

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

ANA ISIS ALVES OLIVEIRA NALESSO

**EFEITOS DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE SOBRE COMPONENTES
E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO LEITE CRU EM AMBIENTE TROPICAL**

Uberlândia

2021

ANA ISIS ALVES OLIVEIRA NALESSO

**EFEITOS DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE SOBRE COMPONENTES
E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO LEITE CRU EM AMBIENTE TROPICAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito à aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC2, GMV054).

Orientadora: Profa. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento.

Co-orientadora: Doutoranda Patrícia Kelly de Moraes Brettas

Uberlândia

2021

ANA ISIS ALVES OLIVEIRA NALESSO

**EFEITOS DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE SOBRE COMPONENTES
E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO LEITE CRU EM AMBIENTE TROPICAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito à aprovação na disciplina Trabalho
de Conclusão de Curso II.

Uberlândia, 28 de outubro de 2021.

Prof^ª Dr^ª Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento
Faculdade de Medicina Veterinária - UFU

Prof^ª Dr^ª Simone Pedro da Silva
Faculdade de Medicina Veterinária - UFU

M.V. MSc. Fernanda Gatti de Oliveira Nascimento
Doutoranda em Ciências Veterinárias – Faculdade de Medicina Veterinária – UFU

AGRADECIMENTOS

A todos os docentes da FAMEV-UFU, que de forma geral contribuíram para a minha formação profissional. Em especial à Prof. (a) Mara Regina Bueno (orientadora) e à doutoranda Patrícia Brettas (coorientadora), que me acompanharam na jornada acadêmica, sempre com toda paciência e prestatividade para ensinar. Além disso, gostaria de agradecer ao Prof. Ednaldo Carvalho Guimarães por contribuir de forma indispensável para execução das análises estáticas desse trabalho.

Aos meus pais e familiares, por todo suporte, incentivo e parceria. Sem a dedicação e a renúncia de vocês, eu não conseguiria. Obrigada por terem me ouvido e aconselhado nos momentos difíceis e festejado comigo a cada pequena conquista.

A minha cachorra, Noah, por me fazer companhia nas madrugadas de estudos.

Aos colegas da faculdade pelos momentos de estudos, compartilhamento de resumos. Mas também pelas infinitas conversas e risadas nos intervalos. Sem dúvidas, vocês tornaram a graduação bem mais leve e prazerosa.

Dedico àquEle que me conhece mesmo antes que eu estivesse formada no ventre da minha mãe, o único digno de receber toda honra, glória e louvor. Meu Pai, amigo e senhor, Jesus Cristo.

RESUMO

O leite é um alimento de grande importância econômica e social, sendo base da alimentação da maior parte das culturas por todo o mundo. O Brasil é um dos maiores produtores leiteiros mundiais, o que faz com que as pesquisas envolvendo o setor da bovinocultura de leite, permitindo maior produtividade e também o bem-estar animal, sejam de suma importância. O ambiente térmico é um fator que pode interferir tanto na qualidade de vida das vacas leiteiras quanto em sua produtividade. Nesse contexto, objetivou-se analisar a interferência dos valores de Índice de Temperatura e Umidade Calor Sensível (ITUcs) sobre os parâmetros de qualidade físico-química e microbiológica em amostras de leite cru de vacas mestiças do município de Araxá, Minas Gerais, Brasil. Os dados de temperatura e umidade foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), enquanto os valores dos parâmetros físico-químicos (gordura, proteína, lactose, extrato seco desengordurado e sólidos totais) e microbiológicos (CCS e CBT) foram informados por uma cooperativa da cidade. O recorte temporal utilizado foi de 10 de outubro de 2016 a 20 de dezembro de 2018. Os valores obtidos foram submetidos a análises estatísticas para estabelecer se houve interferência do estresse térmico sobre a qualidade do leite. Os resultados indicaram que os animais estiveram em conforto térmico nos meses de novembro de 2016, maio a setembro de 2017, fevereiro, de maio a setembro e também em novembro de 2018. No restante do tempo esses animais estavam submetidos a estresse por calor, prejudicando a plena expressão de seu potencial genético. Dentre os parâmetros de qualidade, apenas a gordura sofreu influência dos valores de ITUcs, ficando reduzido em vacas submetidas a estresse por calor. Os resultados mostraram correlação negativa entre ITUcs e teor de gordura, indicando que o ambiente térmico pode interferir na qualidade do leite, demonstrando a importância de buscar o maior conforto térmico para os animais de produção. É necessária a realização de mais estudos nesse sentido para elucidar completamente os efeitos do ambiente térmico sobre a composição do leite.

Palavras-chave: Contagem Bacteriana Total; Contagem de Células Somáticas; Estresse por calor; Proteína do leite; Vaca leiteira.

ABSTRACT

Milk is a very important food compound, both in economic and social means, being the basis for most cultures around the world. Brazil is one of the biggest world milk producers, which gives great importance to researches involving such field, given its potential to enhance both productivity and animal welfare. Thermic environment is an issue which can interfere both in the quality of life for dairy cows and its productivity. Given such context, the present study aimed to analyze the interference of Temperature and Humidity Index Sensible Heat (THI_{sh}) over physical-chemical and microbiological parameters in raw milk samples from half-blood cows from the municipality of Araxá, Minas Gerais, Brazil. Temperature and humidity data were provided by the National Institute of Meteorology (INMET), whereas the milk sample parameters data were given by a city cooperative. The time frame for this study was from October 10th 2016 to December 20th 2018. All data were submitted to statistical analysis in order to establish if there were any influence of heat stress over milk quality. The results indicated that the animals were under thermic comfort during November 2016, May to September 2017, and February, May to September and November 2018. During the rest of the time, these animals were under heat stress, which can harm the full expression of its genetic potential. Amongst the quality parameters, only the fat suffered influence from THI_{sh} values, with heat-stressed cows producing milk with low quantities of fat. The results show a negative correlation between THI_{sh} and milk fat, indicating that thermic environment can interfere on milk quality, which demonstrates the importance of seeking thermic comfort for producing animals. It is necessary to conduct further studies in order to completely elucidate the effects of thermic environment over milk composition.

Keywords: Dairy cow; heat stress; milk protein; somatic cell count; total bacterial count.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1	Alterações climáticas e impacto sobre a pecuária	11
2.2	Estresse térmico e influências na produção de leite	11
2.2.1	Alta termossuscetibilidade de vacas leiteiras	12
2.2.2	Respostas fisiológicas da vaca sob estresse por calor	13
2.2.2.1	Ingestão de alimentos e de água	13
2.2.2.2	Competência imunológica	13
2.2.3	Efeito do estresse por calor na produção de leite.....	13
2.2.4	Indicadores da composição do leite.....	14
2.2.5	Efeito do ambiente quente na qualidade do leite	15
2.3	Indicadores de qualidade microbiológica do leite	16
2.3.1	Contagem de Células Somáticas (CCS)	17
2.3.2	Contagem Bacteriana Total (CBT).....	17
2.4	Avaliação da ocorrência e intensidade do estresse térmico	18
2.4.1	Índice de temperatura e umidade (ITU).....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

O leite é um produto alimentício de alta qualidade nutricional e amplamente consumido em todo o mundo, tendo grande relevância econômica e cultural na maioria dos países, incluindo o Brasil (EMBRAPA, 2021). A produção nacional de leite é a quinta maior do mundo, sendo que o estado de Minas Gerais responde por 25% desse montante, o que resulta em um volume aproximado de 9 bilhões de litros de leite por ano e um Valor Bruto de Produção (VPB) de R\$7,8 bilhões, fazendo da bovinocultura de leite um dos principais setores econômicos do estado (ALBANEZ et al., 2018).

A produtividade do setor leiteiro é multifatorial, sendo influenciada por questões intrínsecas, relacionadas diretamente à saúde do animal (nutrição, hidratação, imunocompetência, ausência de doenças) e extrínsecas (questões externas ao organismo do animal). O ambiente externo configura um fator estratégico, uma vez que a baixa capacidade termorregulatória dos bovinos leiteiros faz com que estes animais sejam fortemente suscetíveis ao estresse por calor. Essa capacidade é ainda menor em animais de alta produção, em decorrência da composição genética fortemente influenciada pelas raças europeias, pouco adaptadas a climas quentes (PRAGNA et al., 2017).

