

---

## Estresse térmico: desafios e perspectivas para seleção na raça Girolando

Renata Negri, Darlene Daltro, Sabrina Kluska, Pamela Itajara Otto, Luiz Sergio De Almeida Camargo, Marcos Vinícius G. Barbosa da Silva

### 1. Introdução

A pecuária leiteira, no Brasil, pode ser dividida em diferentes níveis organizacionais e tecnológicos, que vão desde as pequenas propriedades rurais até grandes cooperativas e laticínios (WILLERS *et al.*, 2014), gerando empregos e obtenção de alimentos com qualidade (WERNCKE *et al.*, 2016). Visando o aumento da produção e da qualidade, melhorias genéticas e de manejo dos rebanhos (ambiente) têm sido efetuadas ao longo dos anos, a fim de tornar as vacas mais eficientes e as propriedades mais lucrativas.

Devido à continentalidade do país e à grande variação dos sistemas de produção, se tornou essencial o desenvolvimento de uma raça que combinasse a alta capacidade de produção de leite à rusticidade. Sendo assim, por volta de 1940, foram realizados os primeiros cruzamentos entre as raças Holandês e Gir, ainda de modo empírico, dando origem à população que foi posteriormente chamada de raça Girolando. Os produtos desse cruzamento se destacavam pela excelente produtividade, pela alta fertilidade e pelo bom vigor (SILVA *et al.*, 2021). Com os bons resultados obtidos, a prática desse cruzamento espalhou-se rapidamente por todo o Brasil e, em pouco tempo, o Girolando já era o gado predominante nas propriedades brasileiras.

Em 1996, ocorreu a oficialização da raça Girolando pelo Ministério da Agricultura, e a entidade Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, foi encarregada do Registro Genealógico destes animais, tendo por finalidade principal incrementar, de maneira racional, a criação da raça Girolando, congregando e defendendo os interesses de seus associados (FREITAS *et al.*, 2007).

## 2. Teste de Progênie e o Programa de Melhoramento Genético da raça Girolando (PMGG)

Posteriormente, em 1997, foi implantado o teste de progênie da raça Girolando e, em 2004, os primeiros resultados da avaliação genética para produção de leite em até 305 dias, de seis touros Girolando, foram publicados pela Embrapa Gado de Leite e Associação Brasileira de Criadores de Girolando. Em 2005, a publicação dos resultados da avaliação genética foi feita em forma de folder e, em 2007, com a implantação do Programa de Melhoramento Genético da raça Girolando (PMGG), passaram a ser publicados no formato de sumário (FREITAS *et al.*, 2007), o qual é utilizado desde então.

Os avanços tecnológicos permitiram incorporar informações de alguns marcadores moleculares, em 2009: Kappa-caseína (K-CN), diacilglicerol O-aciltransferase 1 (DGAT1), deficiência de Adesão Leucocitária Bovina (BLAD) e osteopontina (OPN), além de ter sido iniciada a coleta de informações do sistema de avaliação linear do Girolando (SALG) (Freitas *et al.*, 2009). No ano de 2010, houve a ampliação do número de marcadores publicados:  $\beta$ -lactoglobulina ( $\beta$ -LGB), deficiência da uridina monofosfato sintase (DUMPS) e doença do complexo de má formação vertebral (CVM) (SILVA *et al.*, 2010).

Os primeiros resultados da habilidade prevista de transmissão padronizada (STA) para conformação (SILVA *et al.*, 2011) foram publicados em 2011 e, no ano seguinte, foi incorporada a avaliação genética para a idade ao primeiro parto (SILVA *et al.*, 2012). Em 2013, juntamente com o Sumário de Touros, também foi lançado o Sumário de vacas Girolando - Top 1.000, com a classificação das mil vacas de maior valor genético para a produção de leite da raça (FREITAS *et al.*, 2013). E, em 2016, foi incluída na divulgação a informação do marcador molecular Beta-caseína (B-CN) (SILVA *et al.*, 2016).

Dois anos depois do lançamento do Sumário de Fêmeas, em 2018, foi desenvolvida uma ferramenta genômica para a raça Girolando, chamada Clarífide® Girolando, fruto da parceria público-privada entre a Embrapa Gado de Leite, Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, CRV-Lagoa e Zoetis. A partir do lançamento dessa ferramenta, os touros candidatos ao teste de progênie puderam ser escolhidos de forma mais precisa, tendo sido observado um salto genético a partir de então. Em 2019, foram publicadas pela primeira vez as PTAs genômicas (GPTA) para produção de leite em até 305 dias, para idade

ao primeiro parto e intervalo de partos por meio do uso da ferramenta Clarifide® Girolando (SILVA *et al.*, 2019). E por fim, no ano de 2021, o índice de longevidade foi incluído na avaliação genética e genômicas da raça (SILVA *et al.*, 2021).

São notáveis os grandes avanços obtidos na raça Girolando. Em termos de progresso científico, as avaliações genéticas evoluíram muito no tocante à modelagem estatística, ampliação das características avaliadas e recentemente com as publicações das GPTAs. Além disso, é nítido que o melhoramento genético dos rebanhos vem sendo realizado com sucesso nas propriedades que fazem o uso adequado desta ferramenta. O resultado pode ser comprovado analisando a produção de leite média (kg) por lactação na raça Girolando, a qual, em 1989, era de aproximadamente 1.990 kg e, em 2018, já ultrapassava os 5.400 kg.

Atualmente, a raça Girolando é responsável por 80% do total de leite bovino produzido no país (SILVA *et al.*, 2021). O sucesso no uso da raça também reflete nas estatísticas do setor de laticínios do país. Em 1997, o Brasil produzia 18,7 bilhões de litros de leite (ROCHA *et al.*, 2020), enquanto que em 2020, a produção estimada já ultrapassava os 25,5 bilhões de litros de leite (CONAB, 2021). No entanto, é importante salientar que apesar dos avanços científicos, há oscilação nos índices produtivos e reprodutivos dos bovinos leiteiros, principalmente em virtude dos fatores climáticos (CONAB, 2021).

