

## **Alterações na qualidade do leite causadas pelo estresse por calor em vacas leiteiras<sup>1</sup>**

Um dos principais desafios que o mundo enfrenta nos últimos tempos são as alterações climáticas. A crescente preocupação com as fortes ondas de calor sobre os animais está se tornando um grave problema. Altas temperaturas, umidade relativa do ar e radiação solar direta ou indireta são consideradas estressores climáticos que desencadeiam reações inespecíficas, ultrapassando os limites da tolerância, ou seja, afetando a zona de conforto térmico dos animais e com isso, levando-os ao estresse térmico (Silva et al., 2012).

Centro termorregulador é o responsável pelo controle da temperatura nos animais homeotérmicos, detectando as variações do ambiente térmico (Cruz et al., 2011; Silva et al., 2012). Existe uma faixa de temperatura ambiente denominada zona de termoneutralidade, em que os animais utilizam mínima mobilização dos mecanismos termorreguladores. A homeotermia na zona de termoneutralidade é mantida através dos processos de produção e perdas de calor, tais como a radiação, convecção, condução e evaporação (Azevedo et al., 2005).

O estresse térmico é definido como um estado de mudanças na homeostase, provocado por agentes estressantes fisiológico, psicológico ou ambiental. As condições ambientais como alta temperatura e umidade, possuem impacto negativo sobre a produção, sanidade, comportamento e reprodução animal (Bernabucci et al., 2002).

O grau de estresse ocasionado pelos fatores climáticos dependerá da intensidade, duração e exposição dos animais a esses agentes estressores e sua eficiência em equilibrar tanto a produção quanto a perda de calor corporal (Silva et al., 2012). Vários são os fatores que influenciam na quantidade de calor produzida pelo organismo animal, o estado metabólico é um deles. Vacas leiteiras de alta produção são extremamente afetadas, principalmente aquelas que se encontram em ambientes quentes e úmidos, de regiões tropicais e subtropicais, como é o caso do Brasil (Ferreira et al., 2009).

Observa-se nas regiões de clima tropical um problema de adaptação de raças europeias, como a raça Holandesa, que devido a sua alta produção sofre problemas fisiológicos

---

<sup>1</sup> Souza, B. F. (2021). Alterações na qualidade do leite causadas pelo estresse por calor em vacas leiteiras. Disciplina de Fundamentos Bioquímicos dos Transtornos Metabólicos, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 10 p.

causados pelo estresse térmico (Valentim et al., 2018; Silva et al., 2002). Segundo Alves et al. (2004), raças zebuínas se adaptam melhor a regiões tropicais devido a sua rusticidade e resistência em relação as raças europeias. Animais *Bos taurus indicus* possuem uma diferença genética em relação a tolerância ao calor em razão da maior capacidade de transpiração e menor taxa metabólica, do que animais *Bos taurus taurus* (Melo et al., 2016). Animais europeus possuem uma faixa de temperatura entre 0°C a 16°C e animais zebuínos, o seu limite de temperatura encontra-se entre 10°C a 27°C (Castanheira, 2009). De acordo com Silva (2002), a queda na produção leiteira varia entre as raças. A raça Holandesa tem redução a partir de 24°C, a raça Pardo Suíço e Jersey, a partir dos 27°C. Os animais cruzados de raças Holandesa e Gir, demonstram uma tolerância ao calor superior, suportando uma temperatura crítica máxima de 35°C e mínima de 0°C (Castanheira, 2009).

### **Conforto térmico**

A zona de termoneutralidade compreende-se em temperatura crítica superior (TCS) e temperatura crítica inferior (TCI). Alterações na temperatura acima da TCS ou abaixo da TCI ocasionam reações fisiológicas, e em casos extremos pode levar animais ao óbito por hipertermia ou hipotermia, respectivamente (Martello, 2006). Segundo Robinson (2004), não há um consenso na literatura em relação a delimitação da faixa de conforto térmico em vacas leiteiras, por envolver vários fatores. Diferenças entre raças, umidade relativa do ar, altas temperaturas e também a adaptação metabólica do animal são alguns dos fatores a serem considerados. Vacas de alta produção possuem uma exigência maior na quantidade de calor metabólico e com isso requerem uma zona de neutralidade baixa, entre 4°C e 15°C.

