reportaram que são necessárias modificações estruturais das instalações, além do manejo alimentar e da seleção de vacas mais resistentes ao calor. As ondas de calor (3 dias com temperatura de 32 °C ou mais) também foram presenciadas no Canadá entre os anos de 2010 a 2012 (BISHOP-WILLIAMS *et al.*, 2015). Os autores relatam que as ondas de calor são uma ameaça para a indústria láctea canadense, pois contribuíram no aumento da mortalidade em 27% das vacas leiteiras neste período.

### **3.2 Análise de co-país/território**

Em relação à quantidade de publicações sobre estresse térmico em vacas leiteiras em sistema de confinamento a Figura 5 categoriza os principais países e a Tabela 2 apresenta os dados numéricos quanto a essas publicações por país. Pode-se observar que os EUA apresentaram a maior porcentagem de publicações (31,12%), seguido da China (14,90%),

Itália (7,61%), Alemanha (7,11%), Brasil (6,29%), Israel (4,47%), Austrália (4,30%), Canadá (4,30%), México (3,47%), Japão (2,98%), Espanha (2,98%), Índia (2,98%) e Polônia (2,81%).

**Figura 5 - Geolocalização dos 604 estudos incluídos na revisão. A distribuição geográfica dos estudos está relacionada com a cor de cada país, proporcional ao número de publicação**



Fonte: Autoria própria (2022)

**Tabela 2 - Os 13 principais países em termos de publicação**

País	Frequência	<i>Burst</i>	Meia-vida	Ano
USA	187	8.00	16.5	2001
China	85	NA	10.5	2008
Itália	46	NA	13.5	2003
Alemanha	43	3.61	11.5	2007
Brasil	37	NA	15.5	2002
Israel	26	3.83	13.5	2006
Canada	26	NA	16.5	2002
Austrália	26	NA	13.5	2006
México	21	NA	13.5	2003
Japão	18	NA	11.5	2006
Espanha	18	NA	11.5	2007
Índia	18	NA	11.5	2007
Polônia	17	NA	12.5	2005

NA= Não aplica

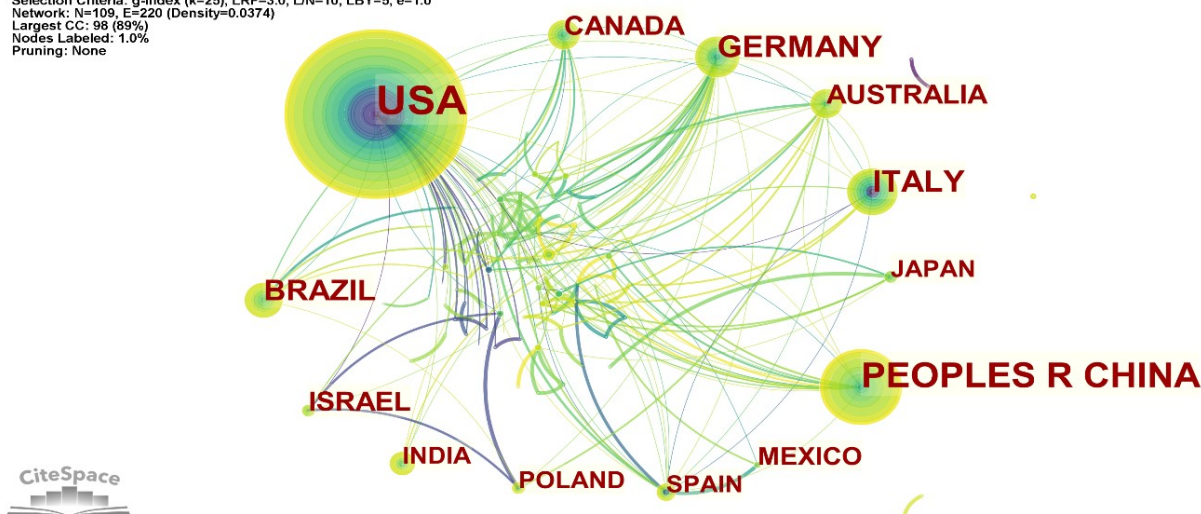
Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 6 mostra a rede de cooperação entre os países, cuja rede gerada continha 72 nós e 812 links. Os nós representam os países e os links a colaboração entre eles (ZHAO, 2017). A pontuação do índice de modularidade (Q) foi 0.5357, e a métrica de silhueta média

(S) foi 0.8783. A silhueta mede a homogeneidade média (ROUSSEEUW, 1987) variando de 1.000 a -1.000 (LOVMAR *et al.*, 2005). Quanto mais próximo de 1.000, maior a confiabilidade dos resultados encontrados (LORD *et al.*, 2017). Já a modularidade mede até que ponto uma rede pode ser decomposta em vários componentes ou módulos (CHEN, 2020). A silhueta encontrada (0.8783) sugere que há consistência em nossos dados. O tamanho do nó informa a quantidade de publicações em cada país, a espessura dos links indica a intensidade de cooperação entre os países, e as cores dos links a distância de tempo, representada em tons frios e quentes, sendo os mais frios as publicações mais antigas e, as quentes as mais recentes (CHEN, 2020).

**Figura 6 - Rede de co-ocorrência dos países relacionado pelo tamanho do nó, determinado pelo número de vezes que essa palavra foi utilizada e os links a relação entre os países**

CiteSpace, v. 6.1.R1 (64-bit) Basic  
 May 3, 2022 at 6:34:21 PM BRT  
 WoS: C:\Users\karen\Desktop\IET\_CIENCIOMETRIA\Dados  
 Timespan: 2000-2022 (Slice Length=1)  
 Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, e=1.0  
 Network: N=109, E=220 (Density=0.0374)  
 Largest CC: 98 (89%)  
 Nodes Labeled: 1.0%  
 Pruning: None



Fonte: Autoria própria (2022)

É possível visualizar que os países que mais apresentam cores frias (azul) nos links foram os EUA e Israel, o que indica que estes países foram precursores nas pesquisas dessa área de estudo. Grande parte dos estudos com sistema de confinamento e resfriamento para vacas leiteiras foram desenvolvidos nos EUA e em Israel devido ao estresse térmico moderado e severo nestes países, com temperatura superior a 30 °C e umidade relativa de 40% (FOURNEL; OUELLET; CHARBONNEAU, 2017). Isto contribuiu no fomento de estudos nesta linha de pesquisa nestes países. Isso pode ser comprovado também devido a ambos os países apresentarem *Burst*, EUA (*Burst* = 8.00, 2001) e Israel (*Burst* = 3.83, 2007), conforme descrito na tabela 2. O *Burst* representa o aumento de citações em um curto período de tempo que foram encontrados em um determinado país (LIN *et al.*, 2019). Já a China foi o

segundo países com maior número de publicações. Vários estudos com estresse térmico em sistema de confinamento vêm sendo desenvolvidos na China (FAN *et al.*, 2018; SHU *et al.*, 2022; YU *et al.*, 2020). Em um estudo desenvolvido no mesmo país, foi observado que entre os meses de julho a setembro (2014, 2015 e 2016), as vacas na China apresentaram estresse térmico, com índice de temperatura e umidade superior a 68 (SHI *et al.*, 2021).

### 3.3 Áreas de publicação

As 10 principais áreas de publicações relacionadas ao estresse térmico em vacas leiteiras em sistema de confinamento foram *Agriculture Dairy Animal Science* (59,43%), seguido de *Veterinary Sciences* (26,82%), *Food Science Technology* (20,36%), *Zoology* (8,11%), *Reproductive Biology* (7,78%), *Agriculture Multidisciplinary* (6,62%), *Meteorology Atmospheric Sciences* (6,12%), *Environmental Sciences* (5,79%), *Biophysics* (5,13%) e *Physiology* (4,96%). Isto demonstra que estas foram as áreas mais ativas nesta linha de pesquisa entre o período de janeiro de 2000 a abril de 2022. Por se tratar de uma revisão avaliando o efeito do estresse térmico em três sistemas de confinamento para vacas leiteiras, as áreas são extremamente relacionadas ao tema em nosso estudo. Desta forma, estas informações podem auxiliar os pesquisadores na escolha de possíveis áreas para suas futuras publicações.

### 3.4 Análise de documentos altamente citados

O impacto de publicações está relacionado ao número de vezes que um artigo de um determinado periódico foi citado. Desta forma, torna-se interessante observar quais documentos possuem maior número de citações, o que fornece informações importantes sobre o impacto da pesquisa sobre estresse térmico em vacas em lactação em sistema de confinamento para a comunidade científica. É importante ressaltar que para esta análise o número de citações não se refere ao número de citações da WoS, mas sim ao número de citações entre os 604 documentos recuperados para este trabalho. Utilizou-se a função de relatório de citações no WoS, que mostra as 10 principais publicações (Tabela 3). Esses artigos, são leitura obrigatória para quem quer se aprofundar no assunto.

**Tabela 3 - Ranking das publicações mais citadas relativas ao estresse térmico em vacas leiteiras manejadas em sistema de confinamento com título, revista científica, ano de publicação, total de citações e média por ano, de acordo com a *Web of Science* (2022)**

Ranking	Título	Revista	Ano	TC	MCA	Referência
1	<i>Effects of heat-stress on production in dairy cattle</i>	<i>Journal of Dairy Science</i>	2003	912	45.6	(WEST, 2003)
2	<i>Heat stress in lactating dairy cows: a review</i>	<i>Livestock Production Science</i>	2002	701	33.38	(KADZERE <i>et al.</i> , 2002)
3	<i>Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow - a review</i>	<i>Theriogenology</i>	2003	392	19.6	(DE RENSIS; SCARAMUZZI, 2003)
4	<i>Major advances associated with environmental effects on dairy cattle</i>	<i>Journal of Dairy Science</i>	2006	336	19.76	(COLLIER; DAHL; VANBAALE, 2006)
5	<i>Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows</i>	<i>Journal of Dairy Science</i>	2004	295	15.53	(SARTORI <i>et al.</i> , 2004)
6	<i>Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?</i>	<i>Journal of Dairy Science</i>	2009	278	19.86	(DIKMEN; HANSEN, 2009)
7	<i>The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate</i>	<i>Animal Research</i>	2002	247	11.76	(BOURAOUI <i>et al.</i> , 2002)
8	<i>Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare</i>	<i>Journal of Dairy Science</i>	2017	240	40	(POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017)
9	<i>Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows</i>	<i>Journal of Dairy Science</i>	2003	229	11.45	(WEST; MULLINIX; BERNARD, 2003)
10	<i>Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows</i>	<i>Animal Reproduction Science</i>	2004	215	11.32	(CHEBEL <i>et al.</i> , 2004)

TC= Total de citações; MCA= Média de citações anuais

Fonte: Autoria própria (2022)

A publicação mais citada é uma revisão bibliográfica escrita por West (2003), que retrata os efeitos da temperatura, umidade e radiação solar sobre a produção de leite. Além disso, o autor descreveu que as modificações do ambiente nos sistemas de confinamentos, incluindo a redução da radiação e uso de sistema de resfriamento são fundamentais para aumentarem a perda de calor corporal nas vacas em lactação. O autor também retrata que o uso do sistema de ventilação com pressão negativa em confinamentos é uma estratégia interessante a ser considerada, e a procura por esse sistema está crescendo entre os produtores e consequentemente atraindo fortemente os pesquisadores para esta área de estudo. O autor detalha também, o uso da seleção genética na busca de vacas tolerantes ao calor.

O segundo estudo mais citado também é uma revisão bibliográfica escrito por Kadzere *et al.* (2002), que aborda uma visão holística dos fatores que influenciam a incidência do estresse térmico em vacas leiteiras de alta produção. Os autores retratam que são necessárias estratégias para aliviar as cargas de calor metabólicas e ambientais no início da lactação e, que novas estratégias devem ser pesquisadas e desenvolvidas, principalmente para vacas de alta produção em confinamentos modernos.

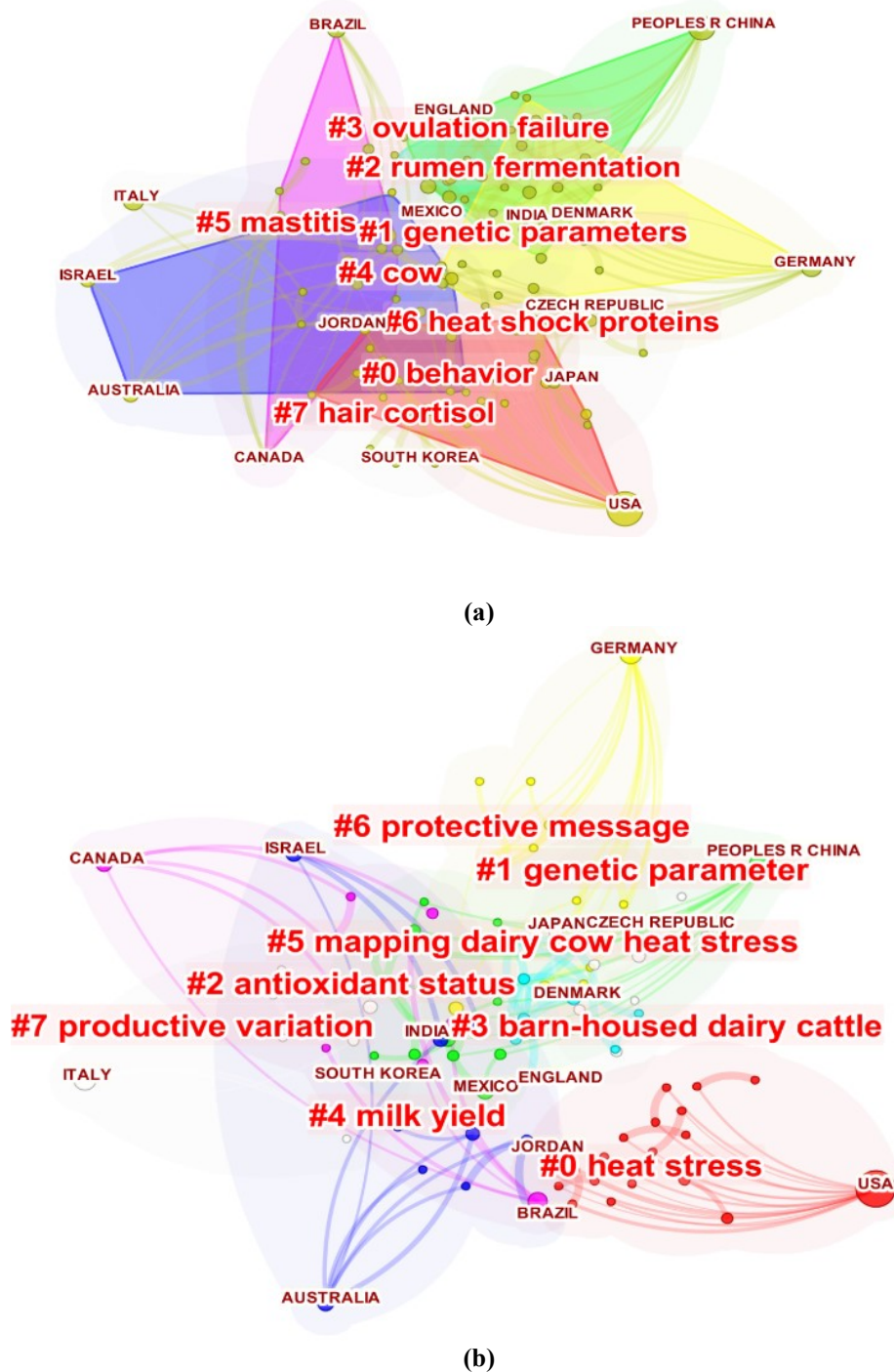
O terceiro estudo mais citado foi escrito por De Rensis e Scaramuzzi (2003) na qual reportam os impactos do estresse térmico na reprodução de vacas leiteiras. Os autores descrevem que para amenizar as perdas causadas pelo estresse térmico na reprodução são necessários o uso de ventiladores, aspersores ou sistema de pressão negativa, principalmente durante o verão.