As consequências do estresse do calor podem ir muito além do desconforto térmico dos animais, tendo potencial para interferir na produtividade e na qualidade do leite, tanto em termos de parâmetros microbiológicos quanto físico-químicos, e podem levar a prejuízos para os produtores do setor, principalmente em consequência da adoção de programas de recompensa pela qualidade do leite ter se tornado uma prática comum (GARCIA et al., 2015; PRAGNA et al., 2017). Como consequência, os bovinocultores buscam cada vez mais o aperfeiçoamento da cadeia produtiva tanto em quantidade quanto em qualidade, aumentando o interesse nos estudos sobre formas de controlar fatores que interfiram nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leite, incluindo a temperatura ambiente e a umidade do ar (TEIXEIRA-JÚNIOR; LOPES; RUAS, 2015; HENRICHS; MACEDO; KARAM, 2014).

Diversos estudos foram realizados em diferentes localidades buscando estabelecer a interferência do ambiente térmico sobre volume e qualidade do leite, como nos estados do Paraná, do Rio Grande do Sul e de Goiás (FAGNANI et al., 2014; HENRICHS; MACEDO; KARAM, 2014; LUDOVICO et al., 2015; NAKAMURA et al., 2012; TAFFAREL et al., 2015; VARGAS et al., 2015; SILVA; ANTUNES, 2018). No entanto, ainda se faz necessário realizar estudos dessa natureza para Minas Gerais, principalmente levando-se em consideração sua alta relevância para o setor leiteiro, principalmente na região do Triângulo

Mineiro e Alto Paranaíba, que concentram boa parte da produção do estado. O desenvolvimento de pesquisas específicas para cada região é importante em virtude das condições meteorológicas de cada localidade poderem impactar de maneira diferente os parâmetros e a produtividade (PIRES et al., 2014).

Com base no cenário apresentado, na presente pesquisa objetivou-se estudar a relação entre o Índice de Temperatura e Umidade Calor Sensível (ITUcs) e os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leite cru oriundo de vacas mestiças de propriedades rurais localizadas em Araxá, Triângulo Mineiro, Minas Gerais, Brasil.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Alterações climáticas e impacto sobre a pecuária

As mudanças climáticas e os seus efeitos são um assunto cada vez mais presente, em nível mundial, em todos os setores econômicos. De acordo com o quinto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), estima-se que a temperatura média das superfícies terrestres aumente entre 0,9 e 1,7 °C no cenário mais otimista, e entre 2,6 a 4,8 °C no cenário mais pessimista, o que pode resultar em grandes impactos nas atividades rurais, incluindo a pecuária, tanto de forma direta quanto indireta (IPCC, 2014).

Os impactos indiretos que podem ser observados nas atividades pecuárias são decorrentes, por exemplo, da queda de qualidade e de produtividade das safras de grãos e de plantas forrageiras, uma vez que o aumento de temperatura ocasiona o acréscimo da concentração de componentes de baixa digestibilidade, como a lignina, na composição desses vegetais (POLLEY et al., 2013; THORNTON; BOONE; RAMIREZ-VILLEGAS, 2015). Outro impacto indireto importante que pode ser observado é o aumento da necessidade de ingestão hídrica pelos animais de produção, que pode se tornar um fator limitante para a produção, contribuindo para o aumento da escassez de água doce disponível (ARAUJO, 2015; McMANUS et al., 2015).

Os impactos diretos, por sua vez, são os fatores diretamente relacionados à termorregulação dos animais de produção, sendo o principal deles o aumento do estresse térmico decorrente das condições ambientais, principalmente a elevação da temperatura e da umidade do ar (SILVA; ANTUNES, 2018). Tais fatores têm como consequência a necessidade dos animais ativarem os mecanismos termofisiológicos para o restabelecimento da homeotermia (GARCIA et al., 2015).

2.2 Estresse térmico e influências na produção de leite

As temperaturas elevadas trazem efeitos negativos sobre a produtividade das vacas leiteiras (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017). Esses efeitos negativos são ainda mais agravados quando as altas temperaturas são associadas à elevação da umidade do ar, uma vez que tais condições dificultam a perda de calor por evaporação, fazendo com que o estresse térmico seja considerado um grande entrave para a bovinocultura de leite nas diferentes regiões ao redor do mundo (COLLIER; RENQUIST; XIAO, 2017).

O estresse térmico pode impactar a produtividade leiteira e a própria sanidade dos animais em diversos aspectos, como ingestão alimentar e hídrica, imunocompetência, volume

de leite produzido e até mesmo nos parâmetros indicadores de qualidade do leite (PRAGNA et al, 2017). No estudo desenvolvido por Sousa (2008) no estado de Santa Catarina, por exemplo, o autor observou queda significativa de volume de leite produzido durante a estação mais quente do ano, em que eram registradas as temperaturas mais elevadas. Nakamura et al. (2012), por sua vez, observaram redução de teor de gordura, proteína e sólidos totais no leite de vacas submetidas a estresse por calor e frio no estado do Paraná. Já Fagnani et al. (2014) observaram um aumento discreto na Contagem de Células Somáticas (CCS) no período de outono nas amostras de 302 propriedades do estado do Paraná. Soares-Neves et al (2019) verificaram que 23% dos rebanhos do estado de Goiás analisados em sua pesquisa apresentavam valores elevados de CCS e CBT no período chuvoso contra 21% no período de seca.

2.2.1 Alta termossuscetibilidade de vacas leiteiras

A sensibilidade ao calor observada em bovinos leiteiros relaciona-se com o processo de seleção genética ao qual esses animais foram submetidos ao longo do desenvolvimento do setor, o qual teve como objetivo principal a maximização do desempenho produtivo (ALMEIDA; MARQUES; MARQUES, 2020). As vacas com maior rendimento apresentam, também, uma maior taxa metabólica e ingerem maior quantidade de ração, gerando maior quantidade de calor metabólico e fazendo com que haja menor eficiência nas trocas de calor com o ambiente, o que faz com que sejam mais susceptíveis ao estresse térmico, isto é, mais termossusceptíveis, uma vez que o aumento na produção de leite não foi acompanhado por uma seleção para maior eficiência em dissipar calor para o ambiente (SOARES-NEVES et al., 2019). Uma vaca holandesa de peso médio de 725,47 kg gera o equivalente a nove lâmpadas incandescentes de 100 watts e para cada 4,56 kg (4,43 L) de leite produzido por dia gera o equivalente a uma lâmpada de 100 watts. Assim, uma vaca holandesa de 725,7 kg produzindo 36,28 kg de leite por dia produz o calor equivalente a 17 lâmpadas de 100 watts (BAUMGARD, 2018).

A termossusceptibilidade, além de variar entre espécies, também pode variar entre raças. Em bovinos, observa-se que o gado *Bos taurus taurus* é mais termossusceptível que o *Bos taurus indicus*, em decorrência da maior taxa metabólica requerida para suprir a demanda necessária à produção de um volume maior de leite e também a maior eficiência em perder calor para o ambiente (PEREIRA et al., 2014).

2.2.2 Respostas fisiológicas da vaca sob estresse por calor

2.2.2.1 Ingestão de alimentos e de água

Os ambientes com temperaturas superiores a 35 °C geram efeitos negativos sobre os animais, de maneira a prejudicar a ingestão de alimento e conseqüentemente a absorção de nutrientes, podendo culminar em desequilíbrios do rúmen e até prejuízos às funções hormonais. De acordo com Rhoads et al. (2009), a ingestão de matéria seca em vacas submetidas a estresse por calor é 35% menor do que a observada em vacas em situação de termoneutralidade. Como consequência, o animal pode entrar em balanço energético negativo e reduzir a produção leiteira pela indisponibilidade dos nutrientes que o compõem (DAS et al., 2016; PRAGNA et al., 2017).

Além da diminuição da ingestão alimentar, o estresse por calor leva ao aumento da ingestão hídrica, podendo dobrar ou triplicar em relação ao observado para animais em conforto térmico, numa tentativa de reposição da água perdida pelos processos de sudorese e respiração, e também de resfriamento do corpo pelo contato direto da água fria com as mucosas do trato digestivo (ALMEIDA; MARQUES; MARQUES, 2020).