Em animais domésticos a umidade relativa ideal para a criação situa-se entre 50 e 70% (Sampaio et al., 2004). Animais criados em confinamento poderão ter a umidade relativa do ar aumentada devido a aglomeração dos animais e a produção de vapor d'água e taxa de passagem do ar não serem suficientes para eliminar o excesso (Robinson, 2004).

O índice de temperatura e umidade (ITU) é um dos mais utilizados para avaliar o conforto térmico (Dikmen e Hansen, 2009). É utilizado desde que Johnson et al. (1962) relataram a redução na produtividade de vacas leiteiras associada ao aumento no ITU. Nos animais domésticos o valor de ITU igual ou inferior a 70 indica condição normal, entre 71 e 78 é

considerado crítico, entre 79 e 83 perigoso e acima de 83 indica emergência (Martello et al., 2004). Conforme o consenso de diversos autores, o ITU acima de 72 é considerado estressante para vacas de alta produção.

Segundo Bouraoui et al. (2002), a produção diminuiu de 0,24 a 0,72 kg/dia quando o ITU ultrapassou 67. Observaram-se também que quando o UTI aumentou de 68 para 78, houve uma queda de 21% na produção de leite de vacas Holandesas. Zimbelman et al. (2010) e Collier et al. (2012) descreveram que as vacas Holandesas no Arizona tiveram perdas na produção de leite com UTI 68. Segundo Wildridge et al. (2018), relataram dados de seis fazendas a pasto na Austrália com perdas na produção de 0,15 kg a cada aumento unitário no UTI. Bernabucci et al. (2010) observaram na Itália que as vacas Holandesas diminuam 0,27 kg de leite por dia a cada aumento no UTI, acima de 68.

Temperatura retal e frequência respiratória também são utilizadas como parâmetros na avaliação do conforto animal e a sua adaptabilidade a ambientes adversos (Ferreira et al., 2009). Vacas leiteiras em termoneutralidade possuem temperatura retal entre 38°C e 39,5°C (Baccari Júnior, 2001). A frequência respiratória superior a 60 b/min indica estresse térmico, porque as vacas utilizam a evapotranspiração como mecanismo de perda de calor corporal (Hemsworth et al., 1995).

### **Estresse térmico e a produção de vacas leiteiras**

Quando ocorrem ajustes anormais na fisiologia do animal para manter os aspectos de homeostase, o animal é considerado em estado de estresse. Uma resposta biológica do animal frente a um agente estressor é formada (Moberg, 2000).

Conforme McManus et al. (2009b), o estresse por calor é considerado um dos principais fatores que afetam a redução da produtividade e desenvolvimento animal. Sem o conforto térmico o animal apresenta formas de desequilíbrios que envolvem uma série de adaptações dos sistemas respiratório, circulatório, excretor, endócrino e nervoso para manter a homeostase.

Os mecanismos biológicos que o estresse por calor afeta a produção e reprodução de vacas leiteiras é explicado pelas respostas que esses animais apresentam frente a esse agente estressor. A queda na produção de leite como resposta se dá devido à queda na ingestão de alimentos, menor função da glândula tireoide e a alta demanda energética necessária para a eliminação do calor corporal (Baccari Júnior, 2001). São diferentes as

formas como as vacas leiteiras reagem para a diminuição da produção de calor. A busca por lugares com sombra, aumento na ingestão de água, vasodilatação periférica, aumento da frequência respiratória e sudorese são algumas formas apresentadas para a dissipação de calor. A redução na ingestão de alimentos, se dá devido o mecanismo pelo qual o estresse por calor atua no hipotálamo impulsionando a saciedade e impedindo a fome (West, 2003). Alimentos que proporcionem menos calor durante o processo de digestão tem preferência, como grãos e proteínas, em relação aos volumosos (Baumgard e Rhoads, 2007).

