

## Produção de leite em sistema silvipastoril: Revisão

### Milk production in silvipastoril system: Review

### Producción de leche en el sistema silvipastoril: Revisión

Recebido: 18/03/2021 | Revisado: 26/03/2021 | Aceito: 30/03/2021 | Publicado: 10/04/2021

#### **Larissa de Souza Reis**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9935-5383>  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil  
E-mail: [larissasouza321@hotmail.com](mailto:larissasouza321@hotmail.com)

#### **Letícia Ribeiro Marques**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6652-6561>  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil  
E-mail: [leticiamarqueszootec@yahoo.com](mailto:leticiamarqueszootec@yahoo.com)

#### **Sthéfany Noronha dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9626-565X>  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil  
E-mail: [sthefanysnds2001@gmail.com](mailto:sthefanysnds2001@gmail.com)

#### **Tiago do Prado Paim**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9486-7128>  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil  
E-mail: [tiago.paim@ifgoiano.edu.br](mailto:tiago.paim@ifgoiano.edu.br)

#### **Tiago Pereira Guimarães**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3473-8148>  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil  
E-mail: [tiago.guimaraes@ifgoiano.edu.br](mailto:tiago.guimaraes@ifgoiano.edu.br)

#### **Thaís Campos Marques**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1112-6699>  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil  
E-mail: [thaisacm@hotmail.com](mailto:thaisacm@hotmail.com)

#### **Karen Martins Leão**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5236-7558>  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil  
E-mail: [karen.leao@ifgoiano.edu.br](mailto:karen.leao@ifgoiano.edu.br)

#### **Resumo**

A produção de leite no mundo é crescente, pois representa parte da economia mundial. Diante deste cenário, a preocupação com a quantidade e qualidade do leite e do rebanho tem sido relevante. O estresse por calor é a consequência da ausência de sombra nas propriedades rurais, prejudicando a produção e reprodução dos animais. Neste intuito, os sistemas silvipastoris têm sido favoráveis para o desempenho de vacas leiteiras, uma vez que o sombreamento promove efeitos positivos na produção de leite, bem estar, conforto e fertilidade, além disso, aumentam a disponibilidade de nutrientes no solo, melhorando as pastagens. Portanto, objetivou-se com esta revisão apresentar os benefícios do sombreamento proporcionado pelos sistemas silvipastoris na produção de leite e conforto térmico dos animais.

**Palavras-chave:** Bem estar; Bovinos leiteiros; Estresse térmico; Desempenho produtivo; Sombra.

#### **Abstract**

Milk production in the world is growing, as it represents part of the world economy. In view of this scenario, the concern with the quantity and quality of milk and the herd has been relevant. Heat stress is the consequence of the absence of shade on rural properties, impairing the production and reproduction of animals. In this regard, silvopastoral systems have been favorable for the performance of dairy cows, since shading promotes positive effects on milk production, well-being, comfort and fertility, in addition, increasing the availability of nutrients in the soil, improving pastures. Therefore, the aim of this review was to present the benefits of shading provided by silvopastoral systems in milk production and thermal comfort of animals.

**Keywords:** Dairy cattle; Productive performance; Shadow; Thermal stress; Welfare.

#### **Resumen**

La producción de leche en el mundo está creciendo, ya que representa parte de la economía mundial. Ante este escenario, la preocupación por la cantidad y calidad de la leche y el rebaño ha sido relevante. El estrés por calor es consecuencia de la ausencia de sombra en las propiedades rurales, lo que perjudica la producción y reproducción de los animales. En este sentido, los sistemas silvipastoriles han sido favorables para el desempeño de las vacas lecheras,

ya que la sombra promueve efectos positivos en la producción de leche, el bienestar, el confort y la fertilidad, además, aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo, mejorando los pastos. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión fue presentar los beneficios del sombreado que brindan los sistemas silvopastoriles en la producción de leche y el confort térmico de los animales.

**Palabras clave:** Bienestar; Bovinos lecheros; Desempeño productivo; Estrés térmico; Sombra.

## 1. Introdução

O conforto térmico é importante para animais de produção. O ambiente confortável é reconhecido como um dos fatores determinantes para o crescimento, desenvolvimento e produtividade dos animais, pelo efeito direto e indireto na fisiologia e comportamento (Benavides et al., 2018).