2.2.2.2 Competência imunológica

O estresse por calor desencadeado por altos valores de temperatura e umidade também pode inibir os processos de ruminação, levando à uma imunossupressão que pode deixar o animal mais propenso ao desenvolvimento de diversas enfermidades, sendo a mastite uma das mais comumente observadas (TEMPLE et al., 2015). Além da imunossupressão propriamente dita, que faz com que a glândula mamária tenha reduzida eficácia no combate a patógenos, as altas temperaturas e a umidade também favorecem a proliferação dos micro-organismos potencialmente patogênicos, aprofundando o problema sanitário (DAS et al., 2016; NICKERSON, 2014). No estudo de Nasr e El-Tarabany (2017), por exemplo, foi constatado que o alto Índice de Temperatura e Umidade (ITU) observado no verão resulta em valores mais elevados de Contagem de Células Somáticas (CCS) do leite, quando comparados ao que se observou para o leite de animais em zona termoneutra.

2.2.3 Efeito do estresse por calor na produção de leite

Condições mais extremas de estresse térmico podem levar à redução da ingestão alimentar, reduzindo a disponibilidade dos nutrientes essenciais à síntese do leite e ativando um mecanismo metabólico de *feedback* negativo da glândula mamária para diminuir ou até mesmo interromper a produção de leite (SILVA; ANTUNES, 2018).

Esse impacto negativo do estresse térmico sobre a produção de leite foi demonstrado em vacas da raça Holandesa em propriedades da região Sul do Brasil, em estudo realizado por Garcia et al. (2015), em que constatou redução de 21% na produção de leite em vacas múltiparas em um ambiente de ITU entre 83 e 90, considerado severo, com vacas em conforto térmico produzindo 25,2L/vaca/dia, ao passo que as vacas sob estresse térmico produziram apenas 20,8L/vaca/dia.

No estudo realizado por Almeida et al. (2013), 16 vacas múltiparas de composição genética 7/8 Holandês/Gir foram submetidas a um sistema de resfriamento adiabático evaporativo no curral de espera, visando avaliar os efeitos desse sistema sobre a produção leiteira. Os autores observaram que as vacas submetidas ao maior tempo de exposição ao sistema de resfriamento (30 minutos) apresentaram maior tempo de ingestão de alimentos e de ruminância e, conseqüentemente, um aumento de 0,640 kg de leite produzido por animal, demonstrando a importância do conforto térmico para a otimização da cadeia produtiva.

A pesquisa desenvolvida por Feltes et al. (2016) em que analisou 8047 registros de produção de leite referentes a 1330 vacas da raça Holandesa criadas no estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 1989 e 2011. Os autores concluíram que vacas com idade entre 46 e 93 meses e com ocorrência de parto nas estações de outono e inverno produziram maiores quantidades de leite, com médias de produção de 31kg e 27kg, respectivamente, contra 25kg nas estações mais quentes do ano. Os principais fatores apontados pelos autores para o desempenho produtivo superior dos animais foram o maior conforto térmico e a melhor qualidade das pastagens disponíveis para alimentação dos indivíduos.

O estudo desenvolvido por Silva et al. (2012), por sua vez, analisou os efeitos do estresse por calor em 12 vacas mestiças Holandês x Gir de terceira lactação e com idade acima de cinco anos, divididas em três grupos, sendo que o primeiro não foi exposto à radiação solar direta em curral de espera sem acesso a água ou alimento, o segundo grupo foi exposto entre as 10:00 e as 11:00 da manhã e o terceiro grupo foi exposto entre as 10:00 e as 12:00 da manhã. Os autores observaram que no grupo exposto a duas horas de radiação solar direta houve um decréscimo de 1,22kg de leite produzido por dia em relação às vacas não expostas, evidenciando os efeitos que o estresse térmico pode ter sobre a produção leiteira.

2.2.4 Indicadores da composição do leite

O leite produzido no Brasil e destinado ao consumo humano deve ser produzido atendendo rigorosos padrões de sanidade e de composição, estabelecidos por leis, normativas e regulamentos específicos para esse fim. A Instrução Normativa N°62 (IN62) do Ministério

da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece valores mínimos de gordura, sólidos não gordurosos e proteínas para que o leite seja considerado apto para consumo, sendo eles: 2,9% de proteína, 3% de gordura, 8,4% de extrato seco desengordurado e 11,3% de sólidos totais (BRASIL, 2011). A lactose, por sua vez, apesar de não incluída na IN62, é citada no Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), sendo de 4,3% o seu valor mínimo (BRASIL, 2017).

Além das especificações gerais referentes à produção leiteira, também são definidos parâmetros específicos a serem seguidos para o leite destinado à produção dos diversos laticínios atualmente comercializados no Brasil, por meio dos Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade (RTIQ), que variam para cada produto específico (BRASIL, 2017).

2.2.5 Efeito do ambiente quente na qualidade do leite

Os reflexos da temperatura ambiente elevada sobre a qualidade do leite apresentam alta variabilidade, podendo ir desde a simples queda de produção até as alterações de composição em percentual de proteína, sólidos, lactose e gordura (SILVA; ANTUNES, 2018).

Os estudos sobre a relação entre composição do leite e estresse térmico apresentam resultados discrepantes, havendo pesquisas que demonstram alterações nos percentuais de componentes, principalmente os teores de proteína e gordura, e pesquisas que não encontram nenhuma alteração (BECKER; COLLIER; STONE, 2020). Tao et al. (2018) indicam que as alterações de composição do leite podem ser resultantes simplesmente da redução de volume produzido em decorrência do estresse por calor em animais submetidos a elevados valores de ITU.

Cowley et al. (2015) sugerem que o teor proteico do leite pode ser reduzido pelo estresse térmico como consequência da necessidade de uma termorregulação eficiente para que os mecanismos de síntese de proteínas dentro da glândula mamária atuem corretamente, uma vez que as enzimas responsáveis pela produção dessas macromoléculas necessitam de uma faixa ótima de temperatura para funcionar plenamente.

Sobre o teor de gordura, Reddi, Dixit e Dang (2016) apontam que o estresse de calor também pode levar à queda da quantidade de ácidos graxos e glicose no fígado, alterando a disponibilidade desses macronutrientes para suprir energeticamente as glândulas mamárias, contribuindo para reduzir a produção de lipídeos.

Bernabucci et al. (2015) analisaram amostras de leite de 25 vacas Holandesas durante as quatro estações do ano entre 2012 e 2013 em uma propriedade produtora de queijo Grana

Padano localizada na Itália. Os autores observaram que os percentuais de proteína e gordura apresentaram os menores valores no verão, quando os índices de ITU foram superiores a 75, e os maiores valores no inverno, quando o ITU se manteve inferior a esse valor.

Gao et al. (2017) obtiveram resultados semelhantes em seu estudo de 30 dias de duração envolvendo quatro vacas Holandesas multíparas, das quais duas foram mantidas em situação de termoneutralidade (temperatura média de 20 °C e umidade de 55%) durante todo o experimento e duas foram submetidas a estresse por calor (temperatura entre 32 e 36 °C e umidade de 40%). Os autores observaram redução de proteína em 4% e gordura em 4,1% nas vacas submetidas a estresse por calor em relação ao observado em vacas em situação de termoneutralidade.

Na pesquisa realizada por Cowley et al. (2015), por sua vez, na qual 24 vacas Holandesas foram divididas em dois grupos, um dos quais foi submetido a valores de ITU superiores a 78 e o outro a valores inferiores a 72 durante 7 dias, os autores observaram redução no teor de proteína em vacas submetidas a estresse por calor, mas não observaram diferença significativa no teor de gordura.

O estudo retrospectivo de Hammammi et al. (2013), por outro lado, analisaram dados referentes a 23.963 vacas de 604 rebanhos, criadas entre os anos de 2000 e 2013 em Luxemburgo e verificaram que a composição do leite não diferiu entre as estações do ano-

Já Smith et al (2013) observaram, em sua pesquisa envolvendo 142 vacas Jersey e 586 vacas Holandesas do rebanho da Universidade do Mississippi, que as vacas Holandesas aumentaram o teor de gordura de 3,3 para 3,7% quando submetidas a estresse por calor, enquanto o índice se manteve estável em 4,6% para vacas da raça Jersey. Os autores estimam que as diferenças observadas possam ser referentes a diferentes estágios de lactação e de dieta, ou a uma maior tolerância das vacas Jersey ao estresse térmico.