Estes fatores climáticos podem afetar tanto a produção de alimentos, o que irá impactar a produção de leite, quanto as condições ambientais dos animais, muitas vezes ocasionando quadros de estresse térmico, principalmente nos meses mais quentes do ano. O estresse térmico tem como principal efeito a redução na produção de leite dos animais, e como efeitos secundários impactos na saúde, reprodução e bem-estar dos animais (TAO *et al.*, 2020). Neste sentido, a investigação dos efeitos do estresse térmico na produção animal e seu impacto econômico na raça Girolando são de extrema importância, bem como a possibilidade de praticar a seleção dos animais que sejam capazes de manter a produtividade, independente da condição ambiental.

### 3. O estresse térmico

Por definição, o estresse térmico pode ser descrito como o somatório de forças externas aos animais homeotérmicos, causando impactos negativos no organismo (DIKMEN; HANSEN, 2009) e desencadeando respostas comportamentais, fisiológicas e metabólicas (KOLMODIN *et al.*, 2002), que podem levar à redução da produção, comprometimento reprodutivo e deterioração das condições de vida (saúde e bem-estar) e, em casos extremos, até à morte (MADER *et al.*, 2006).

Historicamente, os programas de melhoramento genético de bovinos de leite se concentraram na seleção para a produção de leite (HOULAHAN *et al.*, 2021). No entanto, com a seleção intensa para produção, houve um comprometimento da termotolerância dos animais quanto às variações ambientais, tornando-os mais sensíveis à medida em que a seleção para produção era intensificada (correlação genética -0,30, RAVAGNOLO & MISZTAL, 2000).

Segundo Bouraoui *et al.* (2002), os animais de alto mérito genético para produção de leite são os mais afetados pelo estresse térmico. Isto ocorre porque os animais são dependentes de grande ingestão de matéria seca, resultando em excesso de calor metabólico e, portanto, necessitam de mecanismos termorregulatórios eficazes para manter a homeostasia fisiológica (BERTONCELLI *et al.*, 2013). Dessa forma, vacas de alta expressão genética para a produção de leite são mais sensíveis aos efeitos do estresse térmico do que aquelas de menor produção (SILVA; SOUZA JÚNIOR, 2013).

Diante da exigência de eficiência produtiva dos sistemas de produção nos últimos anos, o estresse térmico passou a ser considerado um dos fatores de maior impacto econômico para a pecuária leiteira, principalmente em países de clima tropical (POLSKY; KEYSERLINGK, 2017). Além das perdas econômicas relacionadas à produtividade, a exposição aos fatores estressores incide em impactos negativos na saúde e bem-estar animal (NARDONE *et al.*, 2010).

É relatado que animais *Bos primigenius indicus* têm uma capacidade maior de regular a temperatura corporal quando comparados a animais *Bos primigenius taurus* (MOURA *et al.*, 2021), uma vez que os primeiros foram submetidos à seleção natural em ambiente tropical por milhares de anos (OTTO *et al.*, 2019). Parte dessa capacidade de regulação da temperatura corporal

resulta em menores taxas metabólicas e maior capacidade de perda de calor por meio de mecanismos termorreguladores, o que auxilia na prevenção do estresse por calor (Hansen, 2004). Em contraste, os animais *Bos primigenius taurus* são mais suscetíveis aos efeitos deletérios do estresse térmico (RENAUDEAU *et al.*, 2012) devido à grande quantidade de calor metabólico produzido pela alta produção de leite (GANTNER *et al.*, 2017), ou seja, a seleção para animais mais produtivos resultou na seleção de animais mais susceptíveis ao estresse térmico. O grande desafio para animais de alta produção leiteira criados em ambientes quentes é dissipar o calor produzido pelo próprio metabolismo, dado que há elevação da produção de calor metabólico no animal com o aumento da produção de leite (WEST *et al.*, 2003).

Além do potencial genético, o ambiente é outro fator que influencia diretamente a expressão fenotípica das características. Para que os bovinos leiteiros possam expressar seu potencial genético para características de importância econômica, eles devem ser criados em condições meteorológicas adequadas, ou seja, devem ser mantidos na zona de termoneutralidade, com alimentação adequada, tanto em quantidade e qualidade. Contudo, grande parte do leite no Brasil é produzido em sistemas de pastejo, em ambientes desafiadores, onde os animais estão propensos ao estresse térmico, e essas circunstâncias devem ser consideradas no objetivo de criação (FERRAZ; DE FELÍCIO, 2010). Uma alternativa para superar esses desafios, buscando produzir leite de forma eficiente em regiões tropicais e subtropicais, é a seleção para termotolerância dentro das raças puras, além da utilização de cruzamentos e, ou, raças sintéticas ou compostas, com alguma fração de sua composição racial oriunda de *Bos primigenius indicus*, como a raça Girolando (OTTO *et al.*, 2019). No entanto, a suposição é de que os distintos cruzamentos sob controle de genealogia (CCG) para formação da raça Girolando podem resultar em diferentes respostas ao estresse térmico, particularmente para os CCGs com maior proporção de *Bos primigenius taurus*.

Na literatura são encontrados poucos estudos que tratam da avaliação da termotolerância de vacas Girolando, sendo que aqueles existentes, foram conduzidos em condições limitadas e com números reduzidos de unidades experimentais. No entanto, entre as raças zebuínas, a superioridade da raça

Girolando no Brasil já foi investigada e comprovada quando se trata de respostas fisiológicas ao estresse térmico (CARDOSO *et al.*, 2015).

Estudo realizado por Lima *et al.* (2013), no período de verão, no estado de Pernambuco, utilizando 15 animais de três CCGs: 1/2, 5/8 e 3/4 Holandês-Gir (H:G, determinada pela proporção da raça Holandesa), ou seja, 05 vacas de cada grupo genético, mostrou que animais do grupo 1/2 H:G apresentam maior adaptabilidade ao calor. Como esperado, os animais com maior proporção das raças zebuínas na composição genética são mais tolerantes às condições de calor.

Estudo semelhante, realizado por Costa *et al.* (2015) no estado do Ceará, também apontou a superioridade de vacas 1/2 H:G para termorregulação, quando comparadas a vacas 3/4 H:G em condições de estresse térmico. De acordo com Hansen (2004), a maior resistência de bovinos de origem zebuína (*Bos primigenius indicus*) ao estresse térmico, comparados aos bovinos taurinos (*Bos primigenius taurus*) é explicada pelo maior volume de glândulas sudoríparas verificadas nos primeiros, consequência da adaptação ao ambiente natural.

