

Modelagem, classificação e pré-validação de diagnóstico de mastite subclínica em função da temperatura do úbere

Modeling, classification and pre-validation of diagnosis of subclinical mastites as a function of udder temperature

DOI:10.34117/bjdv8n3-005

Recebimento dos originais: 14/02/2022

Aceitação para publicação: 02/03/2022

Elisa de Souza Junqueira Rezende

Doutora pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP (FEAGRI)
Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes
Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000
E-mail: elisasjrezende@yahoo.com.br

Daniella Jorge de Moura

Doutora pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP (FEAGRI)
Instituição: Universidade Estadual de Campinas
Endereço: Av. Cândido Rondon, 501, Cidade Universitária - Campinas, SP
CEP: 13083-875
E-mail: daniella.moura@feagri.unicamp.br

José Luiz de Andrade Rezende Pereira

Doutor pela Universidade Federal de Lavras - UFLA
Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes
Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000
E-mail: joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br

Marcelo Araújo Junqueira Ferraz

Engenheiro Agrônomo, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes
Instituição: Mestrando na Universidade Federal de Lavras - UFLA
Endereço: Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário - Lavras, MG
CEP: 37200-900
E-mail: harasmjf@gmail.com

Gabriel Araújo Junqueira Ferraz

Graduando Engenharia Agrônômica, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes
Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes
Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000
E-mail: gabriel.junqueira@alunos.ifsuldeminas.edu.br

Evandro Luiz de Matos Junior

Graduando Engenharia Agrônômica, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes
Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes
Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000
E-mail: evandro.junior@alunos.ifsuldeminas.edu.br

Rafaela de Paula Costa

Graduanda Engenharia Agrônômica, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes
Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes
Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000
E-mail: rafaela.costa@alunos.ifsuldeminas.edu.br

RESUMO

O monitoramento contínuo da mastite é, um dos maiores desafios para a cadeia produtiva do leite. Monitorar a contagem de células somáticas nos rebanhos para conhecer a situação atual e a sua evolução, é o primeiro passo para que se possa avançar no controle da doença. Assim, o objetivo neste trabalho foi desenvolver um modelo preditivo do diagnóstico de mastite subclínica em função de temperaturas médias de superfície do úbere obtidas por meio da câmera termográfica. A pesquisa foi conduzida no IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, MG. Foram utilizadas doze vacas da raça Holandesa. O período de coleta foi 2 dias e a frequência, duas vezes ao dia no período da manhã (7:00 h) e à tarde (18:00 h). A dieta alimentar foi mantida de acordo com a rotina da fazenda. As imagens térmicas foram registradas antes da ordenha do úbere a partir de uma câmera termográfica, com um total de 48 imagens termográficas. No final da ordenha foram realizadas coletas de leite para posterior análise de contagem de células somáticas (SCC). Com base na ferramenta para extração de melhores subconjuntos de variáveis, módulo de ferramenta pertencente a análise de regressão do software Minitab 17, concluiu-se que com apenas uma variável preditora (temperatura termográfica do úbere) foi possível estabelecer um modelo de alta eficiência por predizer o diagnóstico da mastite subclínica com alta precisão.

Palavras-chave: câmera termográfica, bovino de leite, temperatura de superfície.

ABSTRACT

Continuous monitoring of mastitis is one of the major challenges for the milk production chain. Monitoring the somatic cell count in herds in order to know the current situation and its evolution is the first step towards progress in controlling the disease. Thus, the objective of this work was to develop a predictive model for the diagnosis of subclinical mastitis as a function of average udder surface temperatures obtained through the thermographic camera. The research was conducted at IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes, MG. Twelve Holstein cows were used. The collection period was 2 days and the frequency was twice a day in the morning (7:00 a.m.) and in the afternoon (6:00 a.m.). The diet was maintained according to the routine of the farm. The thermal images were recorded before the udder milking from a thermographic camera, with a total of 48 thermographic images. At the end of milking, milk samples were collected for later analysis of somatic cell counts (SCC). Based on the tool for extraction of better subsets of variables, a tool module belonging to the Minitab 17 software regression analysis, it was concluded that with only one predictor variable (thermographic udder temperature) it was possible to establish a high efficiency model to predict The diagnosis of subclinical mastitis with high precision.