Nasr e El-Tabarany (2017), da mesma forma, compararam a composição do leite entre vacas submetidas a valores de ITU médio mensal menores que 70 e vacas submetidas a ITU entre 80 e 85, em seu estudo retrospectivo envolvendo 33600 registros de vacas Holandesas criadas em região de clima subtropical do Egito, e observaram um maior teor de gordura nas vacas submetida ao estresse térmico (3,91%) quando comparadas às vacas que permaneceram em situação de termoneutralidade (3,47%).

2.3 Indicadores de qualidade microbiológica do leite

Além das análises referentes aos aspectos físico-químicos, o leite também é analisado com relação à sua composição microbiológica, por meio da avaliação das concentrações de

células somáticas e de bactérias encontradas no leite, que são parâmetros que refletem de maneira direta a presença ou ausência de contaminantes e as condições de saúde do úbere (SOARES-NEVES et al., 2019).

2.3.1 Contagem de Células Somáticas (CCS)

A Contagem de Células Somáticas (CCS) é referente às células provenientes do próprio corpo do animal, que normalmente estão presentes em baixa quantidade no leite. A maior parte das células somáticas encontradas no leite são células epiteliais provenientes da descamação, fisiológica ou patológica, do tecido secretor do úbere, e também leucócitos, células de defesa que estão presentes naturalmente, também em baixa quantidade, para combater potenciais infecções e para contribuir com o reparo tecidual da glândula mamária (ALTHUSSIEN; DANG, 2018; PETZER et al., 2017). Essas características fazem com que a CCS seja um parâmetro estratégico para avaliação das condições de saúde sistêmica e mamária das vacas leiteiras, sendo utilizado para monitoramento de mastite nos rebanhos e também da qualidade e sanidade do leite produzido (PAIXÃO et al., 2017; PETZER et al., 2017). Com base nisso, a CCS foi instituída como indicador de qualidade do leite a partir da Instrução Normativa nº7 (IN 77) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabeleceu valor máximo de 500.000cél/mL para que o leite seja considerado apto para o consumo, aproximando a legislação brasileira da praticada internacionalmente e tornando o produto nacional mais competitivo para exportação (BRASIL, 2018).

A CCS pode ser influenciada por diversos fatores, inclusive pelo ambiente no qual o rebanho está inserido; as alterações imunológicas decorrente de estresse térmico por alta umidade do ar associada a elevadas temperaturas, por exemplo pode favorecer a proliferação de micro-organismos patogênicos na glândula mamária, principalmente os responsáveis por quadros de mastite, desencadeando resposta imune que eleva a CCS (MUKHERJEE et al., 2015; TEMPLE et al., 2015).

2.3.2 Contagem Bacteriana total (CBT)

A Contagem Bacteriana Total (CBT), juntamente com a CCS, é um parâmetro estratégico para qualidade do leite, permitindo a quantificação das bactérias presentes no leite, dada pela carga bacteriana inicial e pela sua taxa de multiplicação (BELAGE et al., 2017). Este parâmetro se relaciona diretamente com as condições de saúde e sanidade local e sistêmicas dos animais, e por isso permite inferir não apenas sobre a higidez do rebanho como também sobre as condições de higiene da ordenha, sobre os processos de estocagem e transporte do leite, uma vez que utensílios que entram em contato direto com os animais

podem agir como fômites de infecções bacterianas (PAIXÃO et al., 2017; VARGAS et al., 2015).

A CBT também é considerada, portanto um bom parâmetro microbiológico de qualidade do leite, e também está incluída na IN 77 do MAPA, que determina uma CBT máxima de 300.000UFC/mL para que o leite seja considerado apto para o consumo, um parâmetro que também está de acordo com as regulamentações internacionais praticadas atualmente (BRASIL, 2018).

O estresse térmico ocasionado pelas temperaturas elevadas, principalmente quando associadas a elevados valores de umidade do ar, fornecem condições tidas como ideais à proliferação de bactérias potencialmente patogênica, o que pode contribuir para a elevação dos valores de CBT no leite (MUKHERJEE et al., 2015).

O aumento de CCS e CBT no leite pode gerar grandes perdas para a indústria dos laticínios. Elevações severas deste parâmetro fazem com que o leite seja considerado inapto para consumo humano e deva ser descartado, ocasionando prejuízo econômico ao produtor, além de resultar em desperdício de um dos alimentos mais valiosos para a nutrição humana nas mais variadas culturas (SOARES-NEVES et al., 2019).

Mesmo nos casos em que os valores de CCS e CBT não ultrapassam os limites estabelecidos pela legislação para consumo, números elevados para estes parâmetros ainda podem resultar em perdas econômicas significativas para produtores que participam de programas de recompensa pela qualidade do leite, tendo seu produto enquadrado em níveis mais inferiores e, conseqüentemente, reduzindo o retorno financeiro (TEIXEIRA-JÚNIOR; LOPES; RUAS, 2015).

O aumento de CCS e CBT também interfere na qualidade dos produtos derivados do leite; de acordo com estudo de Soares-Neves et al. (2019), laticínios produzidos a partir de leite com valores mais elevados destes parâmetros apresentam taxas mais rápidas de deterioração, o que faz com que o tempo de prateleira dos produtos finais seja menor e os torna menos atrativos tanto para o comércio quanto para o consumidor final

2.4 Avaliação da ocorrência e intensidade do estresse térmico

2.4.1 Índice de temperatura e umidade (ITU)

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é um parâmetro desenvolvido por Thom, em 1959, visando analisar os efeitos que o ambiente pode ter sobre seres humanos, e posteriormente adaptado para avaliação sobre animais de produção de diversas cadeias, entre elas a bovinocultura de leite (THOM, 2019; BERMAN et al., 2016). Este parâmetro relaciona

temperatura e umidade do ar, e vem sendo amplamente utilizado para avaliação de estresse térmico, principalmente em vacas leiteiras, possibilitando buscar alternativas que melhorem o conforto térmico para estes animais (OLIVEIRA et al., 2017).

De acordo com Berman et al. (2016), as equações utilizadas para o cálculo do ITU utilizam como base o clima subtropical e os animais de maior termossusceptibilidade, levando a resultados superestimados; para sanar esse viés, os autores desenvolveram o índice de ITU calor sensível, que leva em consideração a interação entre temperatura de bulbo seco (T_{bs}) e umidade relativa do ar (UR), fornecendo resultados mais acurados para situações de grande amplitude climática, como é o caso dos climas quentes e úmidos que predominam no território brasileiro. Desta forma, os autores propuseram a seguinte equação:

Equação 1. $ITU_{CS} = 3,43 + 1,058 \times T_{bs} - 0,293 \times UR + 0,0164 \times T_{bs} \times UR + 35,7$

Onde:

ITU_{CS} : Índice de Temperatura e Umidade Calor Sensível

T_{bs} : Temperatura de Bulbo Seco (em °C)

UR: Umidade Relativa (em %)

O ITU máximo representa o pior cenário possível em termos de condições ambientais, seja por elevação de temperatura, umidade ou ambas concomitantemente, deixando os animais expostos ao estresse por calor mais intenso, potencialmente levando a alterações de qualidade do leite, tanto microbiológica quanto físico-química (BERMAN et al., 2016).

O limiar de ITU para definir conforto e estresse térmico leva em consideração não apenas a temperatura e a umidade, parâmetros relativos ao ambiente, mas também as características relativas aos animais analisados, tais como espécie, gênero, raça, idade, estágio reprodutivo, número de partos e período de lactação.

Para vacas leiteiras de alta produção, De Rensis, Garcia-Ispierto e López-Gatiuz (2015) propuseram considerar os valores abaixo de 68 como situação de conforto térmico, os valores entre 68 e 74 como baixo grau de estresse, e os valores superiores a 75 indicam estresse térmico grave. Du Preez (2000), por outro lado, propõe uma categorização diferenciada, considerando animais menos susceptíveis ao estresse térmico, segundo a qual os valores de ITU iguais ou inferiores a 70 são considerados como zona de termoneutralidade, entre 71 e 78 como situação de alerta, entre 79 e 83 como situação de perigo e superiores a 83 como situação de emergência.