Em um estudo de associação de todo o genoma (GWAS) e análises pós-GWAS para estresse por calor em uma população experimental Gir x Holandês F2, realizado por Otto *et al.* (2019), quatro genes candidatos (*LIF*, *OSM*, *TXNRD2* e *DGCR8*) envolvidos com processos biológicos associados à resposta aos efeitos do estresse foram identificados. De acordo com a abordagem de origem dos alelos da raça (BOA), os autores descreveram que alelos oriundos da raça Holandesa podem estar associados à melhor resposta aos efeitos do estresse térmico, o que pode ser explicado pelo fato de que os animais desta raça são mais afetados do que os animais Gir e, portanto, exigem uma arquitetura genética para defender o corpo dos efeitos deletérios do estresse térmico (OTTO *et al.*, 2019).

Para contornar os desafios impostos nos sistemas de criação em regiões tropicais, duas estratégias podem ser utilizadas: as modificações estruturais do ambiente de produção e a seleção de animais tolerantes ao calor. As modificações estruturais do ambiente, apesar de promoverem condições de conforto térmico no local onde são instaladas, requerem alto investimento e não são herdáveis geneticamente pelos animais. Nesse contexto, para superar os

desafios provocados pelo estresse térmico, a seleção genética para melhorar a termotolerância é a estratégia mais viável e efetiva, pois representa a única ferramenta que pode melhorar de forma permanente o desempenho animal (NEGRI *et al.*, 2021).

Assim, algumas iniciativas de definição dos critérios de seleção estão em desenvolvimento no nosso país: o uso do índice de temperatura e umidade e a utilização da curva de temperatura vaginal ao longo do dia como indicadores de estresse térmico.

#### **4. Uso do índice de temperatura e umidade como indicador de estresse térmico**

Apesar da importância econômica da pecuária leiteira e do grande número de pesquisas na área, há uma lacuna em relação ao entendimento da interação genótipo-ambiente e os efeitos do estresse térmico para seleção animais da raça Girolando, visando o equilíbrio entre produção de leite e termotolerância.

Além das alterações na temperatura, as mudanças climáticas bruscas podem induzir alterações fisiológicas e comportamentais dos animais, principalmente aqueles criados em áreas tropicais (DE ANDRADE FERRAZZA *et al.*, 2017). Nessa acepção, Bohmanova *et al.* (2008) enfatizaram que as variáveis bioclimáticas desempenham papel expressivo na definição de diferentes ambientes produtivos e têm sido amplamente investigadas para uso na seleção da termotolerância.

Dentre os fatores que influenciam o estresse térmico, encontram-se a radiação solar, a umidade relativa do ar, a temperatura ambiente, a idade do animal, a capacidade homeotérmica, a raça, a capacidade produtiva, o estado nutricional e o sistema reprodutivo (CUNNINGHAM, 2008). Embora a temperatura ambiente seja frequentemente considerada como o fator climático mais importante, a umidade relativa do ar é outro agente importante para os animais que dependem de mecanismos de evaporação para dissipar o calor corporal (PINHEIRO *et al.*, 2015). Quanto maior a umidade relativa do ar associada às altas temperaturas, menos eficiente será a dissipação do calor, pois a umidade relativa elevada prejudica a liberação de calor por meio da respiração de várias espécies animais, principalmente pela dificuldade de troca térmica (SOUZA; BATISTA, 2012).

A combinação da temperatura e da umidade em um índice bioclimático, denominado índice de temperatura e umidade (ITU), representa os efeitos combinados da temperatura e umidade do ar (ARMSTRONG, 1994; HAHN *et al.*, 2003), e é geralmente utilizado para avaliar o grau de estresse térmico em vacas (RAVAGNOLO; MISZTAL, 2000), além de desempenhar papel expressivo na caracterização de diferentes ambientes produtivos (BOHMANOVA *et al.*, 2008).

Originalmente desenvolvido por Thom (1958) para detectar o estresse térmico em seres humanos, o ITU é um índice de valor único desenvolvido para avaliar o desconforto relacionado à alta temperatura ambiente combinada à alta umidade relativa. Posteriormente, a proposta inicial para calcular o ITU foi melhorada por Berry *et al.* (1964), tornando-se o indicador mundial de estresse térmico em bovinos. Depois, muitos pesquisadores apresentaram propostas para a equação, sendo que a metodologia sugerida pelo National Research Council (NRC, 1971) é a mais utilizada atualmente (BOHMANOVA *et al.*, 2007; BOHMANOVA *et al.*, 2008; DIKEMEN & HANSEN, 2009; BRÜGEMANN *et al.*, 2012; HAMMAMI *et al.*, 2013; NEGRI *et al.*, 2021).

A inter-relação entre a temperatura e a umidade do ar é importante para o bem-estar animal e para a rentabilidade dos sistemas de produção animal (HERBUTE; ANGRECKA, 2012). Nesse sentido, o ITU é utilizado para caracterizar e quantificar as zonas de conforto térmico adequadas às diferentes espécies animais, conjugando em uma única variável os elementos que caracterizam o ambiente térmico associado ao animal e as suas influências (PERISSINOTTO; MOURA, 2007; PIRES; CAMPOS, 2008). Assim, o animal dentro de uma faixa de ITU considerada adequada produzirá de acordo com o seu potencial genético, caso as outras condições limitantes também estejam em níveis adequados.

Em estudo avaliando bovinos da geração F2 (1/2 Holandês x 1/2 Gir), Ferreira *et al.* (2006) constataram que valores de ITU de 69 a 70 indicam condições não estressantes, enquanto que valores superiores a 83 indicam estresse severo. Azevedo *et al.* (2005) estimaram limites críticos superiores de ITU baseados na temperatura retal, sendo os limites de 80, 77 e 75 para animais do grupo genético 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês x Zebu, respectivamente. Portanto, os níveis críticos de ITU poderiam fornecer subsídios aos criadores para adoção de

técnicas de manejo que minimizem os problemas decorrentes do estresse térmico em seus rebanhos (AZEVEDO *et al.*, 2005).