Keywords: thermographic camera, bovine milk, surface temperature.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2015), em 2014, o Brasil produziu 35,17 bilhões de litros de leite, representando um aumento de 2,7% em relação ao ano anterior e ocupando a quinta posição no ranking mundial de produção. Porém, a mastite é uma doença que afeta os rebanhos brasileiros e representa um desafio para os produtores e para as indústrias de laticínio (REIS et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2009).

A utilização de tecnologias na produção animal, através da diminuição da manipulação destes para diagnóstico, bem como avaliar os animais em seu ambiente de produção de forma não invasiva, têm auxiliado no aumento da qualidade, segurança e produtividade geral (STEWART et al., 2005). Nesse sentido, a termografia infravermelho tem sido testada como método auxiliar, tanto na melhora de processos de ordenha, quanto na detecção precoce de mastite. Novas metodologias para detecção de mastite permite o desenvolvimento de produtos, processos e serviços para aplicação do conceito de pecuária de precisão nas fazendas leiteiras. Historicamente, a mensuração da temperatura tem sido utilizada para o diagnóstico clínico, porque se provou ser um bom indicador da saúde (TAN et al., 2009).

A ocorrência de mastite leva a um aumento na contagem de células somáticas (SCC) do leite (SCHROEDER, 1997). Segundo Fregonesi e Leaver (2001), a contagem de células somáticas é o melhor indicador para avaliar a mastite em um rebanho, pois se trata de uma medida objetiva que reflete as duas formas da doença, a clínica e a subclínica, fornecendo um bom indicativo do grau de infecção da glândula mamária

A determinação da contagem de células somáticas requer o envio da amostra de leite a um laboratório, gerando um tempo de espera prolongado para decisões diárias sobre o manejo. Essa espera para os resultados dificulta ao produtor o acesso rápido aos resultados (RODRIGUES, 2008).

Para o correto uso dos métodos de diagnósticos da mastite e interpretação dos resultados é importante conhecer algumas de suas características, como a sensibilidade, a especificidade e o valor preditivo. A sensibilidade é a habilidade do teste de produzir um resultado positivo quando a vaca realmente apresenta mastite, enquanto a especificidade é a sua habilidade de apresentar resultado negativo quando a mesma não apresenta mastite. Para uma correta avaliação da situação da mastite em termos do animal e do rebanho o que se busca é o uso de métodos que apresentem boa especificidade e sensibilidade. O valor preditivo é determinado pela interação dessas variáveis:

sensibilidade e a especificidade do teste e a prevalência da doença no grupo de estudo (SANTOS e Fonseca, 2007).

Objetivou-se desenvolver um modelo preditivo do diagnóstico de mastite subclínica em função de temperaturas médias obtidas por meio da câmera termográfica.