O trabalho de Azevedo et al. (2005) objetivou estabelecer o valor crítico do ITU, ou seja, o valor a partir do qual indica o início do estresse por calor para vacas mestiças. Foram analisadas vacas pertencentes aos grupos genéticos 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu. Utilizou-

se a frequência respiratória como parâmetro, e os valores obtidos de ITU foram aqueles superiores a 79, 77 e 76, respectivamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados referentes à composição e à qualidade microbiológica do leite foram oriundos da análise mensal de amostras de leite cru refrigerado de vacas mestiças e foram cedidos por um laticínio do município de Araxá, MG, Brasil. Tal município localiza-se nas coordenadas 19°35'33'' sul, 46°56'26'' oeste e está a 1020 m de altitude (IPDSA, 2013). De acordo com a classificação de Köppen, a região de Araxá apresenta um clima Cw, mesotérmico, com invernos secos e chuvas concentradas no verão, cuja precipitação máxima pode ser dez vezes superior àquela registrada nos períodos de estiagem, e uma vegetação característica de Cerrado ou Capoeirão (MARTINS et al., 2018).

Os dados cedidos são referentes à análise de 2570 amostras de leite, no período de 10 de outubro de 2016 a 20 de dezembro de 2018. No dia da coleta e nos quatro dias anteriores, o ITU foi calculado de hora em hora utilizando os dados da temperatura de bulbo seco (°C) e da umidade relativa (%), obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A equação utilizada para o cálculo do ITU foi a citada por Berman et al. (2016), dada por:

$$ITU_{cs} = 3,43 + 1,058 \times Tbs - 0,293 \times UR + 0,0164 \times Tbs \times UR + 35,7$$

Onde:

Tbs: Temperatura de Bulbo Seco (em °C)

UR: Umidade Relativa (em %)

A partir desses valores horários de ITU, foi selecionado o valor máximo diário e, em seguida, calculou-se a média mensal dos valores máximos diários de ITU. Por fim, o valor crítico considerado para o ITU foi 76, o qual é mais apropriado para vacas mestiças (AZEVEDO et al., 2005), e, assim, foram formados dois grupos: um grupo controle (ITU ≤ 76) e um grupo de estresse por calor (ITU > 76).

Os parâmetros físico-químicos analisados foram o teor de gordura (g/100g), proteína (g/100g), lactose (g/100g), sólidos totais (g/100g) e extrato seco desengordurado (g/100g). Os parâmetros microbiológicos pesquisados foram a Contagem Bacteriana Total (CBT) (UFC/mL) e a Contagem de Células Somáticas (CCS) (células/mL). Os valores considerados como referência tanto para os parâmetros físico-químicos quanto para os parâmetros microbiológicos foram dados a partir da legislação vigente atualmente no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do leite cru e no Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 2011; BRASIL, 2017).

Os dados dos parâmetros físico-químicos do leite e o CCS apresentaram distribuição normal e foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste t de Student em nível de significância de 5% (P valor ≤ 0,05). Os valores de CBT,

no entanto, não atenderam os pressupostos da Análise de Variância e foram submetidos ao teste de Wilcoxon, também a nível de significância de 5% (P valor $\leq 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 410 valores de ITU máximo ao longo do período abrangido pela presente pesquisa foram analisados. O valor médio máximo registrado foi 82,6 e o mínimo foi 55,35. As médias mensais de ITU para os meses de novembro de 2016, maio a setembro de 2017, bem como dos meses de fevereiro, maio a setembro e novembro de 2018 se mantiveram abaixo do valor de 76, indicando que os animais estavam em conforto térmico. Em especial, os meses de maio, junho e julho de 2017 que até o ITU máximo máximo estiveram abaixo de 76. Nos demais meses do período analisado, no entanto, os valores médios foram superiores a 76, o que configura situação de estresse por calor para vacas leiteiras (Tabela 1).

Tabela 1. Média mensal dos valores máximos diários do Índice de Temperatura e Umidade calor sensível (ITUcs) no município de Araxá, Minas Gerais, Brasil, de outubro de 2016 a dezembro de 2018.

Mês/Ano	ITUcs médio máximo	ITUcs mínimo máximo	ITUcs máximo máximo
Outubro de 2016	77,4	69	82
Novembro de 2016	75,2	68	79
Dezembro de 2016	78,9	71	81
Janeiro de 2017	78,7	73	83
Fevereiro de 2017	78,3	71	80
Março de 2017	77,9	70	82
Abril de 2017	76,4	70	80
Maio de 2017	73,3	70	76
Junho de 2017	70,5	68	76
Julho de 2017	67,7	55	70
Agosto de 2017	73,2	70	78
Setembro de 2017	75,5	72	79
Outubro de 2017	77,2	64	82
Novembro de 2017	76,9	69	80
Dezembro de 2017	78,4	74	81
Janeiro de 2018	-	-	-
Fevereiro de 2018	75,8	71	81
Março de 2018	80,3	72	82
Abril de 2018	-	-	-
Maio de 2018	74,5	73	77
Junho de 2018	71,0	69	73

Julho de 2018	72,6	69	73
Agosto de 2018	71,3	67	75
Setembro de 2018	73,7	65	79
Outubro de 2018	79,2	76	82
Novembro de 2018	75,8	74	78
Dezembro de 2018	81,1	79	82

Considerando-se essas condições ambientais e a capacidade termorregulatória reduzida das vacas leiteiras, decorrente de um processo de seleção genética voltado para alta produtividade mas que negligenciou o aperfeiçoamento da eficiência na troca de calor, pode-se inferir que a plena expressão do potencial genético desses rebanhos esteja sendo comprometido pelas condições ambientais desfavoráveis, indicando a necessidade de intervenções de manejo na tentativa de proporcionar maior conforto térmico por períodos mais longos de tempo a estes animais (SOARES-NEVES et al., 2019).

Os altos valores de ITU aos quais essas vacas foram submetidas podem causar diversos efeitos negativos sobre a produção leiteira, como o aumento da ingestão hídrica, a diminuição da ingestão alimentar, imunossupressão desencadeada pelo estresse, diminuição do volume de leite produzido e até mesmo alterações de parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leite, o que compromete a produtividade desses animais (PRAGNA, 2017).

Os intervalos observados para os indicadores de qualidade físico-química do leite são apresentados nas Figuras 1 e 2 e para os de qualidade microbiológica na Figura 3, respectivamente. Já os intervalos observados para tais variáveis foram: 2,84 a 4,07 g/100g de gordura; 3,0175 a 3,53 g/100g de proteína total; 4,194 a 4,64 g/100g de lactose; 11,59 a 13,12 g/100g de sólidos totais; 8,27 a 9,06 g/100g de extrato seco desengordurado; Contagem de Células Somáticas de 189 a 1295 células por mL; e Contagem Bacteriana Total de 9 a 3802 mil bactérias por mL.

Figura 1. Média de Gordura, Proteína e Lactose em amostras de leite cru de vacas criadas no município de Araxá, Minas Gerais, Brasil, de outubro de 2016 a dezembro de 2018.

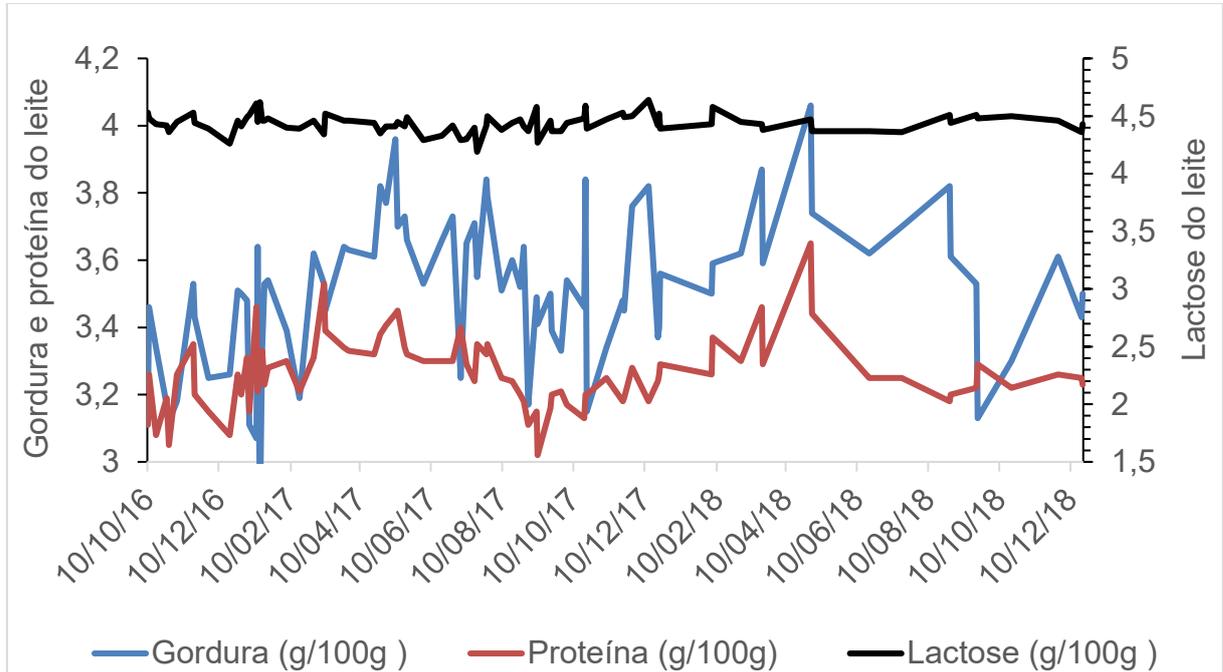


Figura 2. Média de Extrato Seco Desengordurado e Sólidos Totais em amostras de leite cru de vacas criadas no município de Araxá, Minas Gerais, Brasil, de outubro de 2016 a dezembro de 2018.