Todavia, o ITU não é rotineiramente considerado nas avaliações genéticas e pode comprometer a correta identificação e seleção dos animais geneticamente superiores para produção de leite. Além disso, sua inclusão nas avaliações genéticas nacionais da raça permitiriam realizar a predição dos valores genéticos para um novo fenótipo, a tolerância ao calor.

A grande vantagem dessa abordagem é não despender nenhum custo extra para a colheita dos fenótipos, uma vez que os controles parciais de produção de leite já são obtidos pelo serviço de controle leiteiro oficial da Associação Brasileira dos Criadores de Girolando e as informações bioclimáticas podem ser conseguidas por meio de estações meteorológicas públicas, localizadas próximas aos rebanhos avaliados.

## **5. Uso do índice de temperatura e umidade - resultados preliminares**

Os estudos preliminares foram realizados com base nos controles parciais de rebanhos distribuídos em todo o território brasileiro, coletados pelo Serviço de Controle Leiteiro Oficial da Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, sendo disponibilizados em parceria com a Embrapa Gado de Leite. Os dados consistiram na produção de leite no dia do controle (TD) de vacas Girolando com diferentes composições raciais (7/8H:G, 3/4H:G, 5/8H:G, 1/2H:G, 3/8H:G, 1/4H:G) de primeira ordem de parto, coletados entre 2000 e 2020.

Para as análises foram consideradas somente vacas com idade entre 18 e 53 meses, considerando os dias em lactação (DIM) que variaram de 5 a 305, com TD dentro do intervalo de  $\pm 3$  desvios-padrão. Apenas animais saudáveis, com causas de encerramento de lactação consideradas normais e com pelo menos quatro controles durante a lactação foram mantidas para as análises. O tamanho estabelecido para cada grupo de contemporâneos (GC, rebanho-anomês de controle) foi de no mínimo três animais. Cada touro deveria ter no mínimo uma filha em pelo menos dois GC. Após as restrições, foram analisadas 653.956 informações de TD, de 69.431 vacas Girolando de diferentes composições raciais. O arquivo de pedigree incluiu 119.454 animais.

Os dados climáticas da temperatura do bulbo seco (TB, ° C) e umidade relativa média diária (UR, %) foram acessados no site do Instituto Nacional de

Meteorologia (INMET). Foram baixadas informações de 167 estações meteorológicas (representando 429 municípios). O índice de temperatura e umidade (ITU) foi calculado de acordo com a equação descrita pelo National Research Council (NRC, 1971).

As médias diárias do ITU foram testadas até três dias antes de cada registro de TD: ITU no registro TD (ITU0), um dia antes (ITU1), dois dias antes (ITU2), três dias antes (ITU3), média de dois dias antes de cada TD (ITUM01) e média de três dias antes de cada TD (ITUM012).

As análises de regressão aleatória foram conduzidas utilizando um modelo unicaracterística única que incluiu os efeitos aleatórios de animal, ambiente permanente e erro. O GC, frequência de ordenha, heterozigosidade, ITU e amplitude do ITU no dia do controle leiteiro, foram considerados como efeitos fixos do modelo. Como covariáveis, foram considerados os efeitos linear e quadrático da idade da vaca ao parto. A curva de lactação média (classe de idade e estação de parto) e os efeitos aleatórios genéticos aditivos de animais e de ambiente permanente foram ajustados por regressões em DIM, com polinômios de Legendre (Kirkpatrick *et al.*, 1994) de terceira ordem (grau quatro). Todos os componentes de variância e covariância foram estimados via REMLF90 (MISZTAL *et al.*, 2002).

A qualidade de ajuste foi avaliada considerando modelos não aninhados e penalidades, de acordo com o número de parâmetros a serem estimados: função log-verossimilhança (-2logL); Critério de informação de Akaike (AIC); e o critério de informação bayesiano de Schwarz (BIC).

O modelo que utilizou ITU0 apresentou o melhor ajuste de acordo com os critérios utilizados (-2logL, AIC e BIC). Ou seja, a informação bioclimática coletada no dia do controle leiteiro pode explicar melhor o comportamento produtivo dos animais Girolando de diferentes composições raciais. Biologicamente, deve-se considerar a composição genética dos animais, onde uma proporção é oriunda de *Bos primigenius indicus*, ficando evidente o indicativo de herança da adaptabilidade e de tolerância ao calor. O efeito residual do estresse térmico não apresentou impacto significativo, ou seja, a resposta ao estresse térmico foi imediata e não cumulativa, tornando o uso da raça Girolando uma alternativa para ambientes desafiadores ou mais susceptíveis às mudanças climáticas bruscas.

Acredita-se que exista diferenças nas respostas fisiológicas associadas à produção de leite das diferentes CCGs que originam a raça Girolando, que serão os objetivos das pesquisas subsequentes. Além disso, é preciso identificar e classificar os animais conforme sua tolerância ao estresse térmico. A identificação dentro de CCG e entre CCGs permitirão o direcionamento de uso de cada material genético, conforme as condições locais de cada região brasileira, permitindo ao criador a escolha e utilização dos animais conforme suas condições reais de manejo e de ambiente, visando estabelecer um sistema de criação economicamente viável e cada vez mais eficiente.

## **6. Curva de temperatura vaginal ao longo do dia como indicador de estresse térmico**

Além das medidas ambientais como indicadores de estresse térmico, também é possível realizar medidas individuais nos animais para detectar o estresse por calor. Estudos mostraram correlação alta e positiva entre a temperatura vaginal e a frequência respiratória, demonstrando que o aumento da temperatura corporal é um indicador de que o estresse térmico excedeu a capacidade de troca de calor da vaca leiteira (CVETKOVIC *et al.*, 2005).

Além de ser um provável indicador de estresse térmico, a temperatura vaginal tem implicações diretas nos resultados reprodutivos de bovinos leiteiros (POLSKY *et al.*, 2017). GWAZDAUSKAS *et al.* (1973) relataram pela primeira vez que aumento da ordem de 0,5 ° C da temperatura uterina resultou em diminuição da taxa de concepção de 6,9 a 12,8% em vacas leiteiras.