2 MÉTODOS

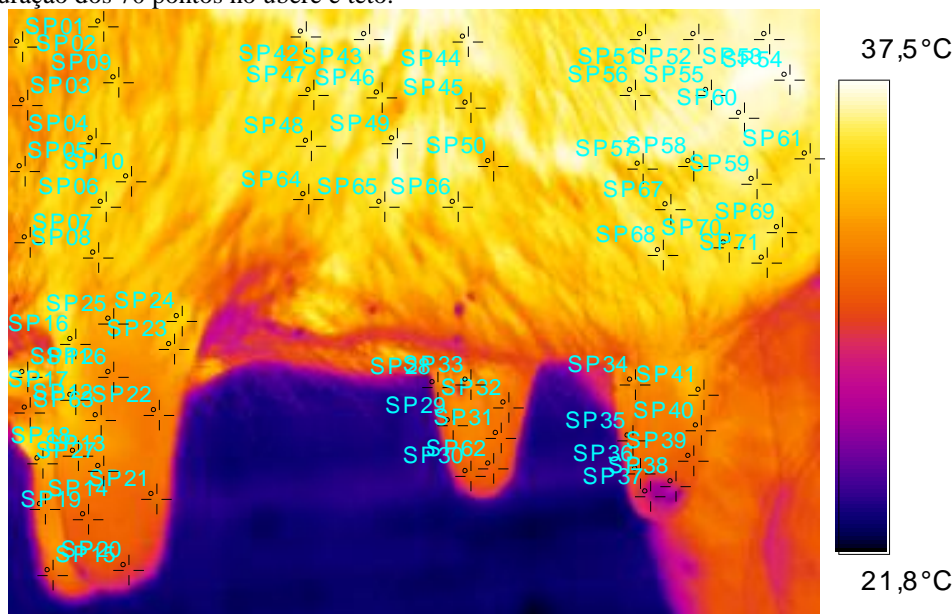
O estudo foi realizado na Unidade Educativa de Produção (UEP) - bovinocultura leite, campus Inconfidentes no estado de Minas Gerais, Brasil. (22 ° 17'56,8 "S e 46 ° 19'56,1 "W). O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais - CEUA do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS (Nº 19A/2015).

Foram utilizadas 12 vacas, pluríparas em lactação, peso médio 550 Kg da raça Holandesa preta e branca em fase de lactação, ou seja, entre 90-100 dias de lactação, com uma produção média de 25 kg de leite dia-1/vaca, confinadas em sistema free stall. O período de coleta foi de 2 dias e a frequência, duas vezes ao dia no período da manhã (7:00 h) e à tarde (18:00 h), durante a ordenha. A dieta alimentar foi mantida de acordo com a rotina da fazenda.

Os dados termográficos foram coletados anteriormente à ordenha. Assim, foram realizadas imagens térmicas da superfície do úbere com uma câmera de infravermelho (FLIR B400®), da região lateral do lado direito do úbere, com um total de 48 imagens. Foram coletadas a partir de uma distância de 0,20 m do animal e o equipamento foi calibrado para uma emissividade de 0,98, indicada para os tecidos biológicos. Antes da coleta de dados, o úbere foi escovado para remover sujeira que poderia interferir com as imagens.

As imagens foram armazenadas num cartão de memória e, em seguida, transferidos para um computador portátil para análise das imagens com o software QuickReport®/FLIR-Systems. A partir das imagens capturadas com temperaturas diferentes ao longo do úbere, a ferramenta "ponto" do software foi usado para obter a temperatura média, que foi calculada a partir de 70 pontos escolhidos aleatoriamente no úbere e tetos (FIGURA 1).

Figura 1 – Imagens obtidas com a câmera infravermelho de um animal com mastite subclínica, com a mensuração dos 70 pontos no úbere e teto.



Fonte: Do autor, 2021.

Realizou-se a coleta de leite para análise de contagem de células somáticas após o término da ordenha da manhã e da tarde de uma amostra composta dos quatro quartos. A coleta foi realizada diretamente do medidor automático em condições assépticas e o leite foi armazenado em frasco contendo conservante Bronopol®. Após a identificação, as amostras foram condicionadas em caixa isotérmica com gelo reciclável e enviadas ao Laboratório da Clínica do Leite, Departamento de Produção Animal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), em Piracicaba, SP, Brasil. A análise de SCC foi realizada através do equipamento automatizado (Somacount 300®, Bentley Instruments, Chaska MN, USA).

Com a estrutura de dados adequada, a análise de regressão possibilitou o recurso de seleção de melhores subconjuntos de variáveis para elaborar com precisão expressiva o modelo. Tal procedimento denominado “bestsubsets” presente no software permitiu concluir que apenas a variável IRTU era suficiente para uma excelente explanação do comportamento de SCC. Os critérios para a seleção foram o elevado coeficiente de determinação (R^2), minimização da variância do modelo e ainda a irrisória melhoria desses índices no acréscimo de outra variável IRTV. Isto é, não compensaria incluir mais uma variável no modelo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na ferramenta para extração de melhores subconjuntos de variáveis, módulo de ferramenta pertencente a análise de regressão do software Minitab 17, concluiu-se que com apenas uma variável preditora (temperatura termográfica do úbere) foi possível estabelecer um modelo potencialmente de grande poder preditivo. Por meio de análise de resíduos e de adequação às premissas de Regressão (homocedasticidade, independência e normalidade na distribuição residual do modelo) que foi elaborada com a função de ligação Ln (logaritmo neperiano). A transformação logarítmica da SCC foi confirmada pelo método de transformação otimizada de Box-Cox. Desse modo, o modelo apresentou a seguinte equação:

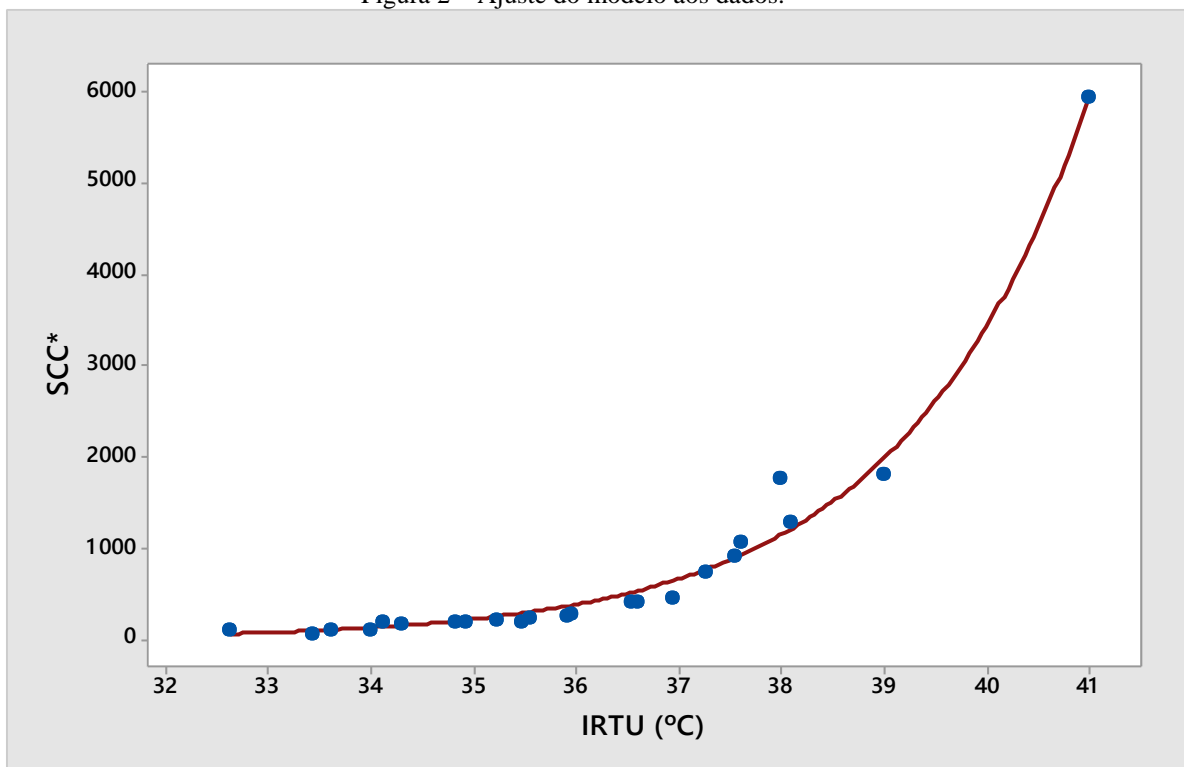
$$\ln(SCC^*) = -14,214 + 0,5574(IRTU)$$

Ou ainda,

$$(SCC^*) = \exp[-14,214 + 0,5574(IRTU)] \text{ Sendo, } SCC^* = SCC \text{ 103.}$$

Esse modelo apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 95%, revelando grande aderência aos dados, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Ajuste do modelo aos dados.