### **3.5 Análise de *cluster* das palavras-chaves e título em relação aos países**

A interpretação dos países foi feita ainda usando o agrupamento de palavras-chaves, apresentado na Figura 7a e título, apresentado na Figura 7b, com os valores numéricos apresentados nas Tabela 4 e 5. Nos agrupamentos indexados palavras-chaves e título foram encontrados 8 *Clusters* em cada item. Os *Cluster* são formados de acordo com seu peso, número de membro e valor de silhueta (CHEN, 2020). Os *Cluster* das palavras-chaves e título apresentaram silhueta variando de 0.812 a 1.000, o que representou boa confiabilidade dos resultados encontrados (LORD *et al.*, 2017). Além disso, as áreas de estudos mais antigas nos *Clusters* apresentam o termo # com a indexação do maior número (ZHAO, 2017). Desta forma, o *Cluster* das palavras-chaves #7 *hair cortisol* e o cluster de título #7 *production*

*variation* são as áreas de estudo mais antigas, enquanto o #0 *behavior* e #0 *heat stress* são as áreas mais atuais em nosso estudo.

**Figura 7 - Agrupamento dos países com palavras-chaves (a) e títulos (b) dos 604 estudos incluídos na revisão. A identificação #zero representa o agrupamento com maior peso e área mais atual**



Fonte: Autoria própria (2022)

**Tabela 4 - Tamanhos e silhuetas dos *clusters* de palavras-chaves**

<b>ID</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Silhueta</b>	<b>Ano</b>	<b>Rótulo do <i>cluster</i></b>
0	19	1	2010	<i>Behavior</i>
1	17	0.829	2013	<i>Genetic parameter</i>
2	15	0.838	2014	<i>Rumen fermentation</i>
3	10	0.918	2014	<i>Ovulation failure</i>
4	10	0.830	2010	<i>Cow</i>
5	10	0.898	2012	<i>Mastites</i>
6	9	0.829	2011	<i>Heat shock proteins</i>
7	8	0.812	2015	<i>Hair cortisol</i>

ID= identificação do *cluster*

Fonte: Autoria própria (2022)

**Tabela 5 - Tamanhos e silhuetas dos *clusters* de títulos**

<b>ID</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Silhueta</b>	<b>Ano</b>	<b>Rótulo do <i>cluster</i></b>
0	19	1	2010	<i>Heat stress</i>
1	17	0.829	2013	<i>Genetic parameter</i>
2	15	0.838	2014	<i>Antioxidant status</i>
3	10	0.918	2014	<i>Barn-housed dairy cattle</i>
4	10	0.830	2010	<i>Milk yield</i>
5	10	0.898	2012	<i>Mapping dairy cow heat stress</i>
6	9	0.829	2011	<i>Protective message</i>
7	8	0.812	2015	<i>Productive variation</i>

ID= identificação do *cluster*

Fonte: Autoria própria (2022)

### 3.5.1 Análise de agrupamento dos *clusters* das palavras-chaves

Em relação aos agrupamentos (Figura 7a), o maior agrupamento (#0) foi rotulado “*behavior*” e tinha 19 membros. As respostas comportamentais são uma das principais reações observadas em animais sujeitos ao estresse térmico. Em um estudo realizado na Espanha com vacas da raça *Holstein-Friesian* manejadas em sistema *free-stall*, Ramón-Moragues *et al.* (2021) observaram que o estresse térmico (ITU igual a 73,97) reduziu o tempo de alimentação (0,5 minutos/hora), ruminação (0,5 minutos/hora) e repouso das vacas em lactação (2,5 minutos/hora). As vacas leiteiras deitam em média de 10 a 12 horas por dia (TUCKER *et al.*, 2021). Em um estudo realizado em *compost barn*, Endres e Barberg (2007) observaram um tempo médio total de descanso deitada das vacas em lactação de 12,7 horas/dia quando ITU foi menor que 72. Quando o ITU foi maior 72 as vacas ficaram 7,9 horas/dia deitadas. As vacas em lactação em condições de estresse térmico diminuem o tempo de descanso deitado e elevam o tempo em pé. O aumento do tempo em pé auxilia na perda de calor corporal (ALLEN *et al.*, 2015; VIEIRA *et al.*, 2021). Além disso, vacas em estresse térmico aumentam o número de passos (PILATTI *et al.*, 2021), consumo de água



(MCDONALD; VON KEYSERLINGK; WEARY, 2020) e os comportamentos agonísticos (PILATTI *et al.*, 2019).

O segundo maior conjunto (#1) tem 17 membros e foi rotulado como *genetic parameter*. Nos últimos anos, efeito do estresse térmico sob os parâmetros genéticos nas vacas leiteiras tem ganhado foco de estudo, em virtude, da sensibilidade das vacas de alta produção ao estresse térmico e dos impactos das mudanças climáticas na indústria de laticínios (SANTANA *et al.*, 2016). Diante destas constantes mudanças, torna-se necessário considerar a seleção de vacas da raça Holandesa mais adaptadas as condições ambientais. No entanto, essa seleção resulta em animais menos produtivos (AMAMOU *et al.*, 2019) e com menores teores nos componentes do leite, como gordura (-0,004) e proteína (-0,005) em %/dia (SANTANA *et al.*, 2017).

O terceiro maior agrupamento (#2) tem 15 membros e foi rotulado como *rumen fermentation*. Como mencionado anteriormente, o estresse térmico reduz o consumo de matéria seca (CMS) das vacas leiteiras. Em vacas em lactação, o CMS começa a reduzir com temperaturas ambientais entre 25 a 26 °C e, diminui rapidamente com temperatura acima de 30 °C (RHOADS *et al.*, 2013). Um declínio entre 28 a 34% no CMS são presenciados em vacas em estresse térmico por calor (KOCH *et al.*, 2021). A ingestão de alimentos é uma fonte essencial de produção de calor corporal em ruminantes; portanto, a redução do CMS pelas vacas leiteiras resulta em menor produção de calor corporal (MISHRA, 2021). Isso resulta em um balanço energético negativo, reduzindo o peso e o escore de condição corporal das vacas leiteiras (DAS *et al.*, 2016). Dessa forma, os mecanismos fisiológicos do rúmen das vacas em lactação são alterados; afetando a ruminação (RAMÓN-MORAGUES *et al.*, 2021), a atividade do rúmen e a motilidade retículo-ruminal das vacas leiteiras (KADZERE *et al.*, 2002). A diminuição do tempo de ruminação reduz a produção de saliva que atua como tamponante no rúmen e por consequência, impacta no pH ruminal (MENESES *et al.*, 2021). Além disso, o pH ruminal também é impactado pela alteração da microbiota ruminal. Em condições de baixo pH, ocorre diminuição das bactérias fibrolíticas, enquanto que as bactérias amilolíticas são resistentes a condições de baixo pH. O estresse térmico contribui no aumento de bactérias láctica e diminui a síntese de bactérias produtoras de acetato, o que impacta na produção de leite (KIM *et al.*, 2022).

O 4º maior agrupamento (#3) tem 10 membros e foi rotulado como *ovulation failure*. O estresse térmico influencia negativamente no desenvolvimento folicular. Além disso, durante a transição do folículo primário para o secundário, o efeito do estresse térmico impacta diretamente no desenvolvimento dos oócitos. Os oócitos possuem papéis

fundamentais no controle do desenvolvimento folicular das células granulosa, desde o início da organização folicular até a ovulação (DE RENSIS *et al.*, 2021).

O 5º maior conjunto (#4) tem 10 membros e foi rotulado como *cow*. O 6º maior conjunto (#5) tem 10 membros e foi rotulado como *mastitis*. Dentre os efeitos negativos, o estresse térmico atua também na limitação da capacidade imune das vacas leiteiras (BAGATH *et al.*, 2019; JOO *et al.*, 2021), o que contribui no aumento da contagem de células somáticas do leite (CCS) (NASCEU *et al.*, 2021). Em um estudo realizado no Egito para avaliar o efeito do ITU na qualidade do leite de vacas leiteiras, Nasr e El-Tarabany (2017) observaram aumento de 36% na CCS quando o ITU foi do menor valor para o mais alto (ITU menor 70 = CCS 190 cel/mL; ITU entre 70 e 80 = CCS 216 cel/mL; ITU entre 80 e 85 = 259 cel/mL).

O 7º maior agrupamento (#6) tem 9 membros e foi rotulado como *heat shock proteins* (HSPs). A exposição prolongada das vacas ao estresse térmico danifica o equilíbrio celular, a estabilidade termodinâmica e a síntese das proteínas (PEREIRA *et al.*, 2019). No entanto, estes fatores não ocorrem para as proteínas do choque térmico (HSP70 e a HSP90) (YÁNIZ *et al.*, 2009). As proteínas HSP70 e a HSP90 estão diretamente correlacionadas a termotolerância em animais de produção (ARCHANA *et al.*, 2017). No entanto, a HSP70 vem sendo reportada na maioria dos estudos por ser a proteína entre as HSPs mais abundante no organismo animal (ARCHANA *et al.*, 2017). As HSPs apresentam um papel fundamental nas respostas ao estresse térmico (LIVERNOIS *et al.*, 2021). Quando ocorre um estímulo suscetível para o desencadeamento de uma resposta ao estresse térmico, as HSPs desempenham um papel vital, atuando na termotolerância celular (JU, 2005; STAMPERNA *et al.*, 2021).

O 8º maior aglomerado (#7) tem 8 membros e foi rotulado como *hair cortisol*. O estresse térmico desempenha ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, desta forma, há uma correlação positiva com os níveis de cortisol nas vacas leiteiras com ITU (0,21) (SHI *et al.*, 2021). Como o cortisol se eleva quando as vacas estão estressadas pelo calor (11,0 pg/mg/cortisol – ITU = 72,4; 15,5 pg/mg/cortisol – ITU = 78,4) (UETAKE *et al.*, 2018), ele é considerado um bom indicador de bem-estar animal (EERDENBURG *et al.*, 2021). O cortisol é o primeiro hormônio observado no sangue, saliva e no pelo dos animais quando estão expostos a situações de estresse, como o estresse térmico (JO *et al.*, 2021).

### 3.5.2 Análise de agrupamento dos *clusters* dos títulos

Em relação ao *Cluster* de título (Figura 7b), o maior agrupamento (#0) tem 19 membros e foi rotulado como *heat stress*. O *Cluster* #0 está inteiramente ligado a todos os outros *Cluster*. O estresse térmico causa impactos em todo o metabolismo das vacas leiteiras. As consequências negativas são observadas de curto (até 5 dias) a longo prazo (maior que 5 dias) (HOU *et al.*, 2021), comprometendo o potencial produtivo (MARUMO *et al.*, 2021; NASCEU *et al.*, 2021; SUMMER *et al.*, 2019), reprodutivo (WOLFENSON; ROTH, 2019), a saúde, o equilíbrio oxidativo (MYLOSTYVA *et al.*, 2022), o bem-estar animal (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017) e o desempenho das futuras proles (WELLER; EZRA; GERSHONI, 2021). O segundo maior conjunto (#1) tem 17 membros e um valor de silhueta de 0.829. É rotulado como *genetic parameter*.

O terceiro maior agrupamento (#2) tem 15 membros e foi rotulado como *antioxidant status*. O estresse oxidativo é causado por um desequilíbrio entre antioxidantes e moléculas oxidativas (SORDILLO; AITKEN, 2009). Durante o estresse térmico, os índices oxidativo e antioxidante sérico são elevados e a produção de leite é reduzida (CHEN *et al.*, 2022).

O 4º maior agrupamento (#3) tem 10 membros e foi rotulado como *barn-housed dairy cattle*. Tradicionalmente, os sistemas de confinamento para vacas leiteiras consistiam principalmente em *Tie Stall*, *Free Stall* e *Loose Housing* (BLANCO-PENEDO *et al.*, 2020). No entanto, recentemente, o sistema de confinamento *Compost Barn* vem atraindo atenção e procura pelos produtores em todo mundo (LESO *et al.*, 2020). Todos esses sistemas de alojamento apresentam peculiaridades próprias. Entretanto, para melhorar o conforto das vacas leiteiras nesses sistemas é extremamente necessário impedir que o excesso de calor entre nos confinamentos (JI *et al.*, 2020). Para tanto, alguns critérios são fundamentais para minimizar esse excesso. O primeiro critério a ser considerado é a orientação do galpão. A orientação leste-oeste evita com que os animais fiquem amontoados em áreas específicas do alojamento, devido a redução da exposição do sol pela manhã e à tarde (RADAVELLI *et al.*, 2020). Além disso, o telhado recebe grande quantidade de radiação que podem ser transmitidas ao interior do galpão (SANTUNIONE *et al.*, 2017) e desta forma, o uso de isolantes térmico auxilia no bloqueio da radiação (FOURNEL *et al.*, 2017). Outro parâmetro importante no projeto dos alojamentos é a ventilação adequada. Um sistema de ventilação adequado deve contribuir em um ambiente menos estressante, que haja renovação adequado do calor e da umidade (MONDACA, 2019), além de possibilitar ar fresco de qualidade (BESLER; CEPIŃSKI; KĘSKIEWICZ, 2022). Os sistemas de confinamento podem

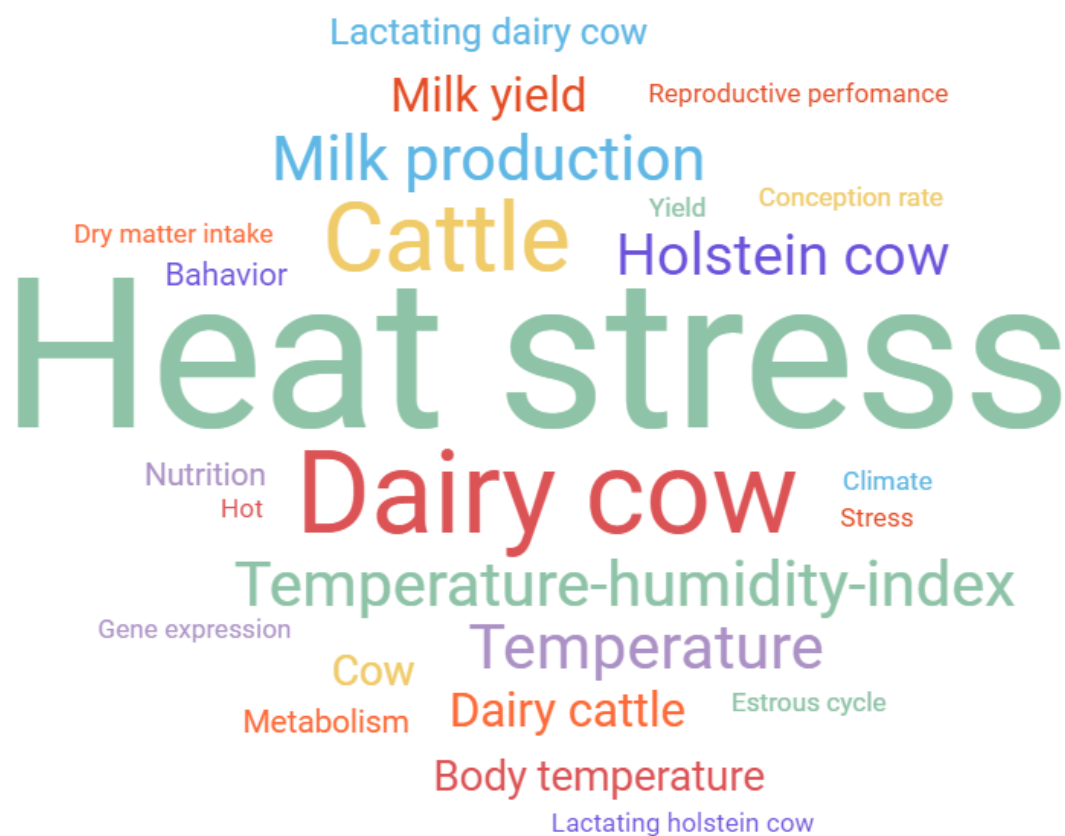
apresentarem ventilação natural (LOVARELLI *et al.*, 2021; TOMASELLO *et al.*, 2021), ventilação mecânica (PAKARI; GHANI, 2021), com ventiladores de teto (HERZOG *et al.*, 2021), axiais (OLIVEIRA *et al.*, 2019) e ventilação com pressão negativa (ANDRADE *et al.*, 2022; YAMEOGO *et al.*, 2021).