Outra grande vantagem de utilizar o monitoramento da temperatura vaginal ao longo do dia é que esse é um método não invasivo que possibilita o monitoramento contínuo da temperatura corporal, sem submeter os animais às condições estressantes de manejo e contenção (VICKERS *et al.*, 2010; BURFEIND *et al.* 2011; KAUFMAN *et al.*, 2018; CARVALHEIRA *et al.*, 2019). Segundo Kaufman *et al.* (2018), em comparação com a temperatura retal, a temperatura vaginal mostrou relações mais fortes com o ITU e pode ser usada para determinar o estresse térmico em bovinos leiteiros.

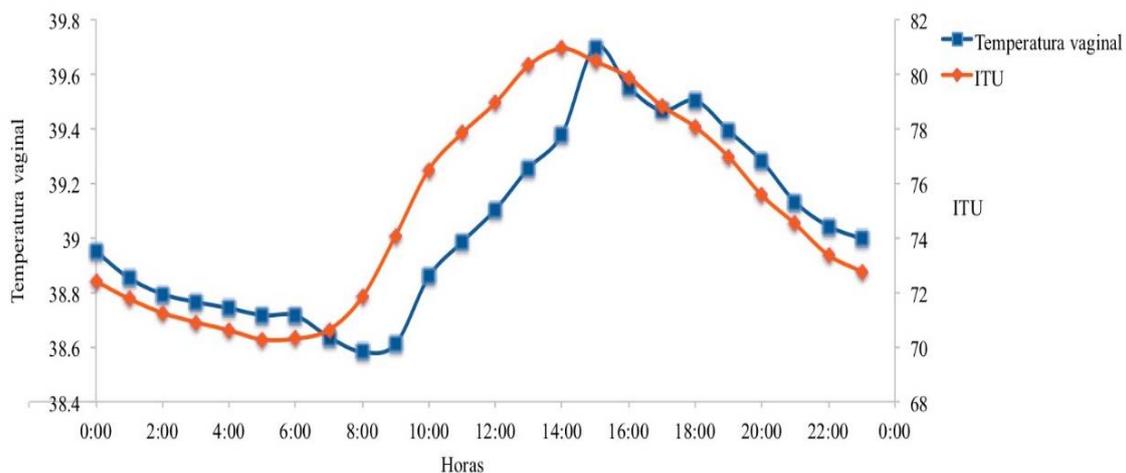
A temperatura vaginal é influenciada pela composição racial dos animais, indicando que animais com diferentes composições genéticas entram em estresse térmico em diferentes condições. Em trabalho conduzido por

Carvalho *et al.* (2021), os autores relataram que a temperatura vaginal de animais com maior grau de sangue Holandês tende a ser mais alta quando comparada a animais 1/2 H:G. Além disso os autores afirmaram que animais Girolando com composição genética maior do que 3/4 Holandês apresentam reduzida eficiência termorregulatória.

Em estudo conduzido no verão, outono e inverno, com novilhas da raça Holandês, Tian *et al.* (2021) relataram que o ideal seria a combinação das medidas de ITU e temperatura vaginal como indicadores de estresse por calor. De acordo com os autores o estresse por calor é causado quando o ITU é acima de 68 e a temperatura vaginal atinge 38,32 °C.

## 7. Variações ao longo do dia da temperatura vaginal

As variações de temperatura vaginal ao longo do dia em vacas Girolandas está alinhada as variações de ITU, porém com uma diferença aproximada de 1h (Figura 1).



**Figura 1.** Variação da temperatura vaginal de vacas Girolandas e do índice de temperatura e umidade (ITU) ao longo de 24h.

Em estudo conduzido na Embrapa Gado de Leite (CARVALHEIRA *et al.*, 2021) verificou-se que a temperatura vaginal diminui rapidamente entre 00:00h e 8:00h, caindo de 39°C a 38,6°C e atingindo o valor máximo de 39,6°C próximo às 15:00h, uma hora depois do maior valor observado de ITU (81,3). Vários fatores afetam a temperatura vaginal, como gestação e condição corporal. Vacas Girolando no primeiro e segundo trimestre de gestação apresentaram menor

( $P < 0,001$ ) temperatura vaginal do que vacas no terceiro trimestre de gestação, assim como vacas com condição corporal baixa (2,5 em uma escala de 1-5) apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) temperatura ( $39,18 \pm 0,05^\circ\text{C}$ ) do que vacas com condição corporal de 3 ( $39,03 \pm 0,04^\circ\text{C}$ ); 3,5 ( $39,00 \pm 0,04^\circ\text{C}$ ) e 4 ( $38,92 \pm 0,08^\circ\text{C}$ ), embora os valores não sejam muitos distantes entre si. Interessantemente, neste estudo, não houve efeito da produção de leite diária na temperatura vaginal, possivelmente pela produção de leite da maioria dos animais Girolando (71%) neste estudo estar entre 10 e 30 litros diários.

Um fator de efeito na temperatura vaginal na raça Girolando é a composição racial do animal. Vacas 1/2 H:G têm menor temperatura vaginal do que vacas 3/4 H:G e 7/8 H:G; e tal diferença é melhor observada entre 12:00 e 20:00h, períodos onde o ITU é mais elevado. Nestes horários, as diferenças de temperatura vaginal podem variar de 0,5 a  $1^\circ\text{C}$  entre as vacas 1/2 H:G e as vacas 3/4 H:G e 7/8 H:G. Tais diferenças podem estar ligadas à melhor regulação da temperatura corporal da raça Gir de maneira que quanto maior for o grau de sangue Gir, mais eficiente a regulação da temperatura. De modo geral, observa-se que a temperatura vaginal tem aumento linear de  $0,05^\circ\text{C}$  ( $P < 0,001$ ) para cada aumento de ITU (CARVALHEIRA *et al.*, 2021).