Fonte: Do autor, 2021.

Com base no critério classificação da contagem de células somáticas, pôde-se elaborar a validação cruzada, relacionando a classificação dos resultados observados com a classificação predita (TABELA 1).

A mastite subclínica pode ser detectada pela contagem de células somáticas (SCC), pois a infecção da glândula mamária é a causa de maior interferência, pois as células de defesa migram do sangue para o local de infecção, com o objetivo de combater o agente causador, aumentando desta forma a contagem de células somáticas do leite (ZAFALON et al.,2005; WELLNITZ et al.,2009).

Dessa maneira, a SCC é usada como critério de diagnóstico indireto de mastite subclínica, sendo de extrema importância o seu controle e monitoramento, pois, além de fazer parte das exigências normativas de órgãos fiscalizadores do Brasil e de diversos outros países do mundo, este indicador está relacionado com rendimento industrial, enquanto que, para os produtores, é uma importante ferramenta no controle da saúde da glândula mamária, qualidade da matéria-prima e perda de produção (BUENO et al., 2005; WICKSTRÖM et al, 2009).

Na Europa, a contagem de células somáticas acima de 200.000 céls/mL são frequentemente considerados como um indicador de mastite (SCHUKKEN et al., 2003). Resultados semelhantes foram relatados por Rupp et al. (2000), que observou que a presença de microrganismos patogênicos na glândula mamária determina o aumento da SCC (>200.000 céls./mL de leite).

Tabela 1 – Classificações concordantes e discordantes entre resultados observados e preditos.

Presença de Mastite Subclínica - Observada	Presença de Mastite Subclínica - Predita		
	Sim	Não	Total
Sim	14	0	14
Não	1	9	10
Total	15	9	24