Conforme o NRC (2001), há quedas no consumo de matéria seca em até 55% e aumentos de 7 a 25% nas exigências de manutenção em condições de estresse. Com a redução na ingestão de alimentos ocorre um menor fluxo de sangue a veia porta e a glândula mamária, ocasionando uma menor quantidade de nutrientes e de energia para a produção de leite (Beede e Shearer, 1991). Segundo Rhoads et al. (2009) pode-se existir um mecanismo direto do estresse calórico que afete a glândula mamária e consequentemente a síntese de leite. Todavia, O'Brien et al. (2010) consideram que redução entre 35 a 50% na produção do leite em vacas sob estresse térmico, é relacionado a queda no consumo, e o restante da redução ficaria sob efeito direto do calor em si.

### **Estresse calórico e características do leite**

De acordo com Bernabucci et al. (2010), o estresse por calor afeta fortemente as características do leite. Ocorrem alterações na síntese, absorção e mobilização dos metabólitos, como a glicose, ácidos graxos voláteis, lipídeos e aminoácidos (Pires, 2008). Há redução dos nutrientes e um redirecionamento do fluxo sanguíneo dos órgãos internos para os tecidos periféricos e consequentemente isso afeta a produção e composição do leite (Silva et al., 2012). Em ambientes de baixas temperaturas as vacas apresentam média de 3,47% de gordura, 3,07% de proteína e 5,08% de lactose, todavia ambientes de altas temperaturas a quantidade dos sólidos totais sofre redução, ficando com valores de 3,17% de gordura, 2,89% de proteína e 5,01% de lactose (Pinarelli, 2003).

De acordo com Bondan et al. (2018), no estudo sobre a avaliação da estação do ano sobre a produção e composição do leite, ocorreram modificações nos percentuais. Ou seja, na estação de inverno os resultados para a produção de leite e seus constituintes foi melhor, apresentando uma produção de 27,3 L/vaca/dia, 3,48% de gordura, 3,27% proteína e

4,48% lactose. Já na estação de verão os resultados encontrados foram mais baixos, com produção de 24,2 L/vaca/dia, 3,37% de gordura, 3,18% proteína, e 4,42% lactose. Noro et al. (2006) atribuíram este aumento no inverno para uma qualidade melhor nas forragens em relação a energia e proteína. Broderick (2003) observou que com um teor energético maior a concentração de lactose aumenta.

Heck et al. (2009) atribuíram redução na gordura do leite durante o verão a uma dieta à composta de ácidos graxos insaturados. Esses ácidos graxos trans interferem na atividade enzimática de  $\Delta^9$  dessaturase, que é responsável pela síntese de ácidos graxos de cadeia curta e de cadeia média na glândula mamária e que contribuem para a síntese de gordura no leite. Contudo, Rhoads et al. (2009) encontraram aumento na quantidade de gordura no leite, no período de estresse térmico. Esse achado pode estar relacionado com o aumento da lipomobilização dos animais em casos de balanço energético negativo.

A proteína é o segundo componente que mais sofre variabilidade em relação aos fatores ambientais, incluindo a nutrição. Geralmente, à medida que aumenta o teor de proteína do leite, aumenta a produção total (Carvalho, 2002). Segundo Wheelock et al. (2010), vacas com estresse térmico sofrem redução no teor de proteína no leite, devido ao catabolismo muscular ser maior, ocasionando maior concentração de nitrogênio ureico, disponibilizando maior distribuição de nitrogênio proteico para a ureia e causando uma diminuição da capacidade da síntese proteica das células da glândula mamária, reduzindo o teor de caseína, principal proteína do leite (Bernabucci et al., 2002). Outro fator associado a diminuição na concentração da proteína se dá em virtude da menor ingestão de alimentos, em consequência um menor consumo de energia e redução na síntese de proteína microbiana no rúmen.