Com o aumento da temperatura global e crescente produção de leite, é necessário intensificar os métodos de conforto térmico por sombra ou resfriamento evaporativo para minimizar os impactos negativos do estresse por calor em vacas leiteiras (Tao et al., 2020). Dessa forma, Maggiolino et al. (2020) afirmaram que vacas Pardo Suíço e Holandês expostas ao calor apresentam declínio na qualidade do leite.

Os efeitos do estresse por calor afetam o desenvolvimento de vacas leiteiras e também da prole, tendo efeitos negativos na produção de leite, saúde e reprodução. Há prejuízo das funções imunológicas durante o período de transição, do desenvolvimento da glândula mamária antes do parto, além de causar efeitos residuais no metabolismo no início da lactação e desempenho lactacional subsequente (Tao et al., 2013).

Os sistemas sombreados são alternativas tecnológicas viáveis para proporcionar maior conforto térmico aos animais, influenciando também na reprodução das vacas, que apresentam um número maior de folículos ovarianos e ovócitos viáveis comparados a vacas expostas ao sol (Martins et al., 2020).

Neste intuito, o sistema silvipastoril (SSP) é uma forma sustentável de agrossilvicultura para a produção pecuária. Devido à maior oferta de sombreamento, melhora o ambiente de conforto térmico por reduzir a carga radiante e as horas de estresse por calor, ajudando na adaptação dos animais de produção às mudanças climáticas (Pezzopane et al., 2019).

Além das condições térmicas favoráveis aos animais, o SSP também promove diversos benefícios ambientais, destacando-se pela conservação do solo, recursos hídricos, sequestro de carbono e aumento da biodiversidade (Polycarpo et al., 2012). Consequentemente, há maior disponibilidade de nutrientes no solo, o que melhora a qualidade da pastagem, possibilitando o aumento no consumo de forragem e produtividade animal. Enquanto a produção de leite e carne e a reprodução aumentam, os custos de produção diminuem à medida que os insumos externos são substituídos por processos naturais relacionados à fertilidade e controle biológico (Murgueitio et al., 2011).

Nesse sentido, objetivou-se com esta revisão demonstrar os benefícios do sombreamento natural através de sistemas silvipastoris, na produção e conforto de vacas leiteiras, em busca de minimizar os efeitos negativos causados pelas altas temperaturas do ambiente.

## 2. Metodologia

Esta revisão é exploratória e descritiva (Pereira et al., 2018), pois traz informações a respeito das vantagens do sombreamento natural proporcionado pelos sistemas silvipastoris para minimizar os impactos do estresse térmico em vacas leiteiras.

A pesquisa dos artigos foi realizada durante o período de novembro de 2020 a fevereiro de 2021 mediante publicações contidas nas bases de dados da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), PubMed (US National Library of Medicine National Institutes of Health), Scielo (Scientific Eletronic Library Online) e Google acadêmico, a partir dos descritores: dairy cattle, thermal stress, welfare, shadow, productive performance, silvipastoril system.

Os critérios de inclusão foram artigos em português, inglês ou espanhol, disponíveis na íntegra, publicados no corte temporal dos últimos 10 anos. Exceção deste limite temporal deu-se quanto às informações referentes às bases da fisiologia, termorregulação e índices de determinação de estresse térmico. No total foram utilizadas 43 referências.

No que diz respeito aos critérios de exclusão, rejeitou-se resumos; artigos fora da temática e não embasados em dados científicos; dissertações e teses.

### **3. Revisão de literatura**

#### **3.1 Importância do bem estar na produção de leite**

Para garantir o bem estar na produção leiteira é interessante identificar os fatores que causam mal estar aos animais, sendo um dos elementos mais importantes de qualquer protocolo de avaliação de uma propriedade (Beggs et al., 2019).