O 5º maior conjunto (#4) tem 10 membros e foi rotulado como *milk yield*. O 8º maior aglomerado (#7) tem 8 membros e foi rotulado como *productive variation*. A produção diária de leite é a principal preocupação durante o estresse térmico. O estresse térmico altera a produção e a composição do leite. Skibieli *et al.* (2022) observaram variação na produção de leite de aproximadamente 5 kg/dia. Além disso, os autores relatam diminuição na síntese de gordura (0,20 kg/dia) e da proteína (0,10 kg/dia). Os impactos do estresse térmico causam perdas econômicas consideráveis. Somente nos EUA, estudo aponta perdas anuais de US\$ 2,3 bilhões para a indústria láctea (FONTOURA *et al.*, 2022).

### 3.6 Análise de co-ocorrência de palavras-chaves

Em relação as palavras-chaves mais usadas pelos pesquisadores nesta linha de pesquisa estão apresentadas na Figura 8. A rede gerada obteve 528 nós e 3.527 links. A pontuação do índice de modularidade (Q) foi de 0.5357, e a métrica de silhueta média (S) foi de 0.8783, o que representou boa confiabilidade dos resultados encontrados (LORD *et al.*, 2017). Levando em conta que o objetivo do presente estudo foi realizar uma análise cienciométrica sobre estresse térmico em vacas leiteiras em lactação alojadas em sistema de confinamento já se esperava que o termo “*heat stress*” (407) estivesse entre as principais palavras-chaves. A segunda palavra-chave com maior frequência foi *dairy cow* (216), seguido de *cattle* (169), *temperature-humidity-index* (103) *milk production* (100), *temperature* (100), *holstein cow* (97), *dairy cattle* (67), *milk yield* (67) e *body temperature* (60).

**Figura 8 - Nuvem de palavras gerada utilizando as 25 palavras mais frequentemente utilizadas nas palavras-chaves dos 604 estudos incluídos na revisão. As palavras que aparecem em tipo maior foram utilizadas com maior frequência**



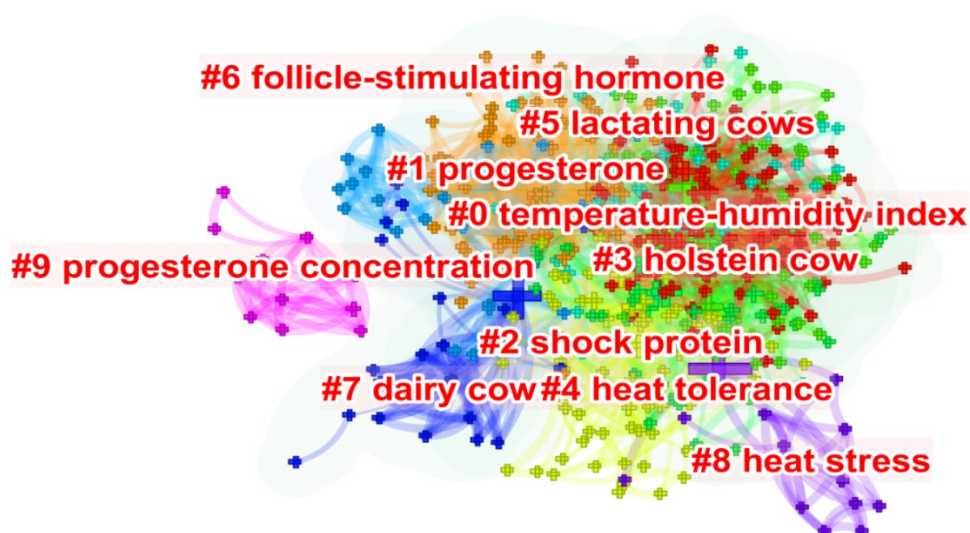
Fonte: Autoria própria (2022)

### 3.6.1 Agrupamento dos *Clusters* de Palavras-chaves

Os agrupamentos das palavras-chaves podem ser observados na Figura 9. Foram identificados 10 *Clusters*. O ITU tem sido amplamente utilizado para avaliar o grau de condição de estresse térmico nas vacas em lactação (NASCEU *et al.*, 2021). Diversos estudos reportam valores de ITU (GHIZZI *et al.*, 2018; KOCH *et al.*, 2021; LIM *et al.*, 2021; TULLO *et al.*, 2019). Reações fisiológicas foram observadas com ITU superior a 65 (taxa respiratória em vacas em pé e deitadas, frequência cardíaca e temperatura retal em vacas em pé) (PINTO *et al.*, 2020). As diminuições produtivas (aproximadamente 3 kg/vacas/dia) foram relatadas com ITU superior a 73 (FERNÁNDEZ; ULLOA-ARVIZU; FERNÁNDEZ, 2019). Já para os índices reprodutivos, como a perda na taxa de prenhez (50% e 60%), foram observados com ITU superior a 72 (LIU *et al.*, 2018). A reprodução é fortemente impactada pelo estresse

térmico. Vacas expostas ao estresse térmico alteram os níveis de progesterona, comprometendo a fertilidade. Desta forma, o desenvolvimento folicular é prejudicado, levando a maturação anormal dos oócitos e a morte embrionária (DE RENSIS; SCARAMUZZI, 2003). Esses impactos são presenciados principalmente em vacas de alta produção, como a da raça Holandesa (WANKAR *et al.*, 2021). No entanto, vacas sob estresse térmico apresentam aumento dos níveis das HSP70 (13,61 ng/mL – ITU = 53,4; 25,99 ng/MI – ITU = 81,7) (MIN *et al.*, 2015) para auxiliarem na termorregulação corporal (JU, 2005; STAMPERNA *et al.*, 2021). Assim, a HSP70 pode servir como biomarcador para identificar o estresse térmico por calor em vacas em lactação (GAUGHAN *et al.*, 2013; MIN *et al.*, 2015). Na tabela 6 são apresentadas as informações numéricas de cada cluster de palavras-chaves.

**Figura 9 - Agrupamento das palavras-chaves dos 604 estudos incluídos na revisão. A identificação #zero representa o agrupamento com maior peso e área mais atual**



Fonte: Autoria própria (2022)

**Tabela 6 - Resumo dos clusters de palavras-chaves**

ID	Tamanho	Silhueta	Ano	Rótulo do Cluster	Rótulo Alternado
0	118	0.649	2013	Temperature-humidity index	heat stress; dairy cattle; milk production; milk yield; milking performance; dairy cow; lactating dairy cow; holstein cow; heat stress condition; physiological responses
1	83	0.604	2009	Progesterone	heat stress; dairy cow; lactating dairy cow; dairy cattle; artificial insemination; heat-stressed dairy cattle; blood flow; ovsynch protocol; corpus luteum; dairy cattle welfare
2	82	0.615	2017	Shock protein	heat stress; dairy cow; lactating dairy cow; holstein cow; milk yield; milk production;

**(Continua)**

<b>(Conclusão)</b>					
3	70	0.690	2009	<i>Holstein cow</i>	<i>heat-stressed lactating holstein cow; body temperature; heat-stressed dairy cow;</i> <i>dairy cow; heat stress; lactating dairy cow; milk production; milk yield; production responses; physiological indicator; production performance; lactating cow; dry matter intake</i>
4	48	0.763	2011	<i>Heat tolerance</i>	<i>heat stress; dairy cow; holstein cow; milk yield; lactating dairy cow; reproductive performance; high producing dairy cow; southern apennine; ventilation effects performance</i>
5	43	0.821	2008	<i>Lactating cows</i>	<i>heat stress; dairy cow; lactating dairy cow; dairy cattle; milk production; temperature-humidity index; dairy farm; thermal stress; ambient temperature; acute heat stress</i>
6	25	0.916	2006	<i>Follicle-stimulating hormone</i>	<i>dairy cow; heat-stressed cow; bovine somatotropin; inflammatory response; dairy cattle; heat stress; holstein cow; oocyte competence; load indice; conception rate</i>
7	24	0.943	2011	<i>Dairy cow</i>	<i>dairy cow; heat stress; lactating dairy cow; milk production; holstein cow; body temperature; milk yield; reproductive performance; core body temperature; short communication</i>
8	83	0.978	2005	<i>Heat stress</i>	<i>heat stress; dairy cow; lactating dairy cow; heat-stressed lactating holstein cow; milk yield; holstein cow; dairy cattle; reproductive performance; temperature-humidity index</i>
9	11	0.946	2004	<i>Progesterone concentration</i>	<i>hot environment; dairy cow; lymphocyte function; following superovulatory treatment; progesterone profile; progesterone profile; tropical environment; holstein-friesian dairy cow; oestrous cycle change; following superovulatory treatment</i>

---

ID= Identificação do *cluster*

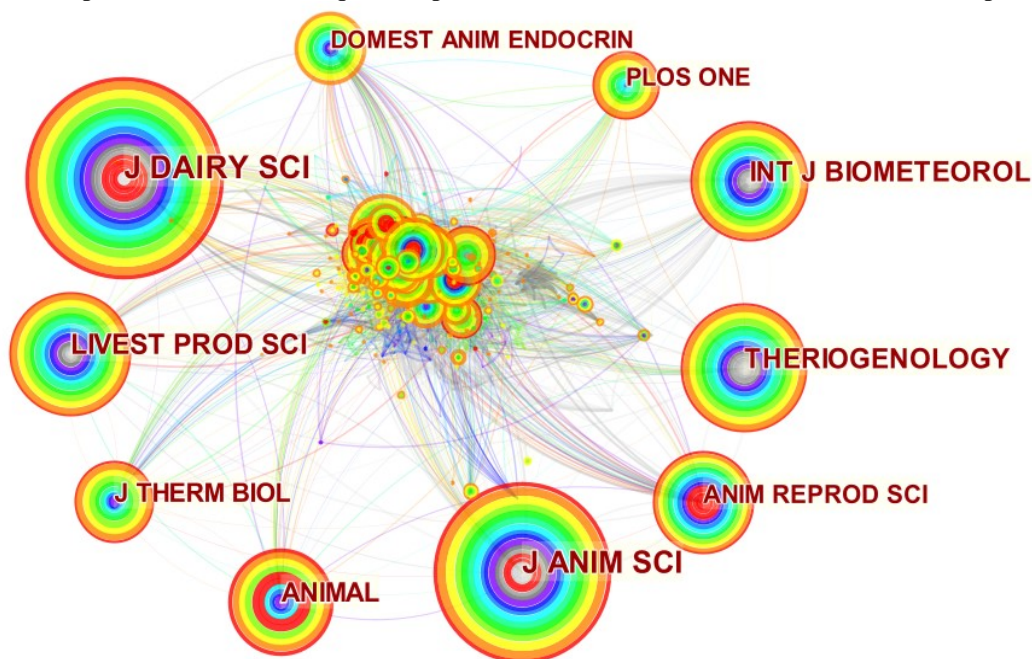
Fonte: Autoria própria (2022)

### 3.7 Análise de periódicos, autores e instituições

Foram analisados os periódicos contribuintes na área de estresse térmico em vacas em lactação em sistema de confinamento. A rede gerada identificou os periódicos de alto impacto. A rede gerada continha 678 nós e 8.095 links. Os 10 periódicos que apresentaram os maiores nós são apresentados na Figura 10 e a classificação das revistas científicas em relação

a frequência e o fator de impacto pelo *Journal Citation Reports* (JCR) estão apresentados na Tabela 7. Dentro desse tema, o tamanho do nó é representado pela frequência de publicações, enquanto o *Burst* pelo número de citações representada na figura pelo centro vermelho (CHEN, 2020).

**Figura 10 - Rede de co-ocorrência dos periódicos dos 604 estudos incluídos na revisão. O tamanho do nó é determinado pelo número de vezes que essa palavra foi utilizada e os links a relação entre os periódicos**



Fonte: Autoria própria (2022)

**Tabela 7 - Classificação das revistas científicas em relação a frequência e o fator de impacto pelo Journal Citation Reports (JCR) em 2020**

Periódico	Frequência	<i>Burst</i>	Meia-vida	Ano	FI- 2021
<i>Journal of Dairy Science</i>	539	5.04	17.5	2000	4.225
<i>Journal of Animal Science</i>	426	3.18	17.5	2000	3.338
<i>Livestock Production Science</i>	249	NA	17.5	2000	1.929
<i>International Journal of Biometeorology</i>	241	NA	18.5	2000	3.738
<i>Theriogenology</i>	235	NA	16.5	2001	2.923
<i>Animal Reproduction</i>	203	NA	6.5	2012	3.730
<i>Animal</i>	138	7.06	16.5	2001	2.220
<i>Plos One</i>	125	NA	4.5	2015	3.240
<i>Domestic Animal Endocrinology</i>	110	NA	14,5	2004	2.290

NA= Não aplica; FI= Fator de impacto

Fonte: Autoria própria (2022)

O *Journal of Dairy Science* se destaca como o centro científico com o maior número de frequência (539). Além disso, teve um *Burst* de 5.04 o que indica que esse jornal possui

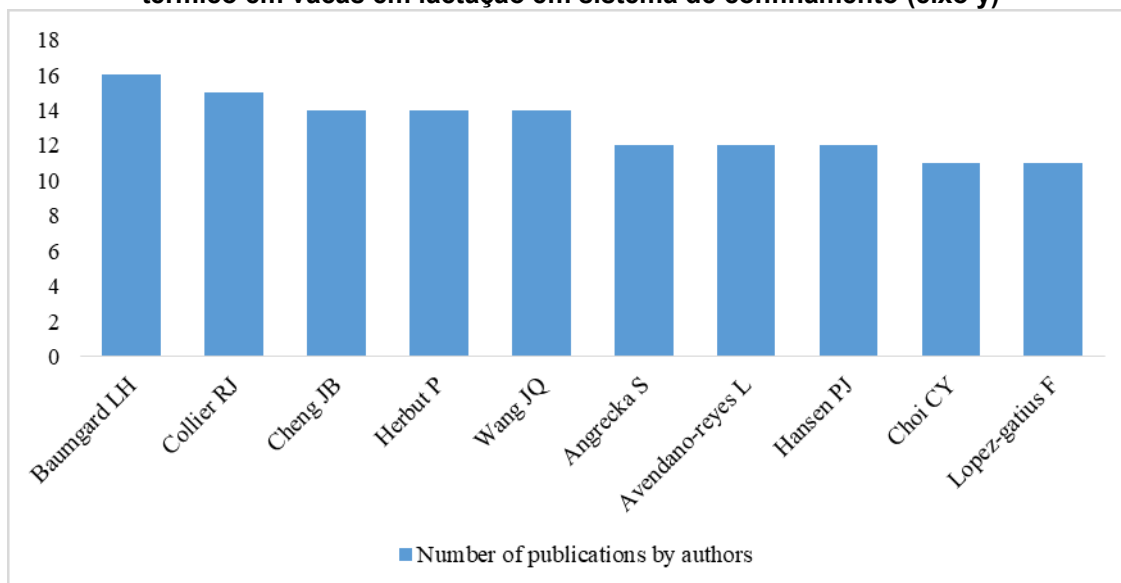


estudos importantes para comunidade científica. Esta revista possui o maior fator de impacto nesta área de pesquisa (4.034). O fator de impacto é uma métrica que foi criada em 1961 por Garfield e Sher para ajudar os pesquisadores na escolha dos periódicos (ABATI *et al.*, 2021). O fator de impacto mostra o número médio de citações em um periódico nos últimos dois anos (GARFIELD, 2006). Além disso, esta revista contém seis dos 10 artigos mais citados relacionado ao estresse térmico em sistema de confinamento para vacas leiteiras (Tabela 2), o que confirma a importância desse jornal nesta área de estudo.