A lactose tem papel fundamental na síntese do leite, devido ao seu principal fator osmótico do leite, onde puxa água para as células epiteliais mamárias. Em virtude da importância entre a síntese e a quantidade de água drenada para o leite, o conteúdo de lactose é o componente que tem menor variação em relação aos fatores ambientais (Gonzalez, 2001). O componente que tem menor variação em comparação a gordura e proteína pelos efeitos ambientais é a lactose (Bondan et al., 2018). Aproximadamente 50% da capacidade de atração de água para o interior do alvéolo mamário é de responsabilidade da lactose (Gonzalez et al., 2011).

O estresse térmico afeta também a estabilidade do leite no teste do álcool e no teste de coagulação (Abreu et al., 2011). Bernabucci et al. (2014) ao analisarem 1,5 milhão de registros na Itália na composição do leite, durante as estações meteorológicas apresentaram dados de que, no período de verão, os teores de gordura, proteína, sólidos totais e frações da caseína foram menores em relação ao período de inverno. Constataram também uma piora na coagulação do leite, afetando a fabricação de queijos.

### **Ferramentas utilizadas para o controle do estresse calórico**

Com o objetivo de melhorar a produtividade dos rebanhos leiteiros, vários estudos foram desenvolvidos. Processos de resfriamento do ambiente no qual os animais estão sendo criados, vêm sendo utilizados para minimizar os efeitos prejudiciais causados pelo aumento da temperatura (Hansen, 1997).

Resfriamento evaporativo é uma forma que está sendo utilizada para mitigar as altas temperaturas causadas pelas ondas de calor extremo, e é a principal forma de perda de calor disponível para os animais homeotérmicos (Robinson, 2004). A utilização de sombras artificiais, ou fornecimento natural auxilia para atenuar o efeito da radiação solar direta (Mitlohner et al., 2001; Fischer et al., 2014). Ambientes que proporcionem um conforto e conseqüentemente bem-estar animal, ajudam a melhorar o desempenho produtivo (West, 2003; Renaudeau et al., 2012).

Segundo Hansen (2019), há uma ligação entre genes e marcadores genéticos sobre a termotolerância e produtividade, que podem ser usados para a seleção assistida por marcadores. Como exemplo, o gene HSPA1L indicado em estudos com linfócitos e embriões, demonstra mutações que aumentam a resistência celular ao estresse térmico (Ortega et al., 2016). Conforme Olson et al. (2003) e Dikmen et al. (2014), foi descoberta na raça de gado caribenho Senepol, a mutação SLICK controlada por um único gene. Essa mutação está associada a melhora na tolerância ao calor, devido aos seus efeitos na pelagem do animal aumentando o fator de transpiração. Para obter as variações SLICK em uma raça bovina, é preciso introdução em uma única geração por edição gênica (Loi et al., 2016). Essa introdução de alelos ajudariam os animais a se adaptar ao estresse térmico e pode ser considerada uma estratégia importante para melhorar a eficiência produtiva.