Vacas em lactação necessitam de condições climáticas ideais para expressar seu potencial genético e alcançar alto desempenho produtivo (Zanin et al., 2016). Em vista disso, é importante identificar a resistência do animal ao clima para garantir a produção, pois responde às mudanças ambientais alterando suas características fenotípicas e fisiológicas. Entretanto, os mecanismos adaptativos ajudam os animais na sobrevivência em determinados ambientes. A adaptação animal envolve morfologia (influência direta nos mecanismos de troca de calor entre o animal e o ambiente), comportamento (para reduzir o calor o animal procura por sombra) e genética animal (Sejian et al., 2018).

Ainda de acordo com Sejian et al. (2018) para garantir a produtividade, os animais devem ser geneticamente adaptados e com capacidade de sobrevivência. Por isso, marcadores biológicos, que possuem características fenotípicas e genotípicas, podem ser usados para quantificar as respostas ao estresse térmico, auxiliando na seleção de raças adaptadas.

O estresse por calor está entre os principais problemas que afetam a produção e a qualidade do leite, sendo que os animais de alta produção são os mais sensíveis às elevadas temperaturas do ambiente (Kumar et al., 2020). A alteração no metabolismo animal reduz o teor e a produção de proteína do leite (Gao et al., 2017), o crescimento do animal, além de afetar o desempenho reprodutivo, tanto nas fêmeas quanto nos machos (Girma et al., 2019).

Portanto, mesmo em condições climáticas moderadas já se observa estresse térmico em vacas leiteiras nos meses de verão (Ammer et al., 2016).

A capacidade do organismo do animal em perder calor para o ambiente depende da secreção e da evaporação do suor. Ao elevar a temperatura corporal, a sudorese também aumenta para evitar o acúmulo excessivo de calor no organismo. As altas temperaturas do ambiente podem ocasionar perdas hídricas pela sudorese e pelo ofego. Consequentemente, podem levar à desidratação, dificuldade na regulação da temperatura corporal, causando redução no desempenho. A capacidade termoregulatória insuficiente em um ambiente estressante representa riscos para a homeostase, levando à hipertermia que causa distúrbios relacionados ao calor (Ferreira et al., 2009).

A compreensão das condições de conforto térmico dos animais pode ser avaliada por meio da observação de parâmetros fisiológicos como temperatura retal e a frequência respiratória e índices que englobam a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar (Kaufman et al., 2018).

#### **3.2 Estresse térmico**

A elevada temperatura do ambiente causa preocupação aos produtores de leite, pois o estresse por calor causa a queda na produção e perdas econômicas significativas (Polsky & Von Keyserlingk, 2017).

Sendo assim, Thom (1959) desenvolveu um índice de conforto térmico, o índice de temperatura e umidade (ITU), expresso pela fórmula:  $ITU = (0,8 \times T + (UR/100) \times (T - 14,4) + 46,4)$ , em que T é a temperatura do ambiente e UR é a umidade relativa do ar. Os valores obtidos a partir da equação foram classificados no modelo definido por Armstrong (1994) em ameno ou

brando (72 a 78), moderado (79 a 88) e severo (89 a 98). ITU abaixo de 72 caracterizaria um ambiente sem estresse por calor (Armstrong, 1994).

O ITU é um dos índices mais utilizados para determinar as condições de estresse térmico em vacas leiteiras (Kaufman et al., 2018). No entanto, Bohmanova et al. (2007) realizaram experimento comparando sete fórmulas do ITU e concluíram que a umidade é um fator limitante do estresse térmico e que as fórmulas de ITU diferem em na capacidade de detectar estresse por calor.

No início do período seco, durante o verão na Flórida, o estresse térmico causa o aumento na taxa respiratória e temperatura retal, provocando o aumento do ITU maior que 68 em vacas leiteiras. Consequentemente, reduzem o consumo de matéria seca (CMS), produção de leite, proteína e lactose (Fabris et al., 2019). Nesse contexto, Azevedo et al. (2005) observaram em vacas leiteiras mestiças Holandês-Zebu, com temperatura retal entre 38 e 39 °C, os valores críticos ITU de 80, 77 e 75 para os animais com grupo genético  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{7}{8}$  Holandês-Zebu, respectivamente, e com frequência respiratória de 60 movimentos por minuto, estimaram valores críticos de ITU iguais a 79, 77 e 76, respectivamente. Dessa forma, vacas do grupo genético  $\frac{1}{2}$  Holandês-Zebu demonstraram maior tolerância ao calor comparado às vacas  $\frac{7}{8}$  Holandês-Zebu, e as vacas  $\frac{3}{4}$  mantiveram em posição intermediária.