O segundo jornal mais importante nesta linha de pesquisa foi o *Journal of Animal Science* que apresentou frequência de 426. Além disso, este jornal apresentou *Burst* (3.18) e seu fator de impacto (3.159) é alto para a área animal. Já o jornal *Animal Reproduction* apresentou o maior *Burst* (7.06) demonstrando que os artigos publicados nesta revista eram altamente citados em um determinado período de tempo (CHEN, 2020). Além disso, o *Journal of Dairy Science*, *Journal of Animal Science* e o *Animal Reproduction* apresentam cores frias e quentes, representando que esses jornais possuem artigos antigos e atuais (CHEN, 2020).

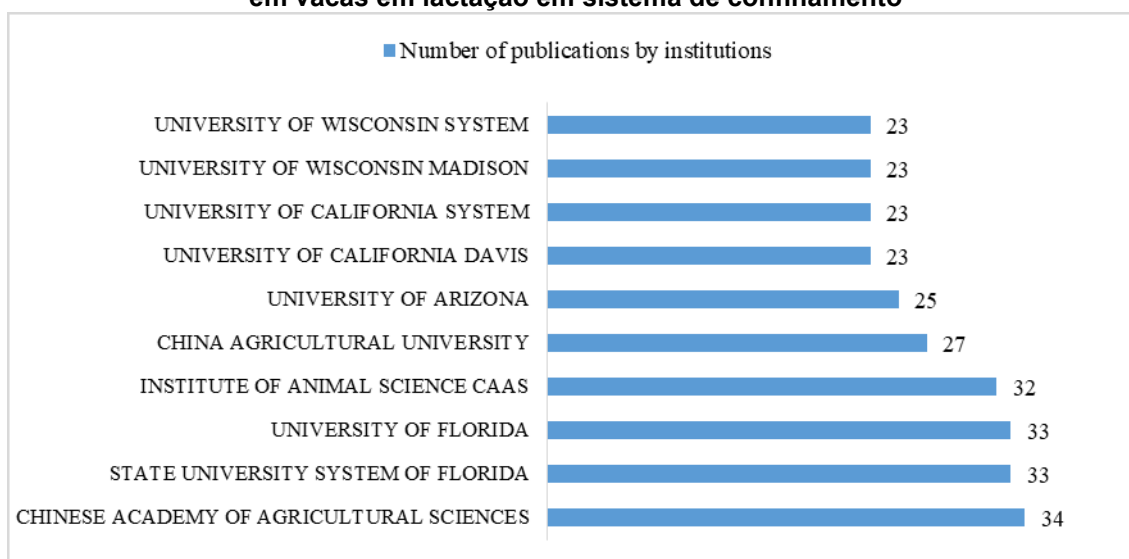
Com base no número de artigos, foram encontrados os 10 autores mais produtivos de acordo com a base de dados da WoS (Gráfico 3). Dos autores identificados, os pesquisadores Baumgard LH e Collier RJ foram os autores mais produtivos. Além disso, foram encontradas as 10 instituições mais produtivas (Gráfico 4). A *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, a *State University System of Flórida* e a *University of Flórida* foram as instituições que apresentaram o maior número de publicações. Os autores e as Instituições estão inteiramente ligados com os países que apresentaram o maior número de publicações (Figura 5).

**Gráfico 3 - Ranking dos 10 autores (eixo x) que produzem conhecimentos sobre o estres térmico em vacas em lactação em sistema de confinamento (eixo y)**



Fonte: Autoria própria (2022)

**Gráfico 4 - Ranking das 10 instituições que produzem conhecimentos sobre o estres térmico em vacas em lactação em sistema de confinamento**



Fonte: Autoria própria (2022)

### 3.8 Limitações do Estudo

A cienciometria permite reunir várias informações entre os estudos, resumindo e elencando as tendências futuras. Embora essa análise sintetiza as informações importantes entre os estudos, ela apresenta algumas limitações. Em primeiro lugar, os estudos sobre o

estresse térmico em vacas leiteiras em lactação em sistema de confinamento podem não ter sido localizados a partir da nossa estratégia de pesquisa usado para pesquisar no WoS *Core Collection - (Topic Search)*. Embora a WoS seja considerada uma das bases de dados mais confiáveis e abrangentes de publicações científicas, os resultados relevantes podem não ter sido encontrados. Em segundo lugar, o termo de pesquisa utilizado pode não ter encontrado alguns estudos. Contudo, fica claro que este estudo é extremamente sensível ao uso de palavras-chaves na busca de publicações a partir do título, resumo e palavras-chaves. Em terceiro lugar, o estudo foi limitado ao período de janeiro de 2000 a abril de 2022. Assim, alguns estudos importantes podem ter sido negligenciados. Em quarto lugar, os dados extraídos nos estudos na base de dados da WoS podem não terem sido padronizados entre os estudos e assim, pode ter contido erro, como duplicatas e entradas errôneas.

#### 4 CONCLUSÃO

Esta revisão fornece uma abrangente investigação cientométrica sobre estresse térmico em vacas em lactação em sistema de confinamento, proporcionando o estudo da arte e as perspectivas futuras. Estudos na área da nutrição, reprodução, produção, genética, imunologia, comportamento, fisiologia animal, ambiência e tipos de confinamentos foram as áreas mais relatadas pelos estudos. Os termos comportamento, índice de temperatura e umidade e estresse térmico são as tendências neste estudo. Entretanto, a análise cientométrica pode prever previsão a curto prazo neste campo de pesquisa e assim, deve-se evitar previsões a longo prazo. Além disso, vale frisar que o sistema de confinamento do modelo *compost barn* é relativamente novo e estudos avaliando o estresse térmico neste sistema de alojamento são extremamente necessários. Como perspectivas futuras são necessários mais estudos avaliando o estresse térmico em vacas em lactação em sistema de confinamento. Os resultados desta revisão podem ser interessante para os pesquisadores nesta área em seus futuros estudos.

#### REFERÊNCIAS

ABATI, R. *et al.* Bees and pesticides: the research impact and scientometrics relations. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 25, p. 32282–32298, 2021.

ALLEN, J. D. *et al.* Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on

behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 118–127, 2015.

AMAMOU, H. *et al.* Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of holstein cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 82, n. December 2018, p. 90–98, 2019.

ALMEIDA, M. C. *et al.* **Fisiologia Térmica de Vertebrados**. Capítulo 4 - Mecanismos termorreguladores em vertebrados . São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. p. 2-5.

ANDRADE, R. R. *et al.* Spatial distribution of bed variables, animal welfare indicators, and milk production in a closed compost-bedded pack barn with a negative tunnel ventilation system. **Journal of Thermal Biology**, v. 105, n. September 2021, p. 103111, 2022.

ASTIZ, S. *et al.* Enhanced udder health and milk yield of dairy cattle on compost bedding systems during the dry period: A comparative study. **Livestock Science**, v. 159, n. 1, p. 161–164, 2014.

BAGATH, M. *et al.* The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: A review. **Research in Veterinary Science**, v. 126, p. 94–102, 2019.

BESLER, M.; CEPÍŃSKI, W.; KĘSKIEWICZ, P. Direct-contact air, gravel, ground heat exchanger in air treatment systems for cowshed air conditioning. **Energies**, 2022.

BIASATO, I. *et al.* Compost bedded-pack barn as an alternative housing system for dairy cattle in Italy: effect on animal health and welfare and milk and milk product quality. **Italian Journal of Animal Science**. v. 18. 2019.

BISHOP-WILLIAMS; *et al.* Heat stress related dairy cow mortality during heat waves and control periods in rural Southern Ontario from 2010-2012. **BMC VETERINARY RESEARCH**, 2015.

BLANCO-PENEDO, I. *et al.* Symposium review: Animal welfare in free-walk systems in Europe. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 6, p. 5773–5782, 2020.

BOURAOUI *et al.* The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. v. 51, n. J, p. 479–491, 2002.

BURHANS, W. S.; ROSSITER BURHANS, C. A.; BAUMGARD, L. H. Invited review: Lethal heat stress: The putative pathophysiology of a deadly disorder in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, 2022.

CHEBEL, R. C. *et al.* Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v. 84, n. 3–4, p. 239–255, 2004.

CHEN, C. **How to Use CiteSpace**. 2020.

CHEN, C.; IBEKWE-SANJUAN, F.; HOU, J. The Structure and Dynamics of Cocitation Clusters: A Multiple-Perspective Cocitation Analysis. **Journal of the American SOCIETY for Information Science and Technology**, v. 64, n. July, p. 1852–1863, 2010.

CHEN, X. *et al.* Impact of heat stress on milk yield, antioxidative levels, and serum metabolites in primiparous and multiparous Holstein cows. **Tropical Animal Health and Production**, v. 54, n. 3, p. 159, 2022.

COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1244–1253, 2006.

COLLIER, R. J.; RENQUIST, B. J.; XIAO, Y. A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10367–10380, 2017.

COSTA, J. H. C. *et al.* Prevalence of lameness and leg lesions of lactating dairy cows housed in southern Brazil: Effects of housing systems. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 2395–2405, 1 Mar. 2018.

DAMASCENO, F. A. *et al.* Compot Barn como alternativa para a pecuária leiteira. **Capítulo**

## 2: Instalações Compost Barn. 2020.

DAMASCENO, F. A. Compost Bedded Pack Barns System and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model. **Thesis presented to the Universidade Federal de Viçosa**, p. 4, 2012.

DAS, R. et al. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. **Veterinary World**, v. 9, n. 3, p. 260–268, 2016.

DE RENSIS, F. *et al.* Effects of heat stress on follicular physiology in dairy cows. **Animals**, 2021.

DE RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow - A review. **Theriogenology**, v. 60, n. 6, p. 1139–1151, 2003.

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

EERDENBURG, F. J. C. M. VAN *et al.* The Relation between Hair-Cortisol Concentration and Various Welfare Assessments of Dutch Dairy Farms. **Animals**. 2021.

EMANUELSON, U. *et al.* Animal Health in Compost-Bedded Pack and Cubicle Dairy Barns in Six European Countries. **Animals**, v. 12, n. 3, p. 1–9, 2022.

ENDRES, M. I.; BARBERG, A. E. Behavior of dairy cows in an alternative bedded-pack housing system. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 9, p. 4192–4200, 2007.

FAN, C. *et al.* Liver metabolic perturbations of heat-stressed lactating dairy cows. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 8, p. 1244–1251, 2018.

FÁVERO, S. *et al.* Factors associated with mastitis epidemiologic indexes, animal hygiene, and bulk milk bacterial concentrations in dairy herds housed on compost bedding. **Livestock Science**, v. 181, p. 220–230, 2015.

FERNÁNDEZ, I. G.; ULLOA-ARVIZU, R.; FERNÁNDEZ, J. Milk yield did not decrease in large herds of high-producing Holstein cows in semi-arid climate of Mexico. **Tropical Animal Health and Production**, 2019.

FONTOURA, A. B. P. *et al.* Heat stress develops with increased total-tract gut permeability, and dietary organic acid and pure botanical supplementation partly restores lactation performance in Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 9, p. 7842–7860, 2022.

FOURNEL, S.; OUELLET, V.; CHARBONNEAU, É. Practices for alleviating heat stress of dairy cows in humid continental climates: A literature review. **Animals**, 2017.

GALAMA, P. *et al.* Wageningen UR Livestock Research Partner in livestock innovations. **Livestock Research**, 2012.

GALAMA, P. J. *et al.* Symposium review: Future of housing for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 6, p. 5759–5772, 2020.

GARFIELD, E. The history and meaning of the journal impact factor. **Journal of the American Medical Association**, 2006.

GAUGHAN, J. B. *et al.* Effects of chronic heat stress on plasma concentration of secreted heat shock protein 70 in growing feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 1, p. 120–129, 2013.

GHIZZI, L. G. *et al.* Effects of functional oils on ruminal fermentation, rectal temperature, and performance of dairy cows under high temperature humidity index environment. **Animal Feed Science and Technology**, v. 246, n. April, p. 158–166, 2018.

HERZOG, A. *et al.* Environmental impacts of implementing basket fans for heat abatement in dairy farms. **Animal**, v. 15, n. 7, 2021.

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 46, p.

16569–16572, 2005.

HOU, Y. *et al.* Comparing responses of dairy cows to short-term and long-term heat stress in climate-controlled chambers. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 2, p. 2346–2356, 2021.

IPCC. Climate Change 2021 - The Physical Science Basis - Summary for Policemakers. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis.**, p. 1–40, 2021.

JANNI, K. A. *et al.* Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, n. 1, p. 97–102, 2007.

JL, B. *et al.* A review of measuring, assessing and mitigating heat stress in dairy cattle. **Biosystems Engineering**, v. 199, p. 4–26, 2020.

JO, J. H. *et al.* Characterization of short-term heat stress in holstein dairy cows using altered indicators of metabolomics, blood parameters, milk microrna-216 and characteristics. **Animals**, v. 11, n. 3, p. 1–20, 2021.

JOO, S. S. *et al.* Article changes in blood metabolites and immune cells in Holstein and Jersey dairy cows by heat stress. **Animals**, v. 11, n. 4, 2021.

JU, J. Cellular responses of oocytes and embryos under thermal stress: hints to molecular signaling. **Anim Reprod**, v. 2, n. 2, p. 79–90, 2005.

KADZERE, C. T. *et al.* Heat stress in lactating dairy cows: A review. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 1, p. 59–91, 2002.

KIM, S. H. *et al.* Heat Stress: Effects on Rumen Microbes and Host Physiology, and Strategies to Alleviate the Negative Impacts on Lactating Dairy Cows. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, n. February, p. 1–23, 2022.

KLAAS, I. C. *et al.* Cultivated barns for dairy cows. **Dansk Veterinærtidsskrift**, v. 93, n. 9, p. 20–29, 2010.



KOCH, F. *et al.* Jejunal mucosa proteomics unravel metabolic adaptive processes to mild chronic heat stress in dairy cows. **Scientific Reports**, 2021.

KUMAR, G. *et al.* Impact of thermal stress on milk production , composition and fatty acid profile in dairy cows : A review. **Journal of Entomology and Zoology Studies**. v. 8, n. 5, p. 1278–1283, 2020.

LACETERA, N. Impact of climate change on animal health and welfare. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 26–31, 2019.

LEES, A. M. *et al.* The impact of heat load on cattle. **Animals**, v. 9, n. 6, p. 1–20, 2019.

LESO, L. *et al.* A survey of Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 44, n. 3, p. 120–124, 2013.

LESO, L. *et al.* Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 2, p. 1072–1099, 2020.

LI, H. *et al.* Effect of seasonal thermal stress on oxidative status, immune response and stress hormones of lactating dairy cows. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 216–223, 2021.

LI, J. *et al.* Conceptualizing the Contextual Dynamics of Safety Climate and Safety Culture Research: A Comparative Scientometric Analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 2, 2022.

LI, J.; GOERLANDT, F.; RENIERS, G. An overview of scientometric mapping for the safety science community: Methods, tools, and framework. **Safety Science**, v. 134, n. November 2020, p. 105093, 2021.

LIM, D. H. *et al.* Evaluation of heat stress responses in Holstein and Jersey cows by analyzing physiological characteristics and milk production in Korea. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 63, n. 4, p. 872–883, 2021.

LIN, H. *et al.* A scientometric analysis and visualization of global research on brownfields.

**Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 17, p. 17666–17684, 2019.

LIU, J. *et al.* Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: A novel idea for monitoring and evaluation of heat stress — A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 9, p. 1332–1339, 2019.

LIU, W. B. *et al.* Effect of seasonal changes on fertility parameters of Holstein dairy cows in subtropical climate of Taiwan. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 6, p. 820–826, 2018.

LIVERNOIS, A. M. *et al.* Heat stress and immune response phenotype affect DNA methylation in blood mononuclear cells from Holstein dairy cows. **Scientific Reports**, 2021.