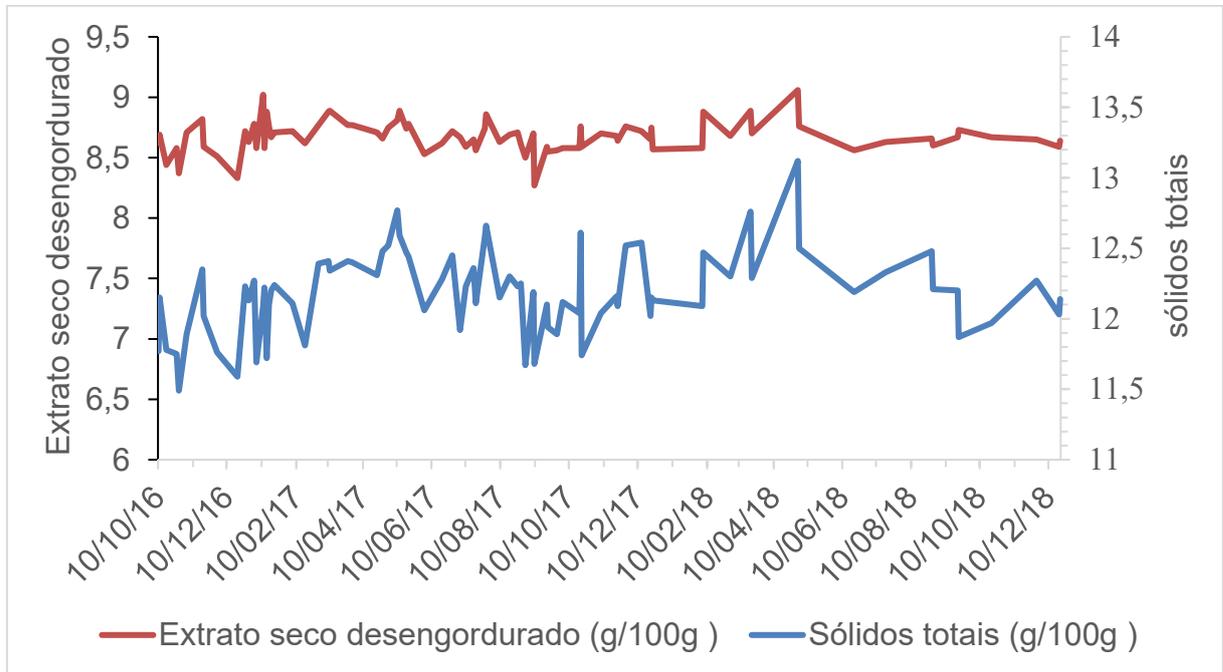
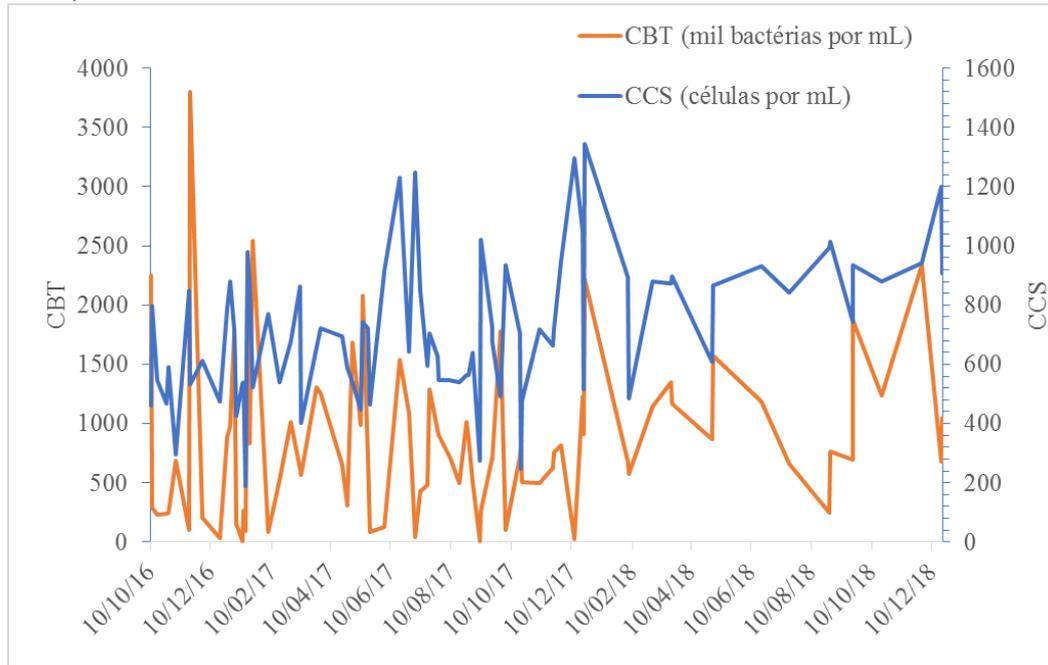


Figura 3. Média de CCS e CBT em amostras de leite cru de vacas criadas no município de Araxá, Minas Gerais, Brasil, de outubro de 2016 a dezembro de 2018.



Os parâmetros de qualidade microbiológica e físico-química do leite de vacas submetidas ou não ao estresse por calor não diferiram entre si (P valor $> 0,05$), exceto para gordura, cuja quantidade foi superior no leite de vacas sob conforto térmico em comparação com o leite de vacas sob estresse por calor (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de Gordura total (GOR), Proteína total (PROT), Lactose (LAC), Sólidos Totais (ST), Extrato Seco Desidratado (ESD), Contagem de Células Somáticas (CCS) e Contagem Bacteriana Total (CBT) do leite de vacas sob estresse por calor e conforto térmico.

	GOR* (g/100g)	PROT* (g/100g)	LAC* (g/100g)	ST* (g/100g)	ESD* (g/100g)	CCS* (cels/mL)	CBT** (UFC/mL)
ITU ≤ 76	3,61 a	3,26	4,42	12,27	8,65	771,45	1197,11
ITU > 76	3,47 b	3,24	4,45	12,13	8,66	744,15	957,52
P valor	0,014	0,346	0,927	0,928	0,734	0,350	0,893

*Dados resultantes do teste t de Student para conjuntos de dados paramétricos.

**Dados resultantes do teste de Wilcoxon para conjuntos de dados não paramétricos

A interferência das condições do ambiente térmico sobre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leite vem sendo largamente estudada, com grande discrepância entre os resultados. Em alguns estudos, como o de Becker, Collier e Stone (2020) e o de Hammami et al. (2013), não observaram alteração nos parâmetros de qualidade do leite. Em outras pesquisas, por sua vez, relata-se a redução de volume do leite produzido, como foi o caso de Tao et al. (2018). Já em outros estudos, começam a ser observadas alterações de

composição e qualidade do leite produzido em vacas sob estresse por calor, como foi o caso de Bernabucci et al. (2015) e de Gao et al. (2017), que observaram redução na quantidade de proteína e gordura, de Cowley et al. (2015), que por sua vez constataram redução apenas no teor proteico do leite, e de Smith et al. (2013), em que houve queda apenas da quantidade de gordura. Em estudo desenvolvido por Nasr e El-Tabarany (2017), por outro lado, as vacas sob estresse térmico produziram leite com maior percentual de gordura.