Shutz (2010) avaliou 120 vacas leiteiras da raça Holstein-Friesian no meio da lactação sob três condições: sem sombra, com acesso a uma pequena sombra e acesso a uma grande sombra artificial. Verificaram que o acesso à maior área de sombra aumentou o tempo de permanência na sombra e menos tempo ao redor do bebedouro com melhores respostas fisiológica e comportamental devido à redução de calor, melhorando também a taxa respiratória.

Vacas leiteiras submetidas a estresse térmico não conseguem dissipar calor corporal suficiente para evitar o aumento na temperatura corporal (Polsky & Von Keyserlingk, 2017). Assim, o mecanismo termorregulatório é ativado e o CMS é reduzido. Consequentemente, há aumento nos níveis de insulina devido a menor mobilização de lipídeos do tecido adiposo e aumento da glicose pelos tecidos periféricos. Logo, a glicose é desviada da glândula mamária, reduzindo a produção de leite (Baumgard & Rhoads JR, 2013; Xie et al., 2016; Tao et al., 2020).

Adicionalmente, Bernabucci et al. (2014) afirmaram que vacas multíparas Holandês são mais afetadas pelo estresse calórico em relação às primíparas, sendo que a produção de leite pode diminuir um quilo por dia. Tal fato pode ser explicado porque primíparas geram menos calor metabólico, têm área de superfície maior em comparação com a massa corporal interna e produzem menos leite.

### 3.3 Qualidade do leite

A qualidade do leite também é um fator importante para a produção e sofre alterações com as mudanças na temperatura ambiente. Por conseguinte, o estresse por calor frequentemente reduz o teor de gordura e proteína do leite e aumenta a contagem de células somáticas (CCS) (Staples et al., 2016). Nasr et al. (2017) observaram queda na porcentagem de proteína (3,12% versus 3,22%) e de lactose (3,96% versus 4,20%) com ITU moderado em relação a ITU baixo. No entanto, ITU alto aumentou a CCS (259.000 versus 190.000 células/mL), assim como reduziu a produção de leite diária (27,92 kg versus 31,91) e o teor de gordura do leite (3,74% versus 3,91%) em relação a ITU baixo.

De acordo com Fan et al. (2019), as alterações na produção e qualidade do leite de vacas leiteiras sob estresse por calor são desencadeadas em parte pela redução do CMS. Na tentativa de reduzir a temperatura corporal, há aumento do fluxo sanguíneo periférico, o que diminui a absorção e a disponibilidade dos nutrientes para a glândula mamária (McGuire et al., 1989; Melo et al., 2016). Como o selênio e a vitamina E desempenham importante papel na resposta imune da glândula mamária bovina (Moghimi-Kandelousi et al., 2020), a menor ingestão destes nutrientes pode afetar a imunidade da vaca, tornando-a mais susceptível a infecções por patógenos causadores de mastite. Ademais, estes proliferam-se mais facilmente

em condições de elevada temperatura e umidade do ar, propiciando o aumento da CCS (Magalhães et al., 2006; Testa et al., 2017).

Neste intuito, sistemas que disponibilizem conforto e bem estar aos animais, melhoramento genético, alimentação e nutrição, estão entre estratégias para minimizar os efeitos negativos provocados pelo estresse por calor.

### 3.4 Sistema Silvipastoril

O SSP consiste no consórcio de árvores, arbustos-árvores, pastagem e o animal, caracterizando-se em um método sustentável devido à restauração de pastagens degradadas e estoque de carbono, nitrogênio em solos tropicais e preservação ambiental (Pinheiro et al., 2018; Junior et al., 2020). Os sistemas de produção são considerados sustentáveis quando os efeitos futuros esperados forem aceitáveis, em particular em relação à disponibilidade de recursos, consequências de funcionamento e moralidade de ação (Broom, 2017).