## Referências bibliográficas

- Abreu, A.S.; Fischer, V.; Kolling, G. et al. Estresse calórico induzido por privação de acesso à sombra em vacas Holandesas reduz a produção leiteira e a estabilidade térmica do leite. Proceedings. 2ª Conferência Internacional de Leche Inestable, Colonia del Sacramento, Uruguay, 2011.
- Alves, A.C.N. et al. Avaliação do desempenho produtivo e reprodutivo de fêmeas com diferentes frações de genes de raças europeias e zebuínas em um rebanho leiteiro. Boletim da Indústria Animal, v.62, n.1, p.151-159, 2004.
- Azevedo, M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.
- Baccari Júnior, F. Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.
- Baumgard, L. H.; Rhoads, R. P. The effects of hyperthermia on nutrient partitioning. In: Proceedings of Cornell Nutritional Conference for Feed Manufacturers, New York. Proceedings... New York: Cornell University, 2007. p. 93-104.
- Beede, D. K.; Shearer, J. K. Nutritional management of dairy cattle during hot weather. Agricultural Practice and Science Journal, v. 12, n. 5, p. 5-13, 1991.
- Bernabucci, U., Biffani, S., Buggiotti, L., Vitali, A., Lacetera, N., Nardone, A. 2014. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. J. Dairy Sci. 97, 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L., Rhoads, R., Ronchi, B., Nardone, A. Effects of the hot season on milk protein fractions on Holstein cows. Animal Research. v. 51, p. 35-33. 2002.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., Nardone, A., 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. Animal 4, 1167–1183. <https://doi.org/10.1017/S175173111000090X>
- Broderick, G.A. 2003. Effects of varying protein and energy level on the production of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 86, 1370-1381.
- Carvalho, G.F. et al. 2002. Milk yield, somatic cell count and physicochemical characteristics of raw milk collected from dairy cows in Minas Gerais State. In: Congresso Panamericano de Qualidade do Leite e Controle da Mastite, Ribeirão Preto. Anais. FEPALÉ, 1 CD-ROM.
- Castanheira, M. 2009. Análise multivariada de características que influenciam a tolerância ao calor em equinos, ovinos e bovinos. 107f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.
- Cruz, L. V. et al. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, v. 9, n. 16, 2011.
- Dikmen S, Khan FA, Huson HJ, Sonstegard TS, Moss JI, Dahl GE, et al. 2014. The slick hair locus derived from Senepol cattle confers thermotolerance to intensively managed lactating Holstein cows. J Dairy Sci, v. 97, p. 5508–5520. doi:10.3168/jds.2014-8087.

- Dikmen, S.; Hensen, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, v. 92, n. 1, p. 109-116, 2009.
- Ferreira, F.; Campos, W.E.; Carvalho, A.U.; Pires, M.F.A.; Martinez, M.L.; Silva, M.V.; Verneque, R.S.; Silva, P.F. Parâmetros clínicos, hematológicos, bioquímicos e hormonais de bovinos submetidos ao estresse calórico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 61, p. 769-776, 2009.
- Fischer, V.; Vizzotto, E.F.; Abreu, A.S.; Thaler, A.; Stumpf, M.T.; Werncke, D.; Schmidt, F.A. Behaviour of lactating dairy cows under mild and severe heat stress with free access or not to shade. In: Joint Annual Meeting, Kansas, MI, July 2014, Proceedings....
- González, F.H.D. Composição bioquímica do leite e hormônios da lactação. In: *Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2001.
- González, F.H.D.; Noro, G. Variações na composição do leite no subtrópico brasileiro. In: González, F.H.D.; Pinto, A.T.; Zanella, M.B.; Fischer, V.; Bondan, C. *Qualidade do leite bovino: variações no trópico e no subtrópico*, Passo Fundo: UPF Editora, 2011, cap.2, p.28-53.
- Hansen PJ, Aréchiga CF. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *J Anim Sci* 1999;77 Suppl 2:36–50. doi:10.2527/1997.77suppl\_236x.
- Hansen PJ. Reproductive physiology of the heat-stressed dairy cow: implications for fertility and assisted reproduction. *Anim Reprod* 2019;16:497–507.
- Heck, J.M.; Van Valenberg, H.J.; Dijkstra, J.; Van Hooijdonk, A.C. 2009. Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *Journal of Dairy Science* 92, 4745-4755.
- Hemsworth, P.H.; Barnett, J.L.; Beveridge, L.; Matthwes, L.R. The welfare of extensively managed dairy cattle: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 42, p. 161–182, 1995.
- Johnson, H. D. et al. Effect of various temperature-humidity combinations on milk Productions of Holstein cattle. Columbia: University of Missouri, 1962. 39 p.
- Loi P, Toschi P, Zacchini F, Ptak G, Scapolo PA, Capra E, et al. Synergies between assisted reproduction technologies and functional genomics. *Genet Sel Evol* 2016, v. 48, p. 53. doi:10.1186/s12711-016-0231-z
- Martello, L. S. Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em free-stall, 2006. 106 f. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal) - Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2006.
- Martello, L. S.; Savastano Junior, H.; Pinheiro, M. G. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 24, n.2, p. 263-273, maio/ago. 2004.
- McManus, C. et al. Heat tolerance in Brazilian sheep: physiological and blood parameters. *Tropical Animal Health and Production*, v. 41, n.1, p. 95-101. 2009b.
- Melo, A.F. et al. Efeitos do estresse térmico na produção de vacas leiteiras: Revisão. *PUBVET*, v.10, n.10, p.721-730, 2016.