LORD, E. *et al.* Using the stability of objects to determine the number of clusters in datasets. **Information Sciences**, v. 393, p. 29–46, 2017.

LOVARELLI, D. *et al.* Assessing the effect of barns structures and environmental conditions in dairy cattle farms monitored in Northern Italy. **Journal of Agricultural Engineering**. 2021.

LOVARELLI, D. *et al.* A survey of dairy cattle behavior in different barns in northern Italy. **Animals**, v. 10, n. 4, p. 1–16, 2020.

LOVMAR, L. *et al.* Silhouette scores for assessment of SNP genotype clusters. **BioMed Central**, 2005.

MANZOOR, A. *et al.* Mitigating winter vagaries in dairy animals: A review. **International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry**, v. 4, n. January, p. 01–05, 2019.

MARUMO, J. L. *et al.* Influence of environmental factors and parity on milk yield dynamics in barn-housed dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, 2021.

MAZOV, N. A.; GUREEV, V. N.; GLINSKIKH, V. N. The Methodological Basis of Defining Research Trends and Fronts. **Scientific and Technical Information Processing**, v.

47, n. 4, p. 221–231, 2020.

MCDONALD, P. V.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. Hot weather increases competition between dairy cows at the drinker. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 4, p. 3447–3458, 2020.

MENESES, J. A. M. et al. Effect of heat stress on ingestive, digestive, ruminal and physiological parameters of Nellore cattle feeding low- or high-energy diets. **Livestock Science**, v. 252, 2021.

MIN, L. *et al.* Effects of heat stress on serum insulin, adipokines, AMP-activated protein kinase, and heat shock signal molecules in dairy cows. **Journal of Zhejiang University: Science B**, v. 16, n. 6, p. 541–548, 2015.

MINGERS, J.; LEYDESDORFF, L. A Review of Theory and Practice in Scientometrics. **Curr Rev Musculoskeletal Med**, 2015.

MISHRA, S. R. Behavioural, physiological, neuro-endocrine and molecular responses of cattle against heat stress: an updated review. **Tropical Animal Health and Production**, 2021.

MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **PLoS Medicine**, v. 6, n. 7, 2009.

MONDACA, M. R. Ventilation Systems for Adult Dairy Cattle. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 35, n. 1, p. 139–156, 2019.

MORIGNAT, E. *et al.* Assessment of the impact of the 2003 and 2006 heat waves on cattle mortality in France. **PLoS ONE**, v. 9, n. 3, 2014.

MOTA-ROJAS, D. *et al.* Physiological and behavioral mechanisms of thermoregulation in mammals. **Animals**, v. 11, n. 6, 2021.

MYLOSTYVA, D. *et al.* Biochemical changes during heat stress in productive animals with

an emphasis on the antioxidant defense system. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 10, n. 1, 2022.

NASCEU, H. *et al.* Modelling THI effects on milk production and lactation curve parameters of Holstein dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, 2021.

NASR, M. A. F.; EL-TARABANY, M. S. Impact of three THI levels on somatic cell count, milk yield and composition of multiparous Holstein cows in a subtropical region. **Journal of Thermal Biology**, v. 64, n. June 2016, p. 73–77, 2017.

ODORE, R. *et al.* Effects of Compost-Bedded Pack Barn on Circulating Cortisol and Beta-Endorphins in Dairy Cows : A Case Study. **Animals**. p. 1–11, 2021.

OLIVEIRA, C. E. A. *et al.* Assessment of spatial variability of bedding variables in compost bedded pack barns with climate control system. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 93, n. 3, p. 1–14, 2021.

OLIVEIRA, V. C. *et al.* Compost-bedded pack barns in the state of Minas Gerais: Architectural and technological characterization. **Agronomy Research**, v. 17, n. 5, p. 2016–2028, 2019.

OUELLET, V. *et al.* The relationship between the number of consecutive days with heat stress and milk production of Holstein dairy cows raised in a humid continental climate. **Journal of Dairy Science**, 2019.

PAKARI, A.; GHANI, S. Comparison of different mechanical ventilation systems for dairy cow barns: CFD simulations and field measurements. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 186, p. 106207, 1 Jul. 2021.

PEREIRA, A. M. F.; TTITTO, E. A. L.; ALMEIDA, J. A. A. DE. Adaptação dos Ruminantes aos Climas Quentes. **Capítulo 1: Influência do Estresse Térmico na Fisiologia e Produtividade dos Animais**. 2019.

PILATTI, J. A. *et al.* Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a

compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animal**, v. 13, n. 2, p. 399–406, 2019.

PILATTI, J. A. *et al.* Behaviour, hygiene, and lameness of dairy cows in a com-post barn during cold seasons in a subtropical climate. **Annals of Animal Science**, v. 21, n. 4, p. 1555–1569, 2021.

PINTO, S. *et al.* Critical THI thresholds based on the physiological parameters of lactating dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 88, n. September 2019, p. 102523, 2020.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 8645–8657, 2017.

RADAVELLI, W. M. *et al.* Compost barns in Brazilian Subtropical region (Part 1): facility, barn management and herd characteristics Compost. **Research, Society and Development**, v. 2020, n. Parte 1, p. 5–24, 2020.

RAMÓN-MORAGUES, A. *et al.* Dairy cows activity under heat stress: A case study in Spain. **Animals**, v. 11, n. 8, 2021.

ROUSSEEUW, P. J. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 20, n. C, p. 53–65, 1987.

SAMMAD, A. *et al.* Nutritional physiology and biochemistry of dairy cattle under the influence of heat stress: Consequences and opportunities. **Animals**, v. 10, n. 5, p. 1–20, 2020.

SANTANA, M. L. *et al.* Random regression models to account for the effect of genotype by environment interaction due to heat stress on the milk yield of Holstein cows under tropical conditions. **Animal Genetics**, v. 57, p. 119–127, 2016.

SANTANA, M. L. *et al.* Genetics of heat tolerance for milk yield and quality in Holsteins. **Animal**, v. 11, n. 1, p. 4–14, 2017.

SANTUNIONE, G.; LIBBRA, A.; MUSCIO, A. Cool roofs with high solar reflectance for the welfare of dairy farming animals. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 796, n. 1, p.

0–10, 2017.

SARTORI, R. *et al.* Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 4, p. 905–920, 2004.

SHI, R. *et al.* Genetic parameters of hair cortisol as an indicator of chronic stress under different environments in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 6, p. 6985–6999, 2021.

RHOADS, R. P. *et al.* Nutritional Interventions to Alleviate the Negative Consequences of Heat Stress. **American Society for Nutrition.**, 2013.

SHU, H. *et al.* Recent advances on early detection of heat strain in dairy cows using animal-based indicators: A review. **Animals**, 2021.

SHU, H. *et al.* Evaluation of environmental and physiological indicators in lactating dairy cows exposed to heat stress. **International Journal of Biometeorology**, 2022.

SKIBIEL, A. L. *et al.* Carry-over effects of dry period heat stress on the mammary gland proteome and phosphoproteome in the subsequent lactation of dairy cows. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 2022.

SORDILLO, L. M.; AITKEN, S. L. Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 128, n. 1–3, p. 104–109, 2009.

SPIERS, D. E. *et al.* Strategic application of convective cooling to maximize the thermal gradient and reduce heat stress response in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 2018.

STAMPERNA, K. *et al.* Heat shock protein 70 improves in vitro embryo yield and quality from heat stressed bovine oocytes. **Animals**, 2021.

SUMMER, A. *et al.* Impact of heat stress on milk and meat production. **Animal Frontiers**, v.

9, n. 1, p. 39–46, 2019.

TAO, S. *et al.* Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 6, p. 5642–5654, 2018.

THORNTON, P. *et al.* Impacts of heat stress on global cattle production during the 21st century: a modelling study. **The Lancet Planetary Health**, v. 6, n. 3, p. 192–201, 2022.

TOMASELLO, N. *et al.* Improving natural ventilation in renovated free-stall barns for dairy cows: Optimized building solutions by using a validated computational fluid dynamics model. **Journal of Agricultural Engineering**, 2021.

TUCKER, C. B. *et al.* Invited review: Lying time and the welfare of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 2021.

TULLO, E. *et al.* Effects of Climatic Conditions on the Lying Behavior of a Group of Primiparous Dairy Cows. **Animals**, v. 9, 2019.

VIEIRA, F. M. C. *et al.* Spatio-thermal variability and behaviour as bio-thermal indicators of heat stress in dairy cows in a compost barn: A case study. **Animals**, v. 11, n. 5, 2021.

VITALI, A. *et al.* The effect of heat waves on dairy cow mortality. **Journal of Dairy Science**, 2015.

WANKAR, A. K.; RINDHE, S. N.; DOIJAD, N. S. Heat stress in dairy animals and current milk production trends, economics, and future perspectives: the global scenario. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, 2021.

WELLER, J. I.; EZRA, E.; GERSHONI, M. Broad phenotypic impact of the effects of transgenerational heat stress in dairy cattle: a study of four consecutive generations. **Genetics Selection Evolution**, v. 53, n. 1, p. 1–12, 2021.

WEST, J. W. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2131–2144, 2003.

WEST, J. W.; MULLINIX, B. G.; BERNARD, J. K. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 232–242, 2003.

WOLFENSON, D.; ROTH, Z. Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 32–38, 2019.

YAMEOGO, B. *et al.* Analysis of environmental conditions and management in a compost-bedded pack barn with tunnel ventilation. **Agronomy Research**, v. 19, n. Special Issue 2, p. 1195–1204, 2021.

YÁÑIZ, J. L. *et al.* Dynamics of heat shock protein 70 concentrations in peripheral blood lymphocyte lysates during pregnancy in lactating Holstein-Friesian cows. **Theriogenology**, v. 72, n. 8, p. 1041–1046, 2009.

YU, M.-F. *et al.* settings Open Access Article Dihydropyridine Enhances the Antioxidant Capacities of Lactating Dairy Cows under Heat Stress Condition. **ANIMALS**, 2020.

ZHAO, X. A scientometric review of global BIM research: Analysis and visualization. **Automation in Construction journal**, v. 80, p. 37–47, 2017.



## **CAPÍTULO II**

### **EFEITO DO ESTRESSE TÉRMICO SOBRE OS COMPORTAMENTOS DAS VACAS EM LACTAÇÃO ALOJADAS EM *COMPOST BARN*: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

## **EFEITO DO ESTRESSE TÉRMICO SOBRE OS COMPORTAMENTOS DAS VACAS EM LACTAÇÃO ALOJADAS EM *COMPOST BARN*: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Karen Dal Magro Frigeri

### **RESUMO**

Foi realizada uma revisão sistemática para avaliar o efeito do estresse térmico no comportamento de vacas leiteiras em lactação alojadas em sistema de *compost barn*. Trabalhos científicos abordando o impacto do efeito do estresse térmico no comportamento em vacas leiteiras foram identificados através de uma busca em 2 banco de dados (*Web of Science* e *Scopus*) no período de 2000 a 2022. Artigos publicados e revisados por pares, escrito em inglês, avaliando o efeito do estresse térmico no comportamento de vacas em lactação em *compost barn*, foram elegíveis para inclusão. Os artigos passaram por um processo de avaliação de 4 etapas. Esse processo resultou em uma amostra final de 6 artigos que abordaram o comportamento das vacas em lactação. O presente estudo relatou que o índice de temperatura e umidade prevaleceu entre os estudos para avaliar o conforto térmico. Entre os comportamentos, o estresse térmico interferiu na redução do evento de alimentação e do tempo de repouso deitada das vacas em lactação. Houve também aumento nos eventos de visita ao bebedouro, número de passos, comportamentos agonísticos e dispneia. Poucos estudos avaliaram o efeito do estresse térmico no comportamento de vacas leiteiras em lactação em *compost barn*. Concluímos que o efeito do estresse térmico interferiu no comportamento de vacas em lactação em *compost barn*.

**Palavras-chave:** Sistema confinado, Etologia aplicada ao índice de temperatura-humidade, Conforto térmico, Sistema zero de pastagem

## **EFFECT OF HEAT STRESS ON BEHAVIORS OF LACTATING COWS HOUSED IN COMPOST BARN: A SYSTEMATIC REVIEW**

Karen Dal Magro Frigeri

### **ABSTRACT**

Here we performed a systematic review to assess the thermal stress of lactating cows housed in compost-bedded pack barns. Scientific papers that discussed the impact of thermal stress on the behaviour of dairy cows were identified through a systematic search in two datasets (Web of Science and Scopus) between 2000 and 2022. Published, peer-reviewed articles written in English evaluating the effect of heat stress on the behaviour of lactating cows in compost barns were eligible for inclusion. The papers went through a four-step evaluation process. This process resulted in a final sample of six articles that addressed the behaviour of lactating cows. The present study reported that the temperature and humidity index prevailed among the studies to evaluate thermal comfort. Regarding the behaviour, heat stress interfered with reducing feeding events and lying down time of lactating cows. There was an increase in the events of visiting the trough, number of steps, agonistic behaviour, and dyspnea. Few studies have evaluated the effect of heat stress on the behaviour of lactating dairy cows in compost barns. We conclude that heat stress interfered with the behaviour of lactating dairy cows in compost barn.

**Keywords:** Confined system, Temperature-humidity-index applied ethology, Thermal comfort, Zero-grazing system

## 1. INTRODUÇÃO

O estresse por calor está entre os principais desafios para os sistemas de produção de leite nos próximos anos (GAULY; AMMER, 2020; PASQUI; DI GIUSEPPE, 2019; SHAHZAD *et al.*, 2021). Períodos prolongados de clima excessivamente quente, como as ondas de calor (CALCIOLARI; NOVIKOVA; ROCCHI, 2021; WANKAR; RINDHE; DOIJAD, 2021) devem aumentar em frequência (quatro ou mais eventos ao ano), intensidade (temperatura superior a 30 °C) e duração (seis ou mais dias) (BENISTON *et al.*, 2007; BERNABUCCI, 2019). A identificação e a análise desses fenômenos climáticos são extremamente necessárias para a sustentabilidade da pecuária leiteira. De fato, o estresse térmico tornou-se um grande desafio enfrentado pelos produtores de leite.

As vacas em lactação ao serem expostas a condições ambientais desafiadoras ao estresse térmico por calor elevam a temperatura corporal (temperatura superior a 39 °C), estimulando os receptores periféricos a transmitirem impulsos nervosos para o hipotálamo liberar estímulos de ativação dos mecanismos fisiológicos para o controle da termólise (MOTA-ROJAS *et al.*, 2021a). Esses mecanismos promovem a dissipação de calor por meio da condução, convecção, radiação e evaporação (MOTA-ROJAS *et al.*, 2021d). Entretanto, a medida que a temperatura corporal excede o gradiente térmico das vacas, aumenta-se o gasto da energia líquida que seria usada para a produção, para o equilíbrio do organismo das vacas em lactação (RHOADS *et al.*, 2009). Além das perdas produtivas, outros efeitos negativos associados ao estresse térmico incluem a diminuição da fertilidade (KASIMANICKAM; KASIMANICKAM, 2021), sanidade (Joo *et al.*, 2021), bem-estar (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017) e o comportamento das vacas leiteiras (CORAZZIN *et al.*, 2021).