O conforto térmico no SSP de três níveis caracteriza-se pela presença de pastagem, arbustos com folhas comestíveis e árvores que também podem ter folhas comestíveis. Em decorrência disso, evita a incidência de radiação solar, proporciona conforto térmico, melhora nutricional, da condição corporal e da saúde dos animais pela maior presença de predadores de carrapatos e moscas no ambiente (Broom, 2017).

De acordo com Rivera-Herrera (2017), o SSP é uma alternativa para aumentar de duas a cinco vezes a produção de carne e leite, devido ao aumento de matéria seca na pastagem, energia e minerais. Também são responsáveis por diminuir o teor de fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) devido às melhorias físicas e químicas do solo, aumentando a eficiência na fermentação ruminal. Neste sentido, Montoya et al. (2017) afirmaram que vacas leiteiras recém paridas e no meio da lactação, alimentadas apenas com forragem em SSP intensivo sem suplementação produzem média de 10 e 12 litros de leite por dia.

Améndola et al. (2019) avaliaram oito novilhas mestiças não lactantes da raça *Bos indicus* x *Bos taurus* em uma região de clima tropical sub úmido do México, com temperatura média anual de 28 °C, onde a maioria das chuvas ocorrem no verão. Duas fazendas foram selecionadas, uma com sistema silvipastoril intensivo composto por gramíneas e árvores usadas como fonte de ração para o gado e com cerca viva. A outra com sistema de monocultura constituído por grama sem cerca viva. Observaram que no sistema de monocultura, a temperatura média, a umidade relativa e o ITU foram 33,24 °C; 61,24 % e 83,77, respectivamente, enquanto no SSP intensivo foram de 30,58 °C; 76,07 % e 81,98, respectivamente. Verificou-se que o ITU foi mais alto no sistema de monocultura ( $P < 0,001$ ), contribuindo para que as novilhas aumentassem a caminhada à procura de alimentos. Contrariamente, o SSP contribuiu para o bem estar das novilhas que gastaram menos tempo pastando e ruminando, propiciando maior tempo em descanso e melhor condição de bem estar.

Os SSP, além de proporcionar benefícios aos animais de produção, aumentam a fertilidade do solo em relação aos teores de fósforo, potássio e carbono orgânico total na camada de 5 a 40 cm, comparado a pastagens sem a presença de árvores (Battiste et al., 2018).

Morales et al. (2017) estudaram diferentes arranjos em tamanho da área, composição de plantas e período de pastejo de SSP intensivos (baixa diversidade de plantas em piquete de 1200 m<sup>2</sup> e pastejo de 24 horas; diversidade média de plantas com piquete de 600 m<sup>2</sup> e pastejo de 12 horas; alta diversidade de plantas, piquete de 600 m<sup>2</sup> e pastejo de 24 horas). Verificaram que, independentemente do arranjo, os SSP conferiram bem estar aos animais quanto à alimentação, disponibilidade de água, conforto térmico e respostas comportamentais, proporcionando aos produtores sustentabilidade na criação de gado.

Neste intuito, Mello et al. (2017) avaliaram o comportamento de novilhas leiteiras em sistemas integrados no Estado do Mato Grosso em três estações do ano (período chuvoso de verão, período de transição chuvoso-seco e início da estação seca) e três níveis de sombreamento (pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso por eucaliptos com 12 m de altura). Os

sistemas com sombra moderada e intensa proporcionaram conforto térmico, sendo que no sistema com sombreamento intenso as novilhas apenas procuraram pela sombra nas horas mais quentes do dia durante as três estações. Entretanto, no sistema em pleno sol, as novilhas não pastejaram nas horas quentes do dia, pois interromperam as atividades para ficar inativas durante um longo período do dia.