A discrepância dos dados disponíveis na literatura leva ao surgimento de diferentes hipóteses para explicação da relação entre ITUcs e qualidade do leite. Os resultados observados na presente pesquisa corroboram com a hipótese levantada por Reddi, Dixit e Dang (2016), que correlacionaram o estresse por calor com a redução de reservas hepáticas de lipídios, e assim, diminui a sua biodisponibilidade e conseqüentemente reduz o teor de gordura do leite.

Outra possível explicação para essa redução da gordura do leite é o aumento da taxa metabólica dos animais em situação de estresse por calor, decorrente do comportamento de inquietação e também da demanda energética dos processos fisiológicos de perda de calor evaporativa, que contribuem para um maior consumo das reservas do tecido adiposo e reduz ainda mais a disponibilidade lipídica para utilização pelas glândulas mamárias na síntese do leite (REDDI; DIXIT; DANG, 2016).

Além de alterações de natureza físico-químicas, o ITU também tem potencial para influenciar os aspectos microbiológicos do leite, uma vez que a associação entre altas temperaturas e elevados percentuais de umidade do ar favorecem proliferação bacteriana e podem interferir nas contagens de CCS e CBT (SOARES-NEVES et al., 2019).

Considerando-se a legislação atualmente vigente no Brasil, as amostras coletadas na presente pesquisa apresentaram resultados dentro dos valores de referência previstos no Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) e pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) para os parâmetros de composição físico-química (BRASIL, 2017; BRASIL, 2018). Este resultado pode indicar certo grau de tolerância às temperaturas da região estudada em consequência da composição genética que predomina cruzamentos entre raças taurinas e zebuínas, associado a medidas corretamente ajustadas de manejo para conferir o maior conforto térmico possível aos animais. Já os valores de CCS e CBT, por sua vez, foram frequentemente superiores aos preconizados pela legislação (300.000 cels/mL e 500.00 UFC/mL, respectivamente), o que pode indicar falhas no manejo sanitário de pelo menos uma parte dos rebanhos que compuseram as amostras.

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa indicou a existência de influência negativa entre ITUcs e o percentual de gordura do leite, em que o estresse por calor resultou em menores teores deste macronutriente, indicando que o ambiente térmico tem potencial para interferir nos parâmetros físico-químicos de qualidade do leite, mesmo que de maneira discreta. Desta forma, a análise criteriosa das condições de acomodação dos rebanhos e a proposição de medidas de manejo adequadas para proporcionar maior conforto térmico aos animais podem ter influência positiva sobre o teor de gordura do leite, podendo inclusive proporcionar vantagens econômicas caso os produtores participem de programas de recompensa por qualidade. Se faz necessário realizar mais estudos, por períodos de tempo mais longos, com maiores números de amostras e em diferentes regiões, a fim de tornar possível a completa elucidação da relação entre ambiente térmico e a composição do leite.

REFERÊNCIAS

- ALBANEZ, J. R.; PARK, L. V. F. M.; OLIVEIRA, M. T.; LOPES, V. S.; SOUZA, F. A. L.; MOREIRA, M. G. P. F.; OLIVEIRA, N. R. P.; MORAES, N. C.; MARCATTI NETO, A.; JUHASZ, A. C. P.; MACÊDO, G. A. R.; PÁDUA, J. G.; RODRIGUES, J. R. M.; COELHO, M.; SANÁBIO, D.; OLIVEIRA, F. N.; SILVEIRA, F. A. G.; LARA, J. R.; MENDES, L. F.; FRANCO, M.; CÁSSIA, R. M.; REGINA, S. B.; LASMAR, W. M.; HERGOT, I.; CANEDO, L.; ALBUQUERQUE, C. J. B. Projeções do agronegócio: Minas Gerais 2017 a 2027. **Revista Veterinária & Zootecnia Em Minas**, Belo Horizonte, v.39, n.138, p.12-31, 2018.
- ALTHUSSIEN, M. N.; DANG, A. K. Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects and practical utility in dairy animals: An overview. **Veterinary World**, Nova York, v. 11, n. 5, p. 562- 577, 2018.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BARBOSA, S. B. P.; PEREIRA, D. F.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. P. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.8, p.892-899, 2013.
- ALMEIDA, J. V. N.; MARQUES, L. R.; MARQUES, T. C. Influence of thermal stress on the productive aspects of cattle – review. **Research, Society and Development**, [s.l.], v.9, n.7, p.23-37, 2020.
- ARAUJO, G. G. L. Os impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos e a produção animal em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.8, n.1, p.598-609, 2015. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1031941>>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- 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 ½, ¾, 7/8 Holandês - Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.2000- 2008, 2005.
- BAUMGARD, L. **Heat stress and the dairy industry**. 2018. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/mohammadazizi4/heat-stress-45118812>>. Acesso em: 10 out. 2021
- BECKER, C. A.; COLLIER, R. J.; STONE, A. E. Invited review: physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign v.103, n.8, p.1815-1835, 2020.
- BELAGE, E.; DUFOUR, S.; BAUMAN, C.; JONES-BITTON, A.; KELTON, D. The Canadian National Dairy Study 2015 - Adoption of milking practices in Canadian dairy herds. The Canadian National Dairy Study 2015, **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n.5, p. 3839-3849, 2017. doi: 10.3168/jds.2016-12187.
- BERMAN, A.; HOROVITZ, T.; KAIM, M.; GACITUA, H. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 60, n. 10, p. 1453-1462, Oct. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>

BERNABUCCI, U.; BASIRICO, L.; MORERA, P.; DIPASQUALE, D.; VITALI, A.; CAPPELLI, F. P.; CALAMARI, L. Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.98, n.3, p.1815-1827, 2015.

BRASIL. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 2017. Aprova o Novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF. 30 de março de 2017, Seção I. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/empresario/arquivos/PerguntaserespostasRIISPOASEI_21000.039574_2017_02.pdf. Acesso em: 17 jul. 2021.

BOSCHUNG, J., NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 1535, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº62, de 29 de março de 2011. Aprova o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite Tipo A, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite Cru Refrigerado, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite Pasteurizado e o Regulamento de Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel, em conformidade com os anexos desta Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF. Seção I. Disponível em: < http://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-62-2011_78285.html>. Acesso em: 17 jul. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 77, de 26 de novembro de 2018. Critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no Serviço de Inspeção Oficial. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF. 30 de novembro de 2018. Disponível em https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750141/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-77-de-26-de-novembro-de-2018-52749887#:~:text=O%20leite%20cru%20refrigerado%20da,40%20desta%20Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa. Acesso em: 17 jul. 2021.

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

COWLEY, F. C.; BARBER, D. G.; HOULIHAN, A.V.; POPPI, D. P. Immediate and residual effects of heat stress and restricted intake on milk protein and casein composition and energy metabolism. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 98, p. 2356-2368, 2015.

DAS, R.; SAILO L.; VERMA, N.; BHARTI, P.; SAIKIA J.; IMTIWATI; KUMAR, R. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. **Veterinary World**, New York, v. 9, n. p. 260-268, 2016. Disponível em: <http://www.veterinaryworld.org/Vol.9/March-2016/7.pdf> Acesso em: 20 ago. 2021.

DE RENSIS, F., GARCIA-ISPIERTO I.; LÓPEZ-GATIUS, F. Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. **Theriogenology**, Stoneham, v. 84, p. 659–666, 2015.

DU PREEZ, J. H. Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, Pretoria, v. 67, n. 4, p. 263–271, 2000.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário leite 2021**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1132875/anuário-leite-2021-saude-unica-e-total>. Acesso em: 04 nov. 2021.

FAGNANI, R.; BATTAGLINI, A. P. P.; BELOTI, V.; SCHUCK, J.; SEIXAS, F. N.; CARRARO, P. E. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leite em função da sazonalidade. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.69, n.3, p.173-180, 2014.

FELTES, G. L.; MICHELOTTI, V. T.; PRESTES, A. M.; BRAVO, A. P.; BONDAN, C.; DORNELLES, M. A.; BRENDA, F. C.; NOGARA, P. E. Milk production and percentages of fat and protein in Holstein breed cows raise in Rio Grande do Sul, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.4, p.700-706, 2016.

GAO, S. T.; QUAN, S. Y.; NAN, X. M.; SANZ-FERNANDEZ, M. V.; BAUMGARD, L. H. BU, D. P. Effect of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.100, n.6, p.5040-5049, 2017.