As preocupações com o conforto térmico dos animais expandiram nos últimos 25 anos entre os países de clima temperado e tropical (BERNABUCCI, 2019; LIU *et al.*, 2017), uma vez que a carga térmica de calor continuará sendo um dos principais problemas nos sistemas produtivos, independente da localização geográfica. Assim, avaliar os efeitos das condições térmicas das instalações para bovinos leiteiros é necessário (MARUMO *et al.*, 2021). A estrutura do alojamento tem o potencial de reduzir ou aumentar as condições climáticas internas (DE MASI *et al.*, 2021; FIRFIRIS; MARTZOPOULOU; KOTSOPOULOS, 2019) e consequentemente, o ambiente sendo melhor ou pior induz alterações comportamentais das vacas leiteiras. Em resumo, o comportamento das vacas é expresso em valores que refletem no tempo de suas atividades. Em condição de conforto, as vacas deitam em média de 10 a 12 horas/dia e a redução desse comportamento pode estar relacionado a problemas no bem-estar

(TUCKER *et al.*, 2021), claudicação (THOMPSON *et al.*, 2019) e metrite (NEAVE *et al.*, 2018). No entanto, vacas em estresse por calor diminuem o consumo de matéria seca (aproximadamente 50%; HERBUT *et al.*, 2021), tendem a reduzir o tempo descanso deitada (LELIVELD *et al.*, 2022) e por consequência aumentam a probabilidade de ficarem em pé (ALLEN *et al.*, 2015). Essa mudança de postura pode estar relacionada no auxílio da dissipação de calor corporal (GEBREMEDHIN; WU, 2016).

O comportamento, bem-estar e o conforto geral das vacas podem ser melhorados a partir do monitoramento das variáveis ambientais e das condições térmica do ambiente em que elas estão inseridas. No entanto, a influência das variáveis ambientais nos comportamentos de vacas em lactação alojadas em *compost barn* têm sido explorados em poucos estudos. Até onde sabemos, nenhuma revisão sistemática foi realizada para avaliar a influência do estresse térmico no comportamento das vacas em lactação em *compost barn*. Portanto, o objetivo desta revisão sistemática foi identificar a influência do estresse térmico registrados nos alojamentos do modelo *compost barn* nas respostas comportamentais em vacas leiteiras em lactação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

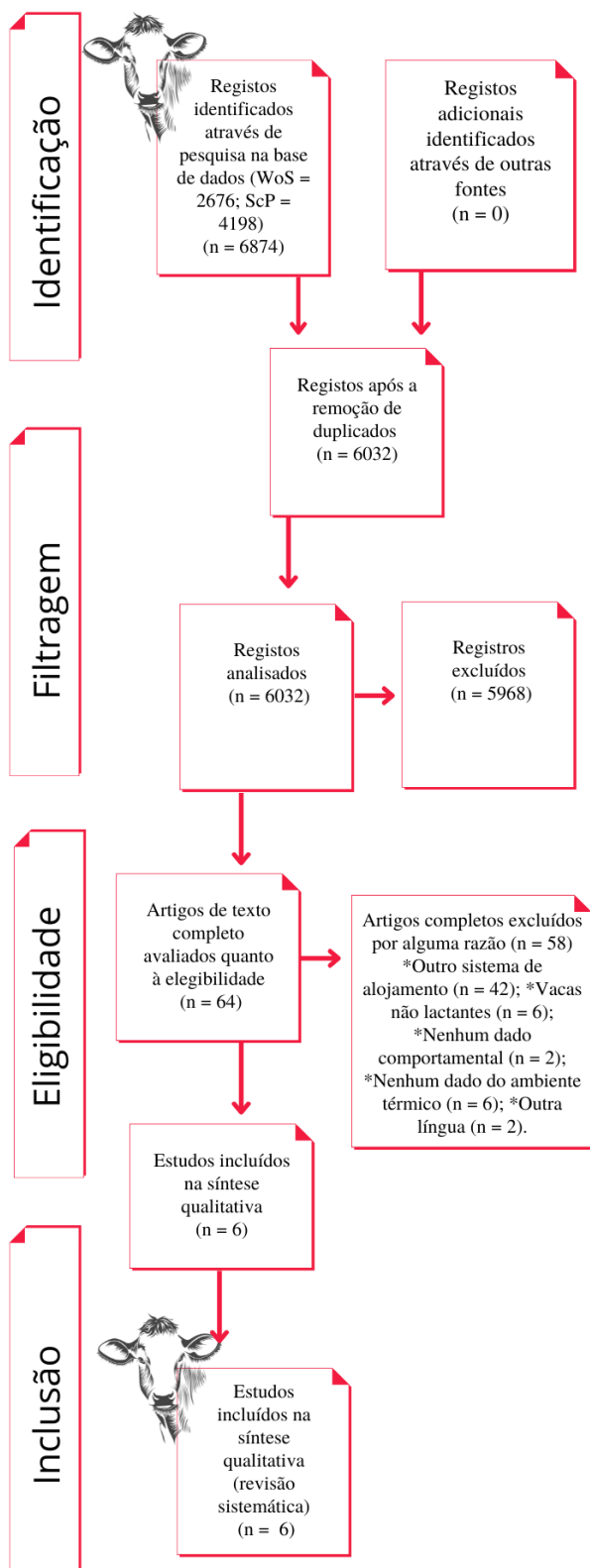
### 2.1 Estratégia de pesquisa de literatura

Essa revisão sistemática seguiu as diretrizes padrão do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA; MOHER *et al.*, 2009). As buscas sistemáticas foram realizadas nas bases de dados *Web of Science* (WoS) e *Scopus* (ScP) com a integração dos operadores booleanos (exemplo, *AND*, *OR*, *NOT*) para juntar palavras ou frases e as aspas para definição dos termos compostos. Os termos utilizados na busca foram: (*cattle OR cow OR dairy OR "dairy cow" OR "dairy cattle"*) *AND* (*climate OR heat OR "heat stress" OR temperature OR "relative humidity" OR "temperature-humidity index" OR "temperature humidity index" OR THI OR "compost-bedded pack barn" OR "compost barn"*) *AND* (*behavior OR behaviour OR "lying rest" OR feeding OR "standing rest" OR walking OR "water intake"*).

## 2.2 Critérios de elegibilidade

Foram selecionados os estudos que relacionavam o efeito do estresse térmico em vacas em lactação em sistema de alojamento do modelo *compost barn*. Os critérios de inclusão e exclusão foram determinados a priori. A pesquisa no WoS retornou 2.676 resultados, enquanto a pesquisa no ScP retornou 4.198 resultados. Todos os resultados (n = 6.874) foram incluídos no *software Mendeley*<sup>®</sup>. Os resultados foram pesquisados automaticamente por duplicatas usando *Mendeley*<sup>®</sup>, todas as duplicatas foram excluídas e os estudos restantes foram selecionados com base em um processo de triagem e avaliação em quatro etapas (Figura 11). Etapa 1: Estudos escritos em uma língua diferente do inglês, publicados antes do ano 2000 (exemplo, os estudos com *compost barn* começaram a ser publicados após o ano de 2000) e estudos incluindo artigos de revisão, teses, dissertações, capítulo de livro e documentos de conferências foram retirados (existem dúvidas sobre a avaliação por pares destes documentos). Os estudos restantes foram avaliados para filtrar resultados irrelevantes (exemplo, animais que não fossem vacas em lactação). Etapa 2: Os títulos e resumos foram avaliados para identificar e remover estudos que não utilizaram vacas em lactação (por exemplo, estudos que tratavam de vacas secas e novilhas), sistema *compost barn* (por exemplo, estudos que tratavam de vacas em sistema *free stall*, *tie stall*, *loose housing*) e estresse térmico por calor (por exemplo, estudos que tratavam de estresse térmico por frio). Etapa 3: Os estudos restantes foram analisados e identificados a partir dos títulos e dos resumos. Os estudos que avaliaram o comportamento das vacas em lactação em sistema *compost barn* foram selecionados para serem avaliados na etapa 4. Os demais estudos foram excluídos. Etapa 4: Finalmente, os estudos completos foram lidos em detalhes. Os estudos que não abordaram o estresse térmico no comportamento de vacas em lactação em sistema *compost barn* foram excluídos. Os estudos restantes (n= 6) foram incluídos para a revisão sistemática.

**Figura 11 - Itens Preferidos para as Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA; Moher et al., 2009), fluxograma descrevendo o número de registos identificados e o processo de exclusão para a revisão sistemática**



Fonte: Autoria própria (2022)

## 2.3 Extração e manipulação dos dados

Uma planilha no Microsoft Excel foi construída a partir das informações extraídas: identificação do estudo, autor, ano de publicação, revista de publicação, país, região, *Köppen*, número de fazendas, número de animais, raça, paridade, indicador de estresse térmico, método de verificação comportamental, tipos de comportamentos avaliados, sistema de ventilação e resultados.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Visão geral dos estudos incluídos

A pesquisa inicial na base de dados recuperou 6.874 artigos de pesquisa (Figura 11). Após a remoção de artigos duplicados, foram selecionados 6.032 títulos e resumos de artigos, dos quais 5.968 foram excluídos devido a não corresponderem aos nossos critérios de elegibilidade. Em sequência, 64 artigos foram revisados em detalhes, resultando na identificação de um total de 6 estudos.

Os estudos identificados e incluídos neste estudo foram publicados de 2007 a 2021 em dois diferentes países, como, Estados Unidos e o Brasil. Esses resultados corroboram com o estudo de Silva et al. (2022), na qual os Estados Unidos e o Brasil são os países mais influentes em estudos com *compost barn*. A Tabela 8 resume as principais características dos estudos, incluído o método utilizado para análise do comportamento, a fonte dos dados e os principais resultados.



Tabela 8 - Caracterização dos estudos incluídos para a revisão sistemática

Referência	País	Raça	N	GP	IET	MVC	SV	Resultados
Endres e Barberg, (2007)	Minnesota/EA	Holandês e outras raças (NI)	147	Nulíparas e Multíparas	ITU	Automático e Visual	NI	O aumento do ITU interferiu no descanso deitada das vacas leiteiras. As vacas ficaram deitadas 12,7 h/d, quando o ITU foi <72. Em contrapartida, quando o ITU foi $\geq 72$ as vacas ficaram 7,9 h/d deitadas. Além disso, as vacas aumentaram o número de passos a medida que ITU aumentava, passando de 71,6 passos/h com ITU <72 a 120,8 com ITU $\geq 72$ .
Vieira <i>et al.</i> (2021)	Paraná/BR	Holandês e Jersey	18	Nulíparas e Multíparas	ITU	Visual	Ventilação natural e artificial (ventiladores)	As vacas multíparas se alimentaram nas horas mais frias do dia (8h e às 20h), enquanto as nulíparas nos horários mais quentes (após às 9h até às ~15h). Além disso, as vacas multíparas apresentaram maior probabilidade de andar nos horários mais quentes do dia. Em contrapartida, as vacas multíparas apresentaram maior probabilidade de deitar em repouso nos horários mais quentes do dia na área da cama, em que havia maior fluxo de vento.
Pilatti <i>et al.</i> (2021)	Paraná/BR	Holandês e Jersey	10	Nulíparas e Multíparas	ITU	Visual	Ventilação natural e artificial (ventiladores)	As vacas nulíparas apresentaram maior probabilidade de caminhar entre às 09:20 (ITU máximo=78), 11:20 (ITU máximo=81) e 15:20h (ITU máximo=81). Bem como, nos horários mais quentes do dia, as nulíparas apresentaram maior visita aos bebedouros,

**(Continua)**

**(Continuação)**

Pilatti <i>et al.</i> , (2019)	Paraná/BR	Holandês e Jersey	12	Nulíparas e Multíparas	ITU	Visual	Ventilação natural e artificial (ventiladores)	o que não foi observado em vacas multíparas. As vacas multíparas apresentaram maiores probabilidade de comportamentos agonísticos (empurrar, bater e perseguir) e maior probabilidade de dispneia conforme a temperatura do ar aumentava. Nos horários mais quentes do dia (máximas até 35,9°C e ITU de 83 às 15:00 h) vacas multíparas apresentaram maior disputa por áreas ventiladas, mostrando comportamento de dominância. Por outro lado, os autores observaram também, maior probabilidade das vacas ruminarem em pé conforme a temperatura aumentava. Já o comportamento de repouso deitado foi maior entre às 09:20 h às 11:20 h, enquanto o comportamento alimentar apresentou maior probabilidade às 08:00 h.
Yameogo <i>et al.</i> (2021)	Minas Gerais/BR	Holandês-Jersey	85	Nulíparas e Multíparas	ITU	Visual-Câmeras	Túnel de vento	Vacas diminuíram o tempo deitadas a medida que o ITU aumentava. O comportamento em pé aumentou com o aumento do ITU. O comportamento alimentar foi afetado pelo ITU.
Peixoto <i>et al.</i> (2021)	Ceará/BR	NI	20	NI	Ta e UR	Visual	Ventilação natural e artificial (ventiladores)	O desconforto dos animais foi presenciado durante o período seco na região, refletindo em maiores mudanças comportamentais. As vacas ficaram mais tempo deitadas

**(Continua)**

**(Conclusão)**

em áreas em que o fluxo de ar era maior devido a ventilação artificial e a temperatura da cama menor.

Enquanto no período das chuvas, as vacas apresentaram maior tempo consumindo alimento e descansando deitadas.

---

N= número de vacas; GP= grupo de paridade; IET= indicador de estresse térmico; MVC: metodologia de verificação comportamental; SV= sistema de ventilação; ITU= índice de temperatura e umidade; NI= não informado; Ta= temperatura ambiental; UR= umidade relativa do ar; BR= Brasil; EUA= Estado Unidos.

**Fonte: Autoria própria (2022)**

### 3.2 Características dos rebanhos

As principais raças identificadas nos rebanhos foram Holandesa e Jersey (Tabela 8). Essas raças são prevalentes em sistemas de confinamento em virtude das suas produções (LESO *et al.*, 2020). Em um estudo realizado em seis fazendas que utilizam o sistema *Compost barn* na Europa, Emanuelson *et al.* (2022) observaram a predominância da raça Holandesa entre as fazendas. No entanto, diversos estudos reportam o uso de diferentes raças de bovinos leiteiros em confinamentos do modelo *compost barn* (BLACK *et al.*, 2013; HEINS *et al.*, 2019; KAPPES *et al.*, 2020; MACHADO *et al.*, 2021; NOGARA *et al.*, 2021; SJOSTROM *et al.*, 2019; WAGNER *et al.*, 2021). O tamanho médio dos rebanhos (67 vacas) foi similar aos encontrados na Itália (58,8 vacas) (LESO *et al.*, 2013) e o número máximo de animais (177 vacas) foram similares ao encontrados em Kentucky (178 vacas) (ECKELKAMP *et al.*, 2016) e no Brasil (180 vacas) (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

### 3.3 Indicadores de estresse térmico

O principal indicador de conforto térmico utilizado nos estudos (n=5) foi o índice de temperatura e umidade (ITU). Apenas um estudo utilizou a temperatura do ar como indicador de estresse térmico. As metodologias utilizadas pelos estudos para avaliar o ITU estão descritas na Tabela 9. O ITU surgiu em 1959 para avaliar o desconforto térmico em humanos (THOM, 1959). Este conceito, posteriormente foi estendido para animais de fazenda, e desde então, vários pesquisadores consideram o ITU como um método comum de avaliação do estresse térmico em vacas leiteiras (NASCEU *et al.*, 2021; PINTO *et al.*, 2020). Embora o ITU seja o indicador de conforto térmico mais comum utilizado, pois considera temperatura ambiental e a umidade relativa, que são facilmente adquiridas, os impasses desse índice é justamente considerar somente isso. Yan *et al.* (2020) ao investigaram nove índices térmicos relacionados a vacas leiteiras, incluído ITU, índice de temperatura do globo negro, índice de temperatura equivalente, temperatura efetiva para vacas leiteiras, preditor de frequência respiratória, temperatura-umidade ajustada, índice de carga de calor, índice climático abrangente e índice de temperatura equivalente para bovinos. Os autores concluíram que nem todos os índices térmicos podem preverem com precisão o estresse térmico em vacas leiteiras

em lactação alojadas em confinamento. Além disso, os autores identificaram que o ITU, índice de temperatura do globo negro, temperatura-umidade ajustada, índice climático abrangente e índice de temperatura equivalente para bovinos estavam mais próximo das condições reais de estresse térmico durante o período experimental (YAN *et al.*, 2020). Em outro estudo, Wang *et al.* (2018) ao revisarem 16 índices de estresse térmico para vacas leiteiras, os autores concluíram que houve variação significativa dadas as diferentes raças, possibilidade de acesso à sombra, ao sistema de resfriamento, as respostas fisiológicas das vacas leiteiras e as diferentes variáveis climáticas. Os autores reportaram também, que são necessários escolher cuidadosamente os índices de estresse térmico para diferentes contextos de produção. Entre os 16 índices observados, eles identificaram que o índice de temperatura do globo e umidade, índice global do clima, índice de frequência respiratória e o índice de temperatura e umidade ajustado apresentaram os melhores desempenhos entre os estudos (WANG *et al.*, 2018). No entanto, vale ressaltar que as diferentes condições climáticas implicam no uso de diferentes ITU. Assim, em climas úmidos, índices com maiores pesos de umidade são mais adequados, enquanto em climas semiáridos, índices com maior ênfase na temperatura ambiente são mais recomendados (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007). O ITU é um indicador geral e indireto que não considera as vacas individuais. Assim, seus resultados podem ser inadequados para atender as necessidades da pecuária (FOROUSHANI; AMON, 2022). Dessa forma, utilizar parâmetros fisiológicos além do ITU para investigar se as vacas estão sofrendo de estresse térmico é mais coerente. Isto porque, existem diferenças entre as raças das vacas leiteiras, bem como a idade e a produção de leite, além da localização geográfica do galpão e os tipos de alojamentos, dificultando assim, nas análises conclusivas e nas comparações futuras (HOFFMANN *et al.*, 2019).