- Mitlöhner, F.M. et al. Shade and water misting effects on behaviour, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, v. 79, p. 2327–2335, 2001.
- Moberg, G. P. Biological responses to stress: implications for animal welfare. In: Moberg, G. P.; J. A. (Ed.). *The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare*. Wallingford: CABI international, 2000. P. 1-22.
- Naas, I.A. Tipologia de instalações em clima quente. In: *Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite*, Piracicaba, 1998. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1998. P.146-155.
- Noro, G.; et al. Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por cooperativas no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.1129- 1135, 2006.
- O'Brien, M.D.; Rhoads, R.P.; Sanders, S.R.; Duff, G.C.; Baumgard, L.H. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Domestic Animal Endocrinology*, v. 38, p. 86-94, 2010.
- Olson TA, Lucena C, Chase CC, Hammond AC. Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in *Bos taurus* cattle. *J Anim Sci* 2003;81:80–90. doi:10.2527/2003.81180x. 812.
- Ortega MS, Rocha-Frigoni NAS, Mingoti GZ, Roth Z, Hansen PJ. Modification of embryonic resistance to heat shock in cattle by melatonin and genetic variation in HSPA1L. *J Dairy Sci* 2016;99:9152–64. doi:10.3168/jds.2016-11501.
- Pinarelli, C. The effect of heat stress on milk yield. *Latte*, v. 28, n.12, p. 36-38, 2003.
- Pires, M. F. A.; Campos, A. T. Conforto Animal para maior produção de leite. Viçosa: CPT – Centro de Produções Técnicas, 2008, p. 254.
- Renaudeau, D.; Collin, A.; Yahav, S.; Babilio, V.; Gourdiene, J.L.; Collier, R.J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, v. 6, p. 707-728, 2012.
- Rhoads, M.L.; Rhoads, R.P.; Van Baale, M.J.; Collier, R.J.; Sanders, S.R.; Weber, W.J.; Crooker, B.A.; Baumgard, L.H. 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, p. 1986-1997, 2009.
- Robinson, N. E. Homeostase, termorregulação. In: Cunningham, J. G. *Tratado de Fisiologia Veterinária*. 3. Ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2004. P.550-561.
- Sampaio, C. A. P. et al. Avaliação do ambiente térmico em instalações para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. *Ciência Rural*, v.34, n. 3, p. 785-790, 2004.
- Silva, I. J. O. et al. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 5, p. 2036-2042, 2002.
- Silva, T.P.D., Oliveira, R.G. et al. 2012. Efeito da exposição à radiação solar sobre parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiças (Holandês X Gir) no sul do estado do Piauí. *Comun. Sci.* 3, 299–305.
- Valentim, J. K. et al. Efeito do estresse térmico por calor em vacas leiteiras. *Nutrimente Revista eletrônica*, v.15, n.01, p. 8107-8114, 2018.

- West, J. W. et al. Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. *Journal Dairy Science*, Champaign, v. 86, n. 1, p. 232-242, 2003.
- West, J.W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 86, p. 2131-2144, 2003.
- Wheelock, J. B; Rhoads, R. P.; Van Baale, M. J.; Sanders, S. R. et al. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* v.93, n. 2, p.644-655, 2010.
- Zimbelman, R. B. et al. A re-evaluation of the impact of the temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. In: COLLIER, R. J. *Proceedings of the Southwest Nutrition Conference*, Arizona, [s.n], 2009. P. 158-169.