GARCIA, A. B.; ANGELI, N.; MACHADO, L.; CARDOSO, F. C.; GONZALEZ, F. Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in Southern Brazil. **Tropical Animal Health Production**, Edinburgh, v. 47, p. 889-894, 2015.

HAMMAMMI, H.; BORMANN, J.; MHAMDI, N.; MONTALDO, H. H.; GENGLER, N. Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperat environment. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.96, n.3, p..1844-1855, 2013.

HENRICHES, S. C.; MACEDO, R. E. F.; KARAM, L. B. Influência de indicadores de qualidade sobre a composição química do leite e influência das estações do ano sobre esses parâmetros. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.12, n.3, p.199-208, 2014.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate change 2013: The physical science basis. STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G. K.; TIGNOR, M., ALLEN, S. K.,

IPDSA (Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Sustentável de Araxá). **Indicadores Socioambientais**. 2013. Disponível em: < <http://ipdsa.org.br/menu/link/147/indicadores-socioambientais>>. Acesso em: 20 set. 2021.

LUDOVICO, A.; MAION, V. B.; BRONKHORST, D. E.; GRECCO, F. D. A. C. R.; CUNHA FILHO, L. F. C.; MIZUBUTI, I. Y.; ALMEIDA, K. M.; LUDOVICO, M. S.; SANTANA, E. H. W. Perdas na produção e qualidade do leite devido contagem de células somáticas no leite e estresse térmico de vacas da raça Holandesa em clima temperado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.36, n.5, p.3455-3470, 2015.

MARTINS, F.; GONZAGA, G.; SANTOS, D.; REBOITA, M. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais, Curitiba, p.129, 2018

MCMANUS, C.; CANOZZI, M. E.; BARCELLOS, J.; PAIVA, S. R. Pecuária e Mudanças Climáticas. **Revista UFG**, Goiânia, v.13, n.13, p.45-48, 2017. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/revistaufg/article/view/48455>>. Acesso em: 15 jul. 2021.

MUKHERJEE, J.; DE, K.; CHAUDHURY, M.; DANG, A. K. Seasonal variation in in vitro immune activity of milk leukocytes in elite and non-elite crossbred cows of Indian sub-tropical semi-arid climate. **Biological Rhythm Research**, Oxford, v. 46, p. 425-433, 2015.

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

NAKAMURA, A. Y.; ALBERTON, L. R.; OTUTUMI, L. K.; DONADEL, D.; TURCI, R. C.; AGOSTINIS, R. O.; SILVA CAETANO, I. C. Correlação entre as variáveis climáticas e a qualidade do leite de amostras obtidas em três regiões do estado do Paraná. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v.15, n.2, p.103-108, 2012.

NICKERSON, S. C. Management strategies to reduce heat stress, prevent mastitis and improve milk quality in dairy cows and heifers. **University of Georgia Extension**, Georgia, 2014.

OLIVEIRA, Z. B; BOTTEGA, E.L; KNIES, A.E; OLIVEIRA, M.B; SOUZA, I.J. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado do Rio Grande do Sul. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 32, n. 3, 2017.

PAIXÃO, M. G.; LOPES, M. A.; COSTA, G. M.; SOUZA, G. N.; ABREU, L. R.; PINTO, S. M. Milk quality and financial management at different scales of production on dairy farms located in the south of Minas Gerais state. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.3, 213- 221, 2017. doi: 10.1590/0034-737X201764030001.

PEREIRA, A. M. F.; TITTO, E. L.; INFANTE, P.; GERALDO, A. M.; ALVES, A.; LEME, T. M.; BACCARI JR., F.; ALMEIDA, J. A. Evaporative heat loss in *Bos taurus*: do different cattle breeds cope with heat stress in the same way? **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 45, p. 87–95, 2014.

PETZER, I. M.; KARZIS, J.; DONKIN, E. F.; WEBB, E. C.; ETTER E. M. C. Validity of somatic cell count as indicator of pathogen-specific intramammary infections. **Journal of the South African Veterinary Association**, Johannesburgo, v.88, p.14-17, 2017.

PIRES, M. V.; CUNHA, D. A.; REIS, D. I.; ALEXANDRE, B. Percepção de produtores rurais em relação às mudanças climáticas e estratégias de adaptação no estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.37, n.4, p.431-440, 2014.

POLLEY, H. W.; BRISKE, D. D.; MORGAN, J. A.; WOLTER, K.; BAILEY, D. W.; BROWN, J. R. Climate change and North American rangelands: trends, projections, and implications. **Rangeland Ecology and Manage**, London, v. 66, p. 493–511, 2013.

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

PRAGNA, P.; ARCHANA, P. R.; ALEENA, J.; SEJIAN, V.; KRISHNAN, G.; BAGATH, M.; MANIMARAN, A.; BEENA, V.; KURIEN, E. K.; VARMA, G.; BHATTA, R. Heat Stress and Dairy Cow: Impact on both milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 12, p. 1–11. 2017.

REDDI, S.; DIXIT, S; DANG, A. K. Incidence of mastitis and activity of milk neutrophils in Tharparkar cows reared under semi-arid conditions. **Tropical Animal Health Production**, Edinburgh, v. 48, p. 1291-1295, 2016.

RHOADS, M. L.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J.; COLLIR, 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**, Champaign, v.92, n.5, p.1986-1997, 2009.

SILVA, J. C.; ANTUNES, R. C. Efeito do tipo de ordenha e do ambiente sobre a qualidade do leite cru com base na contagem de células somáticas. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 19, p. 1-16, 2018.

SILVA, T. P. D.; OLIVEIRA, R. G.; SOUSA-JÚNIOR, S. C.; SANTOS, K. R. Efeito da exposição à radiação solar sobre parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiça (Holandês x Gir) no sul do estado do Piauí. **Comunicata Scientiae**, Dourados, v.3, n.4, p.299,305, 2012.

SMITH, D. L.; SMITH, T.; RUDE, B. J.; WARD, S. H. Short communication: comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.96, n.5, p.3028-3033, 2013.

SOARES-NEVES, R. B.; MESQUITA, A. J.; SANTOS, M. V.; SOARES-NICOLAU, E.; PEIXOTO-BUENO, C.; OLIVEIRA-COELHO, K. Avaliação sazonal e temporal da qualidade do leite cru goiano tendo como parâmetros a contagem celular somática e a contagem bacteriana total. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba. v.24, n.1, p.10-23, 2019.

SOUZA, G.N.; PAIVA E BRITO, M.A.V.; LANGE, C.C. *et al.* Qualidade do leite de rebanhos bovinos localizados na Região sudeste: Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Janeiro/2007 a Junho/2008. **Congresso Brasileiro de Qualidade do Leite**, Recife v.3, p.373, 2008.

TAFFAREL, L. E.; BARCELLOS COSTA, P.; YUJI TSUTSUMI, C.; KLOSOWSKI, E. S.; PORTUGAL, E. F.; LINS, A. C. Variação da composição e qualidade do leite em função do volume de produção, período do ano e sistemas de ordenha e de resfriamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.36, n.1, p.2287-2300, 2015.

TAO, S.; ORELLANA, R.; WENG, X.; MARINS, T.; DAHL, G. BERNARD, J. Smposium review: the influences of heat stress on bovine mammary gland function. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.101, n.5, p.5642-5654, 2018.

TEIXEIRA JÚNIOR, F. E. P.; LOPES, M. A.; RUAS, J. R. M. Efeito do pagamento por qualidade do leite na rentabilidade da atividade leiteira. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.70, n.1, p.24-34, 2015.

TEMPLE, D., F.; BARGO, E.; MAINAU, I.; IPHARRAGUERRE; MANTECA, X. Heat stress and efficiency in dairy milk production: A practical approach. The Farm Animal Welfare Fact Sheet nº 12, **Farm Animal Welfare Education Centre**, 2015.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n.2, p. 57-61, 1959. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00431672.1959.9926960>>. Acesso em: 18 jul. 2021.

THORNTON; P. K.; BOONE, R. B.; RAMIREZ-VILLEGAS, J. 2015. Climate change impacts on livestock. Reserch program on **Climate Change, Agriculture and Food Security**, Champaign, 2015.

VARGAS, D. P.; NÖRNBERG, J. L.; SCHEIBLER, R. B.; SCHAFHAUSER JUNIOR, J.; RIZZO, F. A.; WAGNER, R. Qualidade e potencial nutracêutico do leite bovino em diferentes sistemas de produção e estações do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1208-1219, dez. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015001200011>