Devido às mudanças climáticas, a temperatura ambiente tem aumentado e destacado a importância da proteção contra a radiação solar. Deste modo, o SSP pode ser benéfico na mitigação destes efeitos, principalmente quando a implantação de fileiras das árvores é mais próxima, pois ajuda na redução da incidência solar (Bosi et al., 2020). Conforme Pezzopane et al. (2019), a implantação de SSP em linhas triplas e distanciamento de 2,5 m entre as árvores e de 2,5 m entre fileiras proporciona um maior conforto térmico.

#### 4. Considerações Finais

Os sistemas de produção de leite requerem atenção na obtenção de índices produtivos satisfatórios. Para tanto, devem ser levados em consideração todos os fatores envolvidos na produção, seja nutrição, sanidade, bem estar e conforto térmico dos animais.

O estresse térmico é uma das causas de queda na produção de leite e, conseqüentemente, ocorrem perdas econômicas significativas. Além disso, causam efeitos negativos na reprodução do rebanho, redução no consumo alimentar, diminuição da proteína e lactose do leite.

A implantação de sistemas silvipastoris tem sido uma alternativa viável para os produtores de leite, pois fornece sombreamento e conforto térmico aos animais de produção. As vacas em lactação são sensíveis às altas temperaturas do ambiente e quando estão sob estresse por calor diminuem o volume de leite. Dessa forma, o sombreamento proporcionado pelos sistemas silvipastoris, além de preservar o meio ambiente, favorece o conforto e reduz o estresse térmico de vacas leiteiras, refletindo em melhor desempenho animal.

#### Referências

- Améndola, L., Solorio, J. C., Ku-Vera, J. C., Améndola, M. R. D., Zarza, H., Mancera, K. F., & Galindo, F. (2019). A pilot study on the foraging behaviour of heifers in intensive silvopastoral and monoculture systems in the tropics. *Animal*, 13 (3), 606-616. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001532>
- Ammer, S., Lambert, C., & Gauly, M. (2016). Is reticular temperature a useful indicator of heat stress in dairy cattle? *Journal of Dairy Science*, 99(12), 10067-10076. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11282>
- Armstrong, D. V. (1994). Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. *Journal of Dairy Science*, 77(7), 2044-2050. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6)
- Azevedo, M., Pires, M. F. A., Saturnino, H. M., Lana, Q. A. M., Sampaio, I. B. M., Monteiro, J. B. N., & Morato, L. E. (2005). Estimation of upper critical levels of the temperature-humidity index for ½, ¾ e 7/8 lactating Holstein-Zebu dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(6), 2000-2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982005000600025>
- Battiste, L. F. Z., Filho, A. L. S., Perda, A., & Sinisgalli, P. A. A. (2018). Soil chemical attributes in a high biodiversity silvopastoral system. *Acta Agronômica*, 67(4), 486-493. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v67n4.70180>
- Baumgard, L. H., & Rhoads Jr, R. P. (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*, 1, 311-337. <https://doi:10.1146/annurev-animal-031412-103644>
- Beggs, D. S., Jongman, E. C., Hemsworth, P. H., & Fisher, A. D. (2019). The effects of herd size on the welfare of dairy cows in a pasture-based system using animal- and resource-based indicators. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 3406-3420. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14850>
- Bernabucci, U., Biffane, S., Buggiotti, L., Vitali, A., Lacetera, N., & Nardone, A. (2014). The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 471-486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>
- Benavides, R. A. M., Guerrero, H. S., & Atzori, A. S. (2018). A conceptual model to describe heat stress in dairy cows from actual to questionable loops. *Acta Agronômica*, 67(1), 59-64. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v67n1.60612>
- Broom, D. M. (2017). Components of sustainable animal production and the use of silvopastoral systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(8), 683-688. <https://doi.org/10.1590/s1806-92902017000800009>