**Tabela 9 - Modelos de ITU propostos nos estudos para cálculos de conforto térmico em vacas leiteiras em lactação**

<b>Referência</b>	<b>Modelos THI</b>	<b>Indicadores</b>
West; Mullinix; Bernard, (2003)	$THI = td - (0,55 - 0,55 RH)(td - 58)$	Não informado
Hahn, (1999)	$THI = Ta + (0,36 \times Tdp) + 41,5$	Normal 74, alerta 75-78, perigo 79-83, emergência 84
Mader; Davis; Brown-Brandl, (2006)	$THI = (0,8 \times Tdb) + [(RH/100) \times (Tdb - 14,3)] + 46,4$	Normal 69, alerta 70-74, perigo 75-79, emergência 80-84

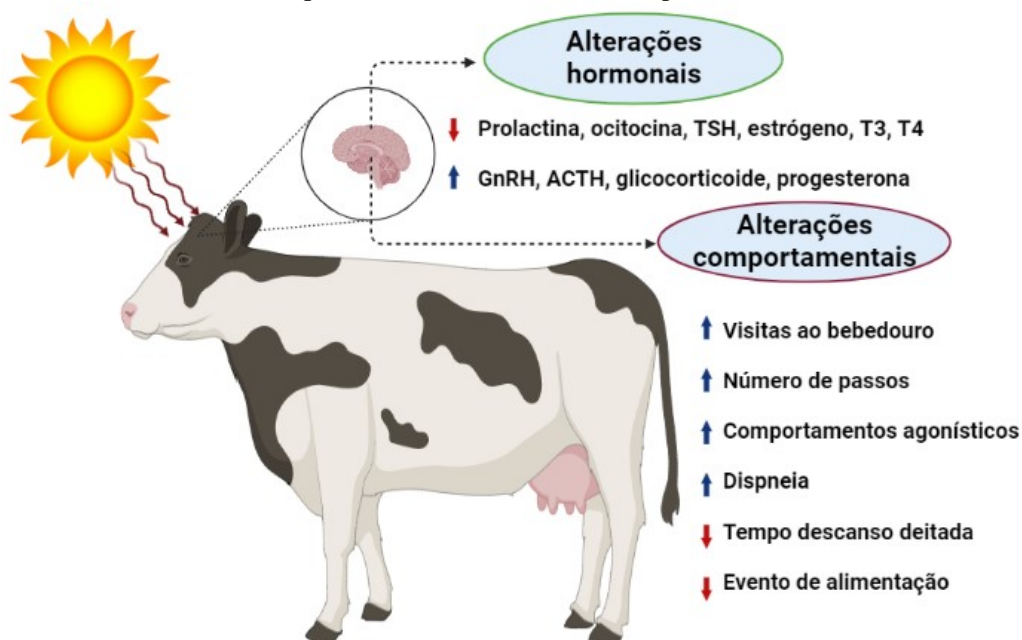
THI= índice de temperatura e umidade; RH= umidade relativa do ar; Ta= temperatura ambiental; td;Tdp= temperatura do ponto de orvalho; Tdb= temperatura de bulbo seco

**Fonte: Aatoria própria (2022)**

### 3.4 Comportamentos

O comportamento animal é influenciado por diversos fatores, entre eles, o estresse térmico por calor (BECKER; STONE, 2020). As principais mudanças comportamentais observadas em vacas em estresse por calor em nosso estudo foram a redução do evento de alimentação e do tempo de repouso deitada das vacas em lactação. Além disso, foram observados aumento nos eventos de visita ao bebedouro, número de passos, comportamentos agonísticos e dispneia (Figura 12).

**Figura 12 - Principais achados sobre comportamento de vacas em lactação em sistema de confinamento *Compost barn* nos estudos incluídos para a revisão sistemática**



Fonte: Autoria própria (2022)

Dos seis estudos incluídos, quatro relataram diminuição nos eventos de alimentação. No entanto, entre os estudos avaliados, nenhum estudo relatou se houve redução no consumo de matéria seca (CMS) e nas perdas produtivas dos animais. No entanto, o aumento da temperatura do ar atua negativamente no centro de apetite do hipotálamo reduzindo o CMS pelas vacas leiteiras (BAILE; FORBES, 1974). A redução no CMS pelas vacas em lactação inicia com a temperatura do ar entre 25 °C e 26 °C (RHOADS *et al.*, 2013). A ingestão de alimentos pelas vacas resulta na produção de calor metabólico produzido durante o processo

de ruminação e da digestão dos alimentos. Esses processos metabólicos resultam no aumento da temperatura corporal das vacas em lactação (LIU *et al.*, 2019).

A redução no CMS por vacas em estresse por calor é observada após dois dias da exposição ao estresse térmico (WEST; MULLINIX; BERNARD, 2003). A exposição ao estresse térmico reduz o CMS entre 28 e 34% (KOCH *et al.*, 2021) podendo chegar até 40% quando a temperatura do ar for superior a 40 °C (RHOADS *et al.*, 2013). Nesse contexto, seria interessante analisar a carga de calor cumulativa nas respostas ao animal longo de vários dias consecutivos. Um estudo de Heinicke *et al.* (2018) determinaram um limiar de carga de calor (ITU igual a 67) que levou a mudanças em diferentes características de atividade em vacas de alto rendimento durante a lactação. Além disso, este estudo demonstrou que a duração da carga de calor e o acúmulo da carga de calor devem ser considerados para avaliar a carga de calor nas vacas em lactação. As vacas em lactação demonstram um atraso de tempo em sua resposta ao estresse térmico (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017), e, segundo Heinicke *et al.* (2019), a média de tempo foi explicada ao longo de 3 dias. Assim, a duração da carga de calor diário pode auxiliar na avaliação do tempo em que uma vaca em lactação precisa para se recuperar do estresse térmico por calor (HEINICKE *et al.*, 2018).

Em vacas de alta produção (produção maior que 30 kg/dia), os comportamentos são alterados com ITU superior a 68 (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007). Em um estudo recente, Corazzin *et al.* (2021) observaram que o estresse térmico moderado (ITU igual a 73) alterou o comportamento alimentar das vacas em lactação alojadas em *tie-stall*. Entre as alterações comportamentais, foram observados diminuição da ruminação e no bolo alimentar. A diminuição da ruminação afeta a saúde do rúmen, produção de saliva e o CMS das vacas em lactação (NARDONE *et al.*, 2010; SORIANI; PANELLA; CALAMARI, 2013). A redução no CMS pelas vacas em lactação limita a quantidade de nutrientes para a glândula mamária (GM). A redução de nutrientes na GM em virtude do estresse térmico pode reduzir a produção de leite entre 25% (TAO *et al.*, 2018) a 40% (WEST, 2003). Garcia *et al.* (2015) ao analisarem a produção de leite em vacas leiteiras em condições de conforto térmico e de ET, os autores observaram redução de 21% na produção de leite em vacas sob condições de ET (ITU = 59 – 25,2 kg/vaca/dia; ITU = 83-90 – 20,8 kg/vaca/dia). Além disso, em um estudo realizado ao longo de 10 anos (de 2008 a 2018) em dois países dos EUA (Haia e Flórida) foram observados, que vacas secas sob condições de estresse térmico tiveram redução na produção de leite em 21% durante a lactação subsequente (LAPORTA *et al.*, 2020).

O estresse por calor interfere também no tempo de descanso dos animais. As vacas leiteiras deitam em média de 10 a 12 horas por dia (TUCKER *et al.*, 2021). Neste mesmo



período de tempo, 3 a 4 horas correspondem ao tempo em que as vacas passam dormindo em períodos médios de 3 a 5 minutos (TERNMAN *et al.*, 2012). Endres e Barberg (2007) observaram pela primeira vez o comportamento de vacas leiteiras alojadas em *compost barn*. Os autores observaram um tempo médio total de descanso de 12,7 horas/dia quando ITU foi menor que 72. Quando o ITU foi maior 72 as vacas ficaram 7,9 horas/dia deitadas. Em outro estudo, o tempo médio diário de descanso em vacas alojadas em sistema *free-stall* variou de 6,6 a 14 horas/dia. No entanto, a medida que o ITU aumentou (ITU acima de 70) o tempo de descanso deitada das vacas em lactação diminuiu (TULLO *et al.*, 2019). Conseqüentemente, a redução no tempo de descanso deitada, pode resultar em problemas produtivos (DAS *et al.*, 2016) e de bem-estar (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017).

Vacas sobre condições de estresse térmico alteram sua postura, ou seja, reduzem o tempo de descanso deitada e por consequência aumentam a probabilidade de ficarem em pé. Assim, as vacas passam a procurar locais mais frescos no confinamento, como o corredor de alimentação que geralmente apresenta um sistema de resfriamento (YAMEOGO *et al.*, 2021). Essa mudança na postura na vaca em lactação reduz a absorção de calor por meio da radiação de ondas longas decorrentes da cama, facilitando a circulação de ar mais fresco e auxiliando na dissipação do calor por meio da convecção. No entanto, o aumento do tempo em pé interfere na longevidade das vacas em lactação. Vacas expostas em estresse térmico apresentaram aumento de 18,6% em problemas de casco (MUDROŇ, 2022), o aumento nas doenças de cascos pode estar relacionado a claudicação (HERBUT; ANGRECKA, 2018) e lesões de jarrete (VAN OS *et al.*, 2019).

A medida em que ambiente térmico fica mais desafiador tem-se um aumento no número de passos pelas vacas em lactação (PILATTI *et al.*, 2021). Esse comportamento em sistema confinados pode estar ligado por áreas ventiladas (VIEIRA *et al.*, 2021) e pela procura por água (DANELUS, 2020; RÖSLER, 2021). Em regiões quentes, o consumo de água pelas vacas em lactação pode aumentar entre 10 a 20% durante o verão (CORREA-CALDER *et al.*, 2022). A maior ingestão de água por bovinos em condições de estresse térmico atua nas necessidades hídricas para a termólise evaporativa e para a manutenção do organismo das vacas leiteiras (PEREIRA; TTITTO; ALMEIDA, 2019). McDonald *et al.* (2020), ao avaliarem vacas em lactação alojadas em *free-stall* observaram que a medida que aumentou o ITU (56,3 – 81,3) as vacas ingeriram mais água (112,7 kg/d), passaram mais tempo no bebedouro (54,0 min/dia), fizeram mais visitas ao bebedouro (31 visitas/dia) e participaram de eventos mais competitivos no bebedouro (172 competições/dia). Além disso, os autores observaram que as vacas mais produtivas apresentaram maior competição pelos

bebedouros. Isto pode ser explicado por dois motivos, primeiro, vacas de alta produção ingerem mais água em virtude da produção de leite. Assim, vacas em lactação que possui acesso ao bebedouro 24 horas/dia podem aumentar a produção de leite em até 10% (DAROS *et al.*, 2019) e, segundo pela dominância das múltiparas e pelos comportamentos agonísticos (empurrar, bater, perseguir) (PILATTI *et al.*, 2019).

Embora a água seja um recurso termorregulatório importante para as vacas, a procura por áreas ventiladas é mais frequente quanto maior for o desconforto térmico do animal. O sistema de ventilação no sistema de confinamento pode promover a dissipação do calor do animal para o ambiente, quando o ar for mais frio que a temperatura corporal da vaca. Dessa forma, a ventilação mecânica em sistema confinado pode ser eficaz na redução da temperatura corporal das vacas leiteiras (IZHBOLDINA *et al.*, 2020). No entanto, para equilibrar adequadamente a perda de calor corporal nas vacas, esse processo demora de 3 a 4 dias (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017). Vale ressaltar que nem sempre os alojamentos são suficientes em resfriar as vacas em condições climáticas quentes (LELIVELD *et al.*, 2022).

Um estudo realizado na Europa, Lovarelli *et al.* (2021) investigaram a relação entre as estruturas dos alojamentos e o microclima interno em oito confinamentos para vacas leiteiras e, observaram que as características dos galpões afetaram o microclima interno, principalmente durante o verão. Outro estudo procurou avaliar a variabilidade térmica em *compost barn* (VIEIRA *et al.*, 2021). Os autores identificaram que as vacas múltiparas se alocaram nas regiões mais ventiladas do alojamento, principalmente durante a tarde (nos horários mais quente). A heterogeneidade térmica em *compost barn* também foi verificada por Damasceno *et al.* (2019). Os autores identificaram situação de alerta em quase toda as regiões do alojamento (temperatura acima de 26 °C e umidade relativa em determinadas regiões superior a 65%). Recentemente, Oliveira *et al.* (2022) identificaram variabilidade espacial durante o inverno em *compost barn* no Brasil. Portanto, essas evidências destacam a importância de um sistema de ventilação apropriado durante o ano todo, com o objetivo de reduzir a variabilidade espacial dos alojamentos (LOVARELLI *et al.*, 2021).

### **3.5 Limitações do estudo e direções futuras**

O efeito do estresse térmico e o comportamento de vacas em lactação criadas em *compost barn* tem sido explorado em poucos estudos, assim, como a maior parte da pesquisa foi realizada no Brasil e Estados Unidos, alguns cuidados são necessários na extrapolação de nossos achados. Devido às diferentes metodologias utilizadas nos estudos para avaliar o

comportamento das vacas, não conseguimos realizar uma meta-análise e, portanto, não avaliamos a qualidade dos estudos, o que poderia influenciar nossos resultados. Excluimos anais de congressos (tanto artigos quanto resumos), bem como capítulos de livros, pois não podíamos ter certeza de que essas fontes tivessem sido revisadas por pares. Também excluimos a literatura em outros idiomas além do inglês, pois não conseguimos avaliar criticamente os métodos e avaliar os resultados. Assim, não podemos determinar em que medida essas exclusões afetaram as conclusões desta revisão.

Os futuros estudos (revisão e experimentos), em etologia sobre vacas leiteiras em lactação alojadas em *compost barn* devem considerar a porcentagem de redução no consumo de matéria seca, as perdas produtivas, a porcentagem de tempo em que as vacas permanecem em descanso, em pé, consumindo água, movimentando-se, bem como dos comportamentos agonísticos. No entanto, o comportamento de deitar deve ser avaliado com cautela, devido a sua relação com as respostas termorregulatórias, mas há poucos dados na literatura sobre isso para vacas em lactação (TUCKER *et al.*, 2021). Além disso, poucos dados são encontrados na literatura em relação as atividades e o comportamento das vacas leiteiras em condições de estresse térmico em sistema de confinamento (RAMÓN-MORAGUES *et al.*, 2021). A maioria dos estudos com alojamentos para vacas leiteiras em lactação são do modelo *free-stall*, *tie-stall* e *loose-housing* (JENSEN; TOLSTRUP, 2021). Poucos estudos foram realizados em *compost barn* (como por exemplo, avaliando diferentes raças, sistemas de ventilação e áreas geográficas) principalmente por ser um sistema de confinamento relativamente novo, isto pode ter dificultado na extração de dados em nosso estudo e pode servir de base para futuras pesquisas.