Neste estudo, foi possível fazer associação genômica ampla com as variações diárias de temperatura vaginal (Camargo, comunicação pessoal). Usando modelo de regressão linear para temperatura vaginal com mais de 35.000 dados coletados em intervalos de 30 min durante 48h foi possível identificar variação genética nos cromossomos 15, 17 e 23 em janelas de 10 SNPs consecutivos. Por meio de análises de ontologia genica e enriquecimento observou-se quatro genes com funções biológicas em termogênese adaptativa, que deverão ser alvos de novos estudos para verificar sua associação e possíveis alelos que possam estar associados à uma melhor regulação da temperatura corpórea.

## 8. Conclusão

O estresse térmico é um problema real e de grande impacto na indústria de laticínios. As pesquisas realizadas até o momento demonstram a importância da investigação dos efeitos do estresse térmico na raça Girolando. A adoção do índice de temperatura e umidade e da curva da temperatura vaginal como

critérios de seleção permitirão constituir uma base sólida de informações e direcionar melhor os acasalamentos conforme o objetivo de cada criador.

Todas estas pesquisas e iniciativas constituem um pool de recursos que permitem e permitirão desvendar características intrínsecas da natureza dos animais Girolando, proporcionando melhor compreensão dos mecanismos de defesa corporal e auxiliando na tomada de decisões e direcionamento dos programas de melhoramento genético, conforme os objetivos de seleção, exigências do mercado e atendendo aos requisitos de bem-estar animal.

## 9. Referências

ARMSTRONG, D. V. Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, p. 2044-2050, 1994.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. 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**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.

BERRY, I. L.; SHANKLIN, M. D.; JOHNSON, H. D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 7, n. 3, p. 329-331, 1964.

BERTONCELLI, P.; MARTIN, T. N.; ZIECH, M. F.; PARIS, W.; CELLA, P. S. Conforto térmico alterando a produção leiteira. **Enciclopédia Biofesra**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 762-777, 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**, Champaign, v. 90, n. 4, p. 1947-1956, 2007.

BOHMANOVA, J.; Misztal, I.; Tsuruta, S.; Norman, H. D.; Lawlor, T. J. Short communication: Genotype by environment interaction due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, p. 840-846, 2008.

BOURAOUI, R.; Lahmar, M.; Majdoub, A.; Djemali, M.; Belyea, R. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a

Mediterranean climate. **Animal Research**, Cambridge, v. 51, n. 1, p. 479-491, 2002.

BRÜGEMANN, K. *et al.* Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. **Archives für Tierzucht**, Berlin, v. 55, n. 1, p. 13-24, 2012.

CARDOSO, C. C.; PERIPOLLI, V.; AMADOR, S. A.; BRANDÃO, E. G.; ESTEVES, G. I. F.; SOUSA, C. M. Z.; FRANÇA, M. F. M. S.; GONÇALVES, F. G.; BARBOSA, F. A.; MONTALVÃO, T. C.; MARTINS, C. F.; FONSECA NETO, A. M.; McMANUS, C. Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle. **Livestock Science**, Netherlands, v. 182, p. 82-93, 2015.

CVETKOVIC, B.; SMITH, J. F.; HARNER, J. P.; BROUK, M. J. Using vaginal temperature to evaluate heat stress in dairy cattle. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, Kansas, v. 1, n. 2, p. 278, 2005.

BURFEIND, O.; SUTHAR, V. S.; VOIGTSBERGER, R.; BONK, S.; HEUWIESER, W. Validity of prepartum changes in vaginal and rectal temperature to predict calving in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.94, p. 5053–5061, 2011.

CARVALHEIRA, L. R. **Desenvolvimento in vitro de embriões bovinos expostos ao choque térmico e ao fator estimulador de colônia**. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, 105 p, 2019.

CARVALHEIRA, L. R.; WENCESLAU, R. R.; RIBEIRO, L. S.; DE CARVALHO, B. C.; BORGES, A. M.; CAMARGO, L. S. A. Daily vaginal temperature in Girolando cows from three different genetic composition under natural heat stress. **Translational Animal Science**, Nova Delhi, v. 5, n. 3, p. 138, 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Análise mensal: Leite e Derivados**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 5 p, Março/Abril 2021.

COSTA, A. N. L.; FEITOSA, J. V.; MONTEZUMA JR, P. A.; SOUZA, P. T.; ARAUJO, A. A. Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress in

northeastern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, Germany, v. 59, n. 11, p. 1647-1653, 2015.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 4th ed. G. Koogan, ed., Rio de Janeiro, 2008.

Da CRUZ, L. V.; ANGRIMANI, D. de S. R.; RUI, B. R.; Da SILVA, M. A. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. **Revista científica eletrônica em Medicina Veterinária**, Garça, 2011.

De ANDRADE FERRAZZA, R.; GARCIA, H. D. M.; ARISTIZÁBEL, V. H. V.; NOGUEIRA, C. de S.; VERÍSSIMO, C. J.; SARTORI, J. R.; SARTORI, R.; FERREIRA, J. C. P. Thermoregulatory responses of Holstein cows exposed to experimentally induced heat stress. **Journal of Thermal Biology**, United Kingdom, v. 66, p. 68-80, 2017.

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**, Champaign, v. 92, n. 1, p. 109-116, 2009.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, Netherlands, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FERREIRA, F.; PIRESLL, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S. G.; CARVALHO, A. U.; FERREIRA, P. M.; FACURY FILHO, E. J.; CAMPOS, W. E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 5, p. 732-738, 2006.

FREITAS, A. F.; COSTA, C. N.; BIZINOTTO, L. C.; MENEZES, C. R. A.; PAIVA, L. C.; BILHARINHO, E. R. **Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando. Teste de progênie**: Sumário de Touros 2007. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 120) 20 p, 2007.

FREITAS, A. F.; COSTA, C. N.; MENEZES, C. R. A.; PAIVA, L. C.; CEMBRANELLI, M. A. R.; ARBEX, W. A.; SANTOS, K. C. L.; SANTOS, D. C. A. **Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando. Teste de progênie**: Sumário de Touros 2009. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 133) 45 p, 2009.

GANTNER, V.; BOBIC, T.; GANTNER, R.; GREGI, M.; KUTEROVAC, K.; NOVAKOVIC, J.; POTOČNIK, K. Differences in response to heat stress due to production level and breed of dairy cows. **International Journal of Biometeorology**, Germany, v. 61, p. 1675-1685, 2017.