- Bosi, C., Pezzopane, J. R. M., & Sentelhas, P. C. (2020). Silvopastoral system with Eucalyptus as a strategy for mitigating the effects of climate change on Brazilian pasturelands. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(1), 20180425. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202020180425>
- Bohmanova, J., Misztal, I., & Cole, J. B. (2007). Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1947-1956. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-513>
- Fabris, T. F., Laporta, J., Skibieli, A. L., Corra, F. N., Senn, B. D., Wohlgemuth, S. E., & Dahl, G. E. (2019). Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5647-5656. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15721>
- Fan, C. Y., Su, D., Tian, E., Hu, R. T., Ran, L., Yang, Y., Su, Y. J., & Cheng, J. B. (2019). Milk production and composition and metabolic alterations in the mammary gland of heat-stressed lactating dairy cows. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(12), 2844-2853. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62834-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62834-0)
- Ferreira, F., Campos, W. E., Carvalho, A. U., Pires, M. F. A., Martinez, M. L., Silva, M. V. G. B., Verneque, R. S., & Silva, P. F. (2009). Sweat rate and histological parameters of cattle submitted to heat stress. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61(4), 763-768. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000400001>
- Gao, S. T., Guo, J., Quan, S. Y., Nan, X. M., Fernandez, M. V. S., & Baumgard, L. H., BU, D. P. (2017). The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 5040-5049. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11913>
- Girma, F., & Gebremariam, B. (2019). Review on Effect of Stress on Production and Reproduction of Dairy Cattle. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 8(1), 29-32.
- Junior, M. A. L., Fracetto, F. J. C., Ferreira, J. S., Silva, M. B., & Fracetto, G. G. M. (2020). Legume-based silvopastoral systems drive C and N soil stocks in a subhumid tropical environment. *Catena*, 189, 104508. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104508>
- Kaufman, J. D., Saxtom, A. M., & Rius, A. G. (2018). Short communication: Relationships among temperature-humidity index with rectal, udder surface, and vaginal temperatures in lactating dairy cows experiencing heat stress. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 6424-6429.
- Kumar, G., Devi, P., Sharma, N., & Somagond, Y. M. (2020). Impact of thermal stress on milk production, composition and fatty acid profile in dairy cows: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(5), 1278-1283. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13799>
- Magalhães, H. R., Faro, L. E., Cardoso, V. L., Paz, C. C. P., Cassoli, L. D., & Machado, P. F. (2006). Influência de fatores de ambiente sobre a contagem de células somáticas e sua relação com perdas na produção de leite de vacas da raça Holandesa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(2), 415-421. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000200011>
- Maggiolino, A., Dahl, G. E., Bartolomeu, N., Bernabucci, U., Vitali, A., Serio, G., Cassandro, M., Centoducati, G., Santus, E., & De Palo, P. (2020). Estimation of maximum thermo-hygrometric index thresholds affecting milk production in Italian Brown Swiss cattle. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 8541-8553. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18622>
- McGuire, M. A., Beed, D. K., DeLorenzo, M. A., Wilcox, C. J., Huntington, G. B., Reynolds, C. K., & Collier, R. J. (1989). Effects of thermal stress and level of feed intake on portal plasma flow and net fluxes of metabolites in lactating Holstein cows. *Journal of Animal Science*, 67(4), 1050-1060. doi:10.2527/jas1989.6741050x
- Martins, C. F., Fonseca-Neto, A. M., Bessler, H. C., Dode, M. A. N., Leme, L. O., Franco, M. M., McManus, C. M., Malaquias, J. V., & Ferreira, I. C. (2020). Natural shade from integrated crop-livestock-forestry mitigates environmental heat and increases the quantity and quality of oocytes and embryos produced in vitro by Gyr dairy cows. *Ciência Pecuária*, 104341. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104341>
- Mello, A. C. T., Carnevalli, R. A., Shiratsuchi, L. S., Pedreira, B. C., Lopes, B. L., & Xavier, D. B. (2017). Improved grazing activity of dairy heifers in shaded tropical grasslands. *Ciência Rural*, 47(2), 20160316. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160316>
- Melo, A. F., Moreira, J. M., Ataídes, D. S., Guimarães, R. A. M., Loiola, J. L., & Sardinha, H. C. (2016). Efeitos do estresse térmico na produção de vacas leiteiras: *Revisão*. *Pubvet*, 10(10), 721-730. DOI: 10.22256/pubvet.v10n10.721-730
- Moghimi-Kandelousi, M., Alamouti, A. A., Imani, M., & Zebeli, Q. (2020). A meta-analysis and meta-regression of the effects of vitamin E supplementation on serum enrichment, udder health, milk yield, and reproductive performance of transition cows. *Journal of Dairy Science*, 103(7), 6157-6166. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17556>
- Morales, A. M. T., Ceballos, M. C., Londoño, G. C., Cardona, C. A. C., Ramirez, J. F. N., & Costa, M. J. R. P. (2017). Welfare of cattle kept in intensive silvopastoral systems: A case report. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(6), 478-488. <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017000600002>
- Montoya, E. S., Chará, J. D., & Barahona-Rosales, R. (2017). The nutritional balance of early lactation dairy cows grazing in intensive silvopastoral systems. *Ciência Animal Brasileira*, 18, 40419. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-40419>
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1654-1663. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>
- Nasr, M. A. F., & Tarabany, M. S. (2017). 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*, 64, 73-77. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.01.004>
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM.
- Perissionotto, M., Moura, D. J., Cruz, V. T., Souza, S. R. L., Lima, K. A. O., & Mendes, A. S. (2009). Thermal comfort on Subtropical and Mediterranean climate analyzing some physiological data through fuzzy theory. *Ciência Rural*, 39(5), 1492-1498. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000094>
- Pezzopane, J. R. M., Nicodemoa, M. L. F., Cristiam, B., Garcia, A. R., & Lulu, J. (2019). Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. *Journal of Thermal Biology*, 79, 103-111. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.015>