Métodos mais precisos para detectar o estresse térmico em sistema de confinamento são necessários. O ITU não fornece com precisão o ambiente térmico em que as vacas leiteiras estão inseridas, muito menos o uso de apenas a temperatura ambiental (YAN; LI; SHI, 2021). Assim, avaliar o estresse térmico a partir de avaliações fisiológicas pode ser mais coerente e preciso.

#### 4. CONCLUSÃO

O estresse térmico interferiu no comportamento das vacas em lactação criadas em *compost barn*. Nossa revisão destacou que em condições de estresse térmico as vacas alojadas em *compost barn* aumentaram o número de visitas ao bebedouro, número de passos,

comportamentos agonísticos e dispneia. Também, reduziram o número de evento de alimentação e o tempo de repouso deitada.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, J. D. *et al.* Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 118–127, 2015.

BAGATH, M. *et al.* The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: A review. **Research in Veterinary Science**, v. 126, p. 94–102, 2019.

BAILE, C. A.; FORBES, J. M. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. **Physiological Reviews**, v. 54, n. 1, p. 160–214, 1974.

BECKER, C. A.; STONE, A. E. Graduate Student Literature Review: Heat abatement strategies used to reduce negative effects of heat stress in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 10, p. 9667–9675, 2020.

BENISTON, M. *et al.* Future extreme events in European climate: An exploration of regional climate model projections. **Climatic Change**, v. 81, n. SUPPL. 1, p. 71–95, 2007.

BERNABUCCI, U. Climate change: impact on livestock and how can we adapt. **Animal Frontiers**, 2019.

BLACK, R. A. *et al.* Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, 2013.

BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J. B. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 4, p. 1947–1956, 2007.

CALCIOLARI, F.; NOVIKOVA, A.; ROCCHI, L. Climate change and lithuania's livestock farms: Awareness and reactions, an explorative study. **Sustainability**, 2021.

CORAZZIN, M. *et al.* Heat stress and feeding behaviour of dairy cows in late lactation. **Italian Journal of Animal Science**, v. 20, n. 1, p. 600–610, 2021.

CORREA-CALDER, A. *et al.* Heat stress in dairy cattle with emphasis on milk production and feed and water intake habits. Review. **Rev Mex Cienc Pecu**, p. 488–509, 2022.

DAMASCENO, F. A. *et al.* Spatial distribution of thermal variables, acoustics and lighting in compost dairy barn with climate control system. **Agronomy Research**, v. 17, n. 2, p. 385–395, 2019.

DANELUS, F. L. **Manejo da Ventilação em Sistema Compost Barn: Implicações na**

**Ambiência e Bem-Estar de Vacas Leiteiras.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, p. 111. 2020.

DAROS, R. R. *et al.* Readily available water access is associated with greater milk production in grazing dairy herds. **Animals**, v. 9, n. 2, 2019.

DAS, R. *et al.* Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. **Veterinary World**, 2016.

DE MASI, R. F. *et al.* Passive envelope solutions to aid design of sustainable livestock buildings in Mediterranean climate. **Journal of Cleaner Production**, v. 311, n. March, 2021.

ECKELKAMP, E. A. *et al.* Sand bedded freestall and compost bedded pack effects on cow hygiene, locomotion, and mastitis indicators. **Livestock Science**, v. 190, p. 48–57, 2016.

EMANUELSON, U. *et al.* Animal Health in Compost-Bedded Pack and Cubicle Dairy Barns in Six European Countries. **Animals**, v. 12, n. 3, p. 1–9, 2022.

ENDRES, M. I.; BARBERG, A. E. Behavior of dairy cows in an alternative bedded-pack housing system. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 9, p. 4192–4200, 2007.

FIRFIRIS, V. K.; MARTZOPOULOU, A. G.; KOTSOPOULOS, T. A. Passive cooling systems in livestock buildings towards energy saving: A critical review. **Energy and Buildings**, v. 202, 2019.

FOROUSHANI, S.; AMON, T. Thermodynamic assessment of heat stress in dairy cattle: lessons from human biometeorology. **International Journal of Biometeorology**, 2022.

GARCIA, A. B. *et al.* Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in southern Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 5, p. 889–894, 2015.

GAULY, M.; AMMER, S. Review: Challenges for dairy cow production systems arising from climate changes. **Animal**, 2020.

GEBREMEDHIN, K. G.; WU, B. Modeling heat loss from the udder of a dairy cow. **Journal of Thermal Biology**, v. 59, p. 34–38, 2016.

HAHN, G. L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. **Journal of animal science**, v. 77 Suppl 2, n. 1989, p. 10–20, 1999.

HEINICKE, J. *et al.* Effects of the daily heat load duration exceeding determined heat load thresholds on activity traits of lactating dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 77, n. August, p. 67–74, 2018.

HEINICKE, J. *et al.* Cow individual activity response to the accumulation of heat load duration. **Journal of Thermal Biology**, v. 82, n. March, p. 23–32, 2019.

HEINS, B. J. *et al.* Effects of winter housing systems on production, economics, body weight, body condition score, and bedding cultures for organic dairy cows. **Journal of Dairy Science**,

v. 102, n. 1, p. 706–714, 2019.

HERBUT, P. *et al.* The effects of heat stress on the behaviour of dairy cows-A review. **Annals of Animal Science**, v. 21, n. 2, p. 385–402, 2021.

HERBUT, P.; ANGRECKA, S. Relationship between THI level and dairy cows' behaviour during summer period Italian. **Journal of Animal Science**, 2018.

HOFFMANN, G. *et al.* ScienceDirect Special Issue : Environmental stressors Review determining heat stress in dairy cows. **BIOSYSTEMS ENGINEERING**, v. 9, 2019.

IZHBOLDINA, O. *et al.* Effectiveness of additional mechanical ventilation in naturally ventilated dairy housing barns during heat waves. **Ukrainian Journal of Ecology**, v. 10, n. 3, p. 56–62, 2020.

JENSEN, M. B.; TOLSTRUP, R. B. A survey on management and housing of peri-parturient dairy cows and their calves. **Animal**, 2021.

JOO, S. S. *et al.* Article changes in blood metabolites and immune cells in Holstein and Jersey dairy cows by heat stress. **Animals**, v. 11, n. 4, 2021.

KAPPES, R. *et al.* Cow's functional traits and physiological status and their relation with milk yield and milk quality in a compost bedded pack barn system. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, 2020.

KASIMANICKAM, R.; KASIMANICKAM, V. Impact of heat stress on embryonic development during first 16 days of gestation in dairy cows. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1–14, 2021.

KOCH, F. *et al.* Jejunal mucosa proteomics unravel metabolic adaptive processes to mild chronic heat stress in dairy cows. **Scientific Reports**, 2021.

LAPORTA, J. *et al.* Late-gestation heat stress impairs daughter and granddaughter lifetime performance. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 8, p. 7555–7568, 2020.

LELIVELD, L. M. C. *et al.* Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing. **Animals**, 2022.

LESO, L. *et al.* A survey of Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 44, n. 3, p. 120–124, 2013.

LESO, L. *et al.* Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 2, p. 1072–1099, 2020.

LIU, J. *et al.* Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: A novel idea for monitoring and evaluation of heat stress — A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 9, p. 1332–1339, 2019.

LIU, Z. *et al.* Heat Stress in Dairy Cattle Alters Lipid Composition of Milk. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 2017.

- LOVARELLI, D. *et al.* Assessing the effect of barns structures and environmental conditions in dairy cattle farms monitored in Northern Italy. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 52, n. 4, p. 35–42, 2021.
- MACHADO, N. A. F. *et al.* Using infrared thermography to detect subclinical mastitis in dairy cows in compost barn systems. **Journal of Thermal Biology**, v. 97, n. February, 2021.
- MADER, T. L.; DAVIS, M. S.; BROWN-BRANDL, T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 3, p. 712–719, 2006.
- MARUMO, J. L. *et al.* Influence of environmental factors and parity on milk yield dynamics in barn-housed dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, 2021.
- MCDONALD, P. V; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. Hot weather increases competition between dairy cows at the drinker. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 4, p. 3447–3458, 2020.
- MOHER, D. *et al.* Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement (Reprinted from Annals of Internal Medicine). **Physical Therapy**, v. 89, n. 9, p. 873–880, 2009.
- MOTA-ROJAS, D. *et al.* Physiological and behavioral mechanisms of thermoregulation in mammals. **Animals**, v. 11, n. 6, 2021a.
- MOTA-ROJAS, D. *et al.* Efficacy and Function of Feathers, Hair, and Glabrous Skin in the Thermoregulation Strategies of Domestic Animals. **Animals**, p. 1–23, 2021b.
- MUDROŇ, P. Prevalence of Sole Ulcer in Dairy Cows. **Medicine Veterinary**, p. 17–21, 2022.
- NARDONE, A. *et al.* Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v. 130, n. 1–3, p. 57–69, 2010.
- NASCEU, H. *et al.* Modelling THI effects on milk production and lactation curve parameters of Holstein dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, 2021.
- NEAVE, H. W. *et al.* Behavioral changes before metritis diagnosis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4388–4399, 2018.
- NOGARA, K. F. *et al.* Characterization and relationship between bulk tank milk composition and compost bedded variables from dairy barns in Rio Grande do Sul state, Brazil. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 45, n. 5, p. 890–900, 2021.
- OLIVEIRA, C. E. A. *et al.* Mapping of the Thermal Microenvironment for Dairy Cows in an Open Compost-Bedded Pack Barn System with Positive-Pressure Ventilation. **ANIMALS**, 2022.
- OLIVEIRA S, G. R. *et al.* Profitability analysis of compost barn and free stall milk-production systems: A comparison. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 1165–1183, 2019.

PASQUI, M.; DI GIUSEPPE, E. Climate change, future warming, and adaptation in Europe. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 6–11, 2019.

PEIXOTO, M. S. M. *et al.* Thermoregulatory behavior of dairy cows submitted to bedding temperature variations in Compost barn systems. **Biological Rhythm Research**, v. 52, n. 7, p. 1120–1129, 2021.

PEREIRA, A. M. F.; TTITTO, E. A. L.; ALMEIDA, J. A. A. DE. Adaptação dos Ruminantes aos Climas Quentes. **Capítulo 1: Influência do Estresse Térmico na Fisiologia e Produtividade dos Animais.**

PILATTI, J. A. *et al.* Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animal**, v. 13, n. 2, p. 399–406, 2019.

PILATTI, J. A. *et al.* Behaviour, hygiene, and lameness of dairy cows in a com-post barn during cold seasons in a subtropical climate. **Annals of Animal Science**, v. 21, n. 4, p. 1555–1569, 2021.

PINTO, S. *et al.* Critical THI thresholds based on the physiological parameters of lactating dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 88, n. September 2019, p. 102523, 2020.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 8645–8657, 2017.

RAMÓN-MORAGUES, A. *et al.* Dairy cows activity under heat stress: A case study in Spain. **Animals**, v. 11, n. 8, 2021.

RHOADS, M. L. *et al.* Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 5, p. 1986–1997, 2009.

RHOADS, R. P. *et al.* Nutritional Interventions to Alleviate the Negative Consequences of Heat Stress. **American Society for Nutrition.**, 2013.

RÖSLER, J. A. **Automação da Ventilação em Sistema Compost Barn : Implicações no comportamento e Fisiologia Térmica de Vacas Leiteiras.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, p. 96. 2021.

SHAHZAD, A. *et al.* Nexus on climate change: agriculture and possible solution to cope future climate change stresses. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 12, p. 14211–14232, 2021.

SILVA, G. G. B. S. *et al.* Compost Barns: A Bibliometric Analysis. **ANIMALS**, v. 12, p. 2492, 2022.

SJOSTROM, L. S. *et al.* Effects of winter housing system on hygiene, udder health, frostbite, and rumination of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 11, p. 10606–10615, 2019.



- SORIANI, N.; PANELLA, G.; CALAMARI, L. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. **Journal of Dairy Science**, 2013.
- TAO, S. *et al.* Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 6, p. 5642–5654, 2018.
- TERNMAN, E. *et al.* Sleep in dairy cows recorded with a non-invasive EEG technique. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 140, n. 1–2, p. 25–32, 2012.
- THOM, E. C. The Discomfort Index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57–61, 1959.
- THOMPSON, A. J. *et al.* Lameness and lying behavior in grazing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 7, p. 6373–6382, 2019.
- TUCKER, C. B. *et al.* Invited review: Lying time and the welfare of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 2021.
- TULLO, E. *et al.* Effects of Climatic Conditions on the Lying Behavior of a Group of Primiparous Dairy Cows. **Animals**, v. 9, 2019.
- VAN OS, J. M. C. *et al.* Sampling strategies for assessing lameness, injuries, and body condition score on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 9, p. 8290–8304, 2019.
- VIEIRA, F. M. C. *et al.* Spatio-thermal variability and behaviour as bio-thermal indicators of heat stress in dairy cows in a compost barn: A case study. **Animals**, v. 11, n. 5, 2021.
- WAGNER, P. *et al.* Genome-wide associations for microscopic differential somatic cell count and specific mastitis pathogens in holstein cows in compost-bedded pack and cubicle farming systems. **Animals**, 2021.
- WANG, X. *et al.* A review and quantitative assessment of cattle-related thermal indices. **Journal of Thermal Biology**, v. 77, n. March, p. 24–37, 2018.
- WANKAR, A. K.; RINDHE, S. N.; DOIJAD, N. S. Heat stress in dairy animals and current milk production trends, economics, and future perspectives: the global scenario. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, 2021.
- WEST, J. W. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2131–2144, 2003.
- WEST, J. W.; MULLINIX, B. G.; BERNARD, J. K. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 2003.
- YAMEOGO, B. *et al.* Behavioural patterns of cows housed in two different typologies of compost-bedded pack barns. **Agronomy Research**, v. 19, n. Special Issue 2, p. 1205–1215, 2021.
- YAN, G. *et al.* Evaluation of thermal indices based on their relationships with some

physiological responses of housed lactating cows under heat stress. **International Journal of Biometeorology**, v. 64, n. 12, p. 2077–2091, 2020.

YAN, G.; LI, H.; SHI, Z. Evaluation of thermal indices as the indicators of heat stress in dairy cows in a temperate climate. **Animals**, 2021.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### **Sob o ponto de vista do estresse térmico e das ondas de calor:**

O estresse térmico continuará sendo um dos problemas mais frequentes nas fazendas leiteiras. O aumento da temperatura ambiental da Terra continuará trazendo preocupações devido ao seu potencial de desencadeamento das ondas de calor. As ondas de calor se tornarão mais presente com o passar dos anos e medidas eficazes nos sistemas produtivos devem ser tomadas, a fim de amenizar a carga de calor nas vacas leiteiras e os impactos negativos no sistema produtivo animal.

### **Sob o ponto de vista da cienciometria e da revisão sistemática:**

A cienciometria e a revisão sistemática permitem sintetizar os resultados de estudos primários que se enquadram nos critérios de elegibilidade, a fim de responder uma pergunta de pesquisa. A abordagem sistemática baseia-se em métodos rigorosos e reprodutivos a fim de minimizar o risco de viés. Na produção animal, a revisão sistemática cresceu consideravelmente nas últimas duas décadas. No entanto, poucos estudos sistemáticos foram feitos para analisar o comportamento de vacas em estresse térmico alojadas em confinamento. Além disso, estudos utilizando abordagem cienciométrica são escassos na produção animal. A abordagem sistemática e cienciométrica apresentam grandes áreas de crescimento na produção animal. Essas abordagens podem contribuir na comunidade acadêmica e no direcionamento dos estudos futuros.