GERBUT, P.; ANGRECKA, S. Forming of temperature-humidity index (THI) and milk production of cows in the free-stall barn during the period of summer heat. **Animal Science Papers and Reports**, Jastrzębiec, v. 30, n. 4, p. 363-372, 2012.

GWAZDAUSKAS, F. C.; THATCHER, W. W.; WILCOX, C. J. Physiological, environmental, and hormonal factors at insemination which may affect conception. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 56, n. 1, p. 873–877, 1973.

HAHN, G. L.; MADER, T. L.; EIGENBERG, R. A. Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. **European Association of Animal Production Proceedings**, Washington, v. 7, p. 31–44, 2003.

HAMMAMI, H. *et al.* Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, n. 3, p. 1844-1855, 2013.

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, v. 82, n. 83, p. 349-360, 2004.

HOULAHAN, K.; SCHENKEL, F. S.; HAILEMARIAM, D.; LASSEN, J.; KARGO, M.; COLE, J. B.; CONNOR, E. E.; WEGMANN, S.; JUNIOR, O.; MIGLIOR, F.; FLEMING, A.; CHUD, T. C. S.; BAES, C. F. Effects of incorporating dry matter intake and residual feed intake into a selection index for dairy cattle using deterministic modeling. **Animals**, Switzerland, v. 11, n. 4, o. 1157, 2021.

KAUFMAN, J. D.; SAXTON, A. M.; RÍUS, A. G. 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**, Champaign, v. 101, p. 1–6, 2018.

KIRKPATRICK, M.; HILL, W. G.; THOMPSON, R. Estimating the covariance structure of traits during growth and ageing, illustrated with lactation in dairy cattle. **Genetics Research**, Cambridge, v. 64, p. 57–69, 1994.

KOLMODIN, R.; Strandberg, E.; Jensen, J.; Jorjani, H. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. *Acta Agriculturae Scandinavica - Section A: Animal Science*, London, v. 52, n. 1, p. 11-24, 2002.

LIMA, I. A.; AZEVEDO, M.; BORGES, C. R. A.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A.; ALMEIDA, G. L. P. Thermoregulation of Girolando cows during summertime, in Pernambuco State, Brazil. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 35, n. 2, p. 193-199, 2013.

MADER, T. L.; DAVIS, M. S.; BROWN-BRANDL, T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 84, n. 3, p. 712-719, 2006.

MISZTAL, I.; TSURUTA, S.; STRABEL, T.; AUVRAY, B.; DRUET, T.; LEE, D. H. BLUPF90 and related programs (BGF90). In: 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, **Proceedings...** Communication N° 28-07. Montpellier. 2002.

MOURA, G. A. B.; COSTA, C. C. M.; FONSECA, V. F. C.; WIJFFELS, G.; CASTRO, P. A.; CHIQUITELLI NETO, M.; MAIA, A. S. C. Are crossbred cattle (F1, *Bos indicus* x *Bos taurus*) thermally different to the purebred *Bos indicus* cattle under moderate conditions? *Livestock Science*, Netherlands, v. 246, p. 104457, 2021.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M. S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, Amsterdam, v. 130, p. 57-69, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. A guide to environmental research on animals. Washington, DC: **National Academy Press**, 1971.

NEGRI, R.; AGUILAR, I.; FELTES, G. L.; COBUCCI, J. A. Selection for test-day milk yield and thermotolerance in Brazilian Holstein cattle. *Animals*, Switzerland, v. 11, p. 128, 2021.

OTTO, P. I.; GUIMARÃES, S. E. F.; VERARDO, L. L.; AZEVEDO, A. L. S.; VANDENPLAS, J.; SEVILLANO, C. A.; MARQUES, D. B. D.; PIRES, M. D. F. A.; FREITAS, C.; VERNEQUE, R. S.; MARTINS, M. F.; PANETTO, J. C. C.; CARVALHO, W. A.; GOBO, D. O. R., DA SILVA, M. V. G. B.; MACHADO, M. A.

Genome-wide association studies for heat stress response in *Bos taurus* × *Bos indicus* crossbred cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 102, p. 8148-8158, 2019.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 117-126, 2007.

PINHEIRO, C.; SARAIVA, E. P.; APARECIDA, C.; SARAIVA, S.; De FRANÇA, V.; FONSECA, C.; ELIVANIA, M.; ALMEIDA, V.; GONÇALVES, G.; LEAL, M.; MENEZES, C.; JOSÉ, P.; NETO, R. Características anatomofisiológicas de adaptação de bovinos leiteiros ao ambiente tropical. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 36, p. 280-293, 2015.

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. Conforto Animal para maior produção de leite. Viçosa: **CPT – Centro de Produções Técnicas**, 2008. p. 252.

POLSKY, L.; MAUREIRA, A. M. L.; GRADO FILHO, E.; SORIANO, S.; SICA, A. F.; VASCONSELOS, J. L. M.; CERRI, R. L. A. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, p. 8645-8657, 2017.

POLSKY, L.; KEYSERLINGK, M. A. G. Association between ambient temperature and humidity, vaginal temperature, and automatic activity monitoring on induced estrus in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, p. 8590-8601, 2017.

RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, p. 2126-2130, 2000.

RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, A.; De BASILIO, V.; GOURDINE, J. L.; COLLIER, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, Cambridge, v. 6, p. 707-728, 2012.

ROCHA, D. T.; CARVALHO, G. R.; RESENDE, J. C. **Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 123) 16 p, 2020.

SILVA, M. V. G. B.; FREITAS, A. F.; PAIVA, L. C.; MENEZES, C. R. A.; COSTA, C. N.; SILVA, L. C. M.; GUIMARÃES, M. F. M.; CAETANO, A. R.; PAIVA, S. R.; ARBEX, W. A.; JUNQUEIRA, A. N.; MOURA, L. F. M.; AZEVEDO, A. A. **Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando. Sumário de Touros 2010.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 139) 58 p, 2010.