- Pinheiro, F. M., & Ramachandran Nair, P. K. (2018). Silvopasture in the Caatinga biome of Brazil: A review of its ecology, management, and development opportunities. *Forest Systems*, 27(1), 1-16. <http://doi.org/10.5424/fs/2018271-12267>
- Polycarpo, R. C., Bazon, G. F., Belgo, B. L. S., Polycarpo Filho, C. H. S., Leonel, F. R., & Generoso, A. R. (2012). Característica da Produção de Leite nos Sistemas Intensivo em Pastos e Silvopastoril: Revisão. *Nucleus Animalium*, 4(1), 71-78.
- Polsky, L., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 8645-8657. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>
- Rivera-Herrera, J. E., Molina-Botero, I., Chára-Orozco, J., Murgueitio-Restrepo, E., & Barahona-Rosales, R. (2017). Intensive silvopastoral systems with *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit: productive alternative in the tropic in view of the climate change. *Pastos y Forrajes*, 40(3), 171-183. [http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n3/en\\_pyf01317.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n3/en_pyf01317.pdf)
- Staples, C. R., & Thatcher, W. W. (2016). Heat Stress: Effects on Milk Production and Composition. Reference Module in Food Science, *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21237-7>
- Sejian, V., Bhatta, R., Gauugham, J. B., Dunshea, F. R., & Lacetera, N. (2018). Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 12(2), 431-444. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001945>
- Schutz, K. E., Rogers, A. R., Poulouin, I. A., Cox, N. R., & Tucker, C. B. (2010). The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 93(1), 125-133. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2416>
- Tao, S., & Dahl, G. E. (2013). Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4079-4093. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6278>
- Tao, S. H. A., Rivas, R. M. O., Marins, T. N., Chen, Y. C., Gao, J., & Bernard, J. K. (2020). Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. *Theriogenology*, 150, 437-444. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048>
- Testa, F., Marano, G., Ambrogi, F., Boracchi, P., Casula, A., Biganzoli, E., & Moroni, P. (2017). Study of the association of atmospheric temperature and relative humidity with bulk tank milk somatic cell count in dairy herds using Generalized additive mixed models. *Research in Veterinary Science*, 114, 511-517. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.09.027>
- Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2), 57-60. <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
- Xie, G., Cole, L. C., Zhao, L. D., Skrzypek, M. V., Sanders, S. R., Rhoards, M. L., Baumgard, L. H., & Rhoards, R. P. (2016). Skeletal muscle and hepatic insulin signaling is maintained in heat-stressed lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 4032-4042. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10464>
- Zanin, E., Bichel, A., & Mangilli, L. G. (2016). Bem estar de vacas leiteiras em sistema silvipastoril. *Pubvet* 10(5), 381-387.