SILVA, M. V. G. B.; PAIVA, L. C.; CEMBRANELLI, M. A. R.; MARTINS, M. F.; FREITAS, A. F.; COSTA, C. N.; RODRIGUES, W. B. R.; ARBEX, W. A.; CAETANO, A. R.; SANTOS, G. G.; BRUNELI, F. A. T.; PANETTO, J. C. C.; VIANA, B. A.; FERREIRA JÚNIOR, E. **Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando. Sumário de Touros 2011.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 139) 45 p, 2011.

SILVA, M. V. G. B.; PAIVA, L. C.; CEMBRANELLI, M. A. R.; MARTINS, M. F.; FREITAS, A. F.; RODRIGUES, W. B. R.; BRUNELI, F. A. T.; ARBEX, W. A.; CANAZA-CAYO, A. W.; PANETTO, J. C. C.; COSTA, C. N.; SANTOS, G. G.; CARVALHO, B. C.; FERREIRA, M. B. D. F. **Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando. Sumário de Touros. Resultados do teste de progênie – Julho 2012.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 154) 52 p, 2012.

SILVA, M. V. G. B.; FREITAS, A. F.; MARTINS, M. F.; PAIVA, P. C.; COSTA, C. N.; MENEZES, C. R. A.; PAIVA, L. C.; SILVA, M. V. G. B.; GUIMARÃES, M. F. M.; CAETANO, A. R.; PAIVA, S. R.; JUNQUEIRA, A. N.; MOURA, L. F. M. **Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando. Avaliação genética das vacas.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 166) 44 p, 2013.

SILVA, M. V. G. B.; MARTINS, M. F.; PAIVA L. C.; CEMBRANELLI, M. A. R.; PAIVA, L. C.; FREITAS, A. F.; PANETTO, J. C.; ALVES, B. R. C.; COSTA, M. J. R. P.; SILVA, L. C. M.; SILVA, T. B. R.; CARVALHAL, M. V. L.; GONÇALVES, G. S.; CAMPOS, M. M.; CARVALHO, B. C.; SANT'ANNA, A. C.; MACHADO, M. A.; FAZA, D. R. L. R. **Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando. Sumário de Touros. Resultados do teste de progênie. 4ª prova de pré-seleção de Touros – Julho 2016,** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 179) 72 p, 2016.

SILVA, M. V. G. B.; MARTINS, M. F.; GONÇALVES, G. S.; PAIVA L. C.; CEMBRANELLI, M. A. R.; PANETTO, J. C.; MACHADO, M. A.; FAZA, D. R. L. R.; FERREIRA JÚNIOR, E.; CEMBRANELLI, M. A. R. **Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando. Sumário de Touros. Resultados do teste de progênie** – Junho 2019, Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 239) 68 p, 2019.

SILVA, M. V. G. B.; MARTINS, M. F.; GONÇALVES, G. S.; PANETTO, J. C.; PAIVA L. C.; MACHADO, M. A.; FAZA, D. R. L. R.; FERREIRA JÚNIOR, E.; OTTO, P. I.; GLATZL JÚNIOR, L. A. **Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando. Sumário de Touros. Resultados do teste de progênie** (Avaliação Genética / Genômica) – Junho 2020, Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 248) 87 p, 2020.

SILVA, M. V. G. B.; GONÇALVES, G. S.; PANETTO, J. C.; PAIVA L. C.; FAZA, D. R. L. R.; FERREIRA JÚNIOR, E.; OTTO, P. I.; GLATZL JÚNIOR, L. A.; DALTRO, D. S.; NEGRI, R.; KLUSKA, S.; KERN, E. L.; MARTINS, M. F.; COBUCI, J. A. **Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando. Sumário de Touros. Resultados do teste de progênie** (Avaliação Genética / Genômica) – Julho 2021, Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 255) 79 p, 2021.

SILVA, T. P. D.; SOUSA JÚNIOR, S. C. Produção de leite de vacas submetidas a diferentes períodos de exposição à radiação solar no sul do Piauí. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 21, p. 320-325, 2013.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária científica no semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 3, p. 6-10, 2012.

THOM, E. C. Cooling degree: day air conditioning, heating, and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating**, New York, v. 55, n. 7, p. 65-72, 1958.

TAO, S.; RIVAS, R. M. O.; MARINS, T. N.; CHEN, Y.; GAO, J.; BERNARD, J. K. Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows, **Theriogenology**, Washington, v. 150, p. 437-444, 2020.

TIAN, H.; LIU, J.; CHEN, X.; LI, S.; LI, X.; MENGAL, K.; LU, Y.; WANG, D. Effects of ambient temperature and humidity on body temperature and activity of heifers, and a novel idea of heat stress monitoring. **Animal Production Science**, Camberra, p. 20156, 2021

VICKERS, L. A.; BURFEIND, O.; KEYSERLINGK, M. A. G. V.; VEIRA, D. M.; WEARY, D. M.; HEUWIESER, W. **Technical note**: Comparison of rectal and vaginal

temperatures in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, p. 5246–5251, 2010.

WERNCKE, D., GABBI, A. M., ABREU, A. S., FELIPUS, N. C., MACHADO, N. L., CARDOSO, L. L., SCHMID, F. A., ALESSIO, D. R. M., FISCHER, V. & NETO, A. T. r. 2016. Qualidade do leite e perfil das propriedades leiteiras no sul de Santa Catarina: abordagem multivariada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 68, 506- 516.

WEST, J. W. *et al.* Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 1, p. 232-242, 2003.

WILLERS, C. D., FERRAZ, S. P., CARVALHO, L. S. & RODRIGUES, L. B. 2014. Determination of indirect water consumption and suggestions for cleaner production initiatives for the milk producing sector in a Brazilian middle-sized dairy farming. **Journal of Cleaner Production**, v. 72, p. 146-152, 2014.

## **Autores**

Renata Negri<sup>1</sup>, Darlene Daltro<sup>1</sup>, Sabrina Kluska<sup>1</sup>, Pamela Itajara Otto<sup>2</sup>, Luiz Sergio De Almeida Camargo<sup>3</sup>, Marcos Vinícius G. Barbosa da Silva<sup>3</sup>

1. Associação Brasileira dos Criadores de Girolando.
2. Professora Adjunta da Universidade Federal de Santa Maria.
3. Pesquisador da Embrapa Gado de leite.