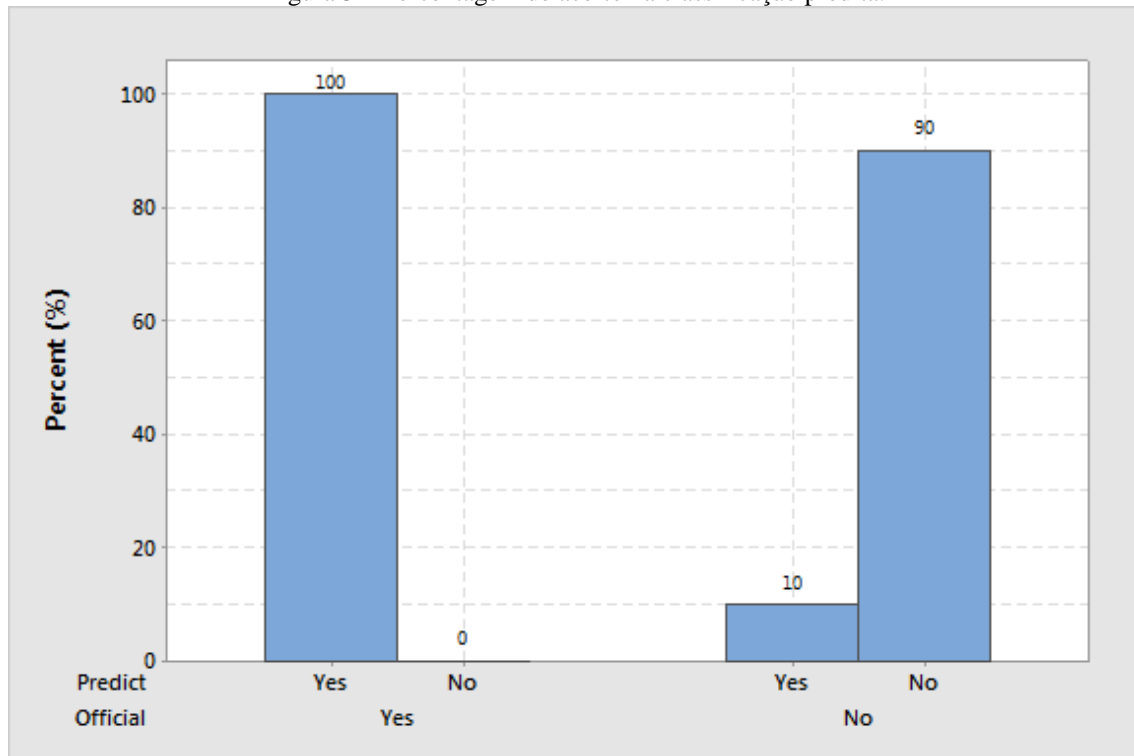
Fonte: Do autor, 2021

Acurácia do modelo corresponde a 95,83%, sensibilidade é de 100% e especificidade equivale a 90%. Tais índices revelam a alta eficiência da classificação oriunda do modelo obtido.

Reforçando os indicadores supracitados, utilizou-se o índice Kappa (K) de concordância, acompanhado do teste estatístico para avaliar a significância dos resultados concordantes. O valor do índice Kappa foi de 91,30 (P<0,01), apontando que os valores

concordantes não podem ser considerados mero acaso, mas sim uma forte evidência de que o modelo, através do resultado predito de SCC, permite a predição do diagnóstico de mastite com eficácia e grande confiabilidade (FIGURA 3).

Figura 3 – Percentagem de acerto na classificação predita.



Fonte: Do autor, 2021.

4 CONCLUSÃO

A metodologia envolvendo as análises de regressão, incluindo a seleção de variáveis, foi adequada para o desenvolvimento de uma função preditora enxuta, eficiência e de alta confiabilidade. Tal modelo apresentou alta eficiência por predizer o diagnóstico da mastite com alta precisão, mitigando custo e tempo necessário para a realização das análises clínicas.

REFERÊNCIAS

- IBGE. (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA) 2015. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro_201501publ_completa.pdf. Acessado em: Fevereiro/2016.
- OLIVEIRA, A. A.; MELO, C. B.; AZEVEDO, H. C. Diagnóstico e determinação microbiológica da mastite em rebanhos bovinos leiteiros nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 226-230, 2009.
- REIS, S. R.; SILVA, N.; BRESCIA, M.V. Antibiotic therapy for subclinical mastitis control of lactating cows. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 6, p.651- 658, 2003.
- RODRIGUES, A. C. de O. **IDENTIFICAÇÃO BACTERIANA A CAMPO DA MASTITE BOVINA PARA ORIENTAR PROTOCOLOS DE TRATAMENTO** - Piracicaba, 2008. 95 p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
- SANTOS, M. V., AND L. F. L FONSECA. **Estratégias para controle de mastite e melhoria na qualidade do leite: conceitos sobre mastite bovina e métodos diagnósticos**. Barueri: São Paulo: Manole, 314 p. 2007.
- FREGONESI, J.A.; LEAVER, J.D. Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. **Livestock Production Science**, v. 68, p. 205-216, 2001.
- SCHROEDER, J. W. **Mastitis Control Programs: Bovine Mastitis and Milking Management**: North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, 1997. 12p. (NDSU Extension Service).
- STEWART M, WEBSTER JR, SCHAEFER AL, COOK NJ, SCOTT SL. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. **Animal Welfare**, v.14, p.319-325, 2005
- SCHUKKEN, Y. H., WILSON, D. J., WELCOME, F., GARRISON-TIKOFSKY, L., & GONZALEZ, R. N. Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. **Veterinary research**, v. 34, n. 5, p. 579-596, 2003.
- ZAFALON, L. F., NADER FILHO, A., OLIVEIRA, J. V. D., & RESENDE, F. D. D. Comportamento da condutividade elétrica e do conteúdo de cloretos do leite como métodos auxiliares de diagnóstico na mastite subclínica bovina. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 159-163, 2005.
- WICKSTRÖM, E., PERSSON-WALLER, K., LINDMARK-MÅNSSON, H., ÖSTENSSON, K., & STERNESJÖ, Å. Relationship between somatic cell count, polymorphonuclear leucocyte count and quality parameters in bovine bulk tank milk. **Journal of dairy research**, v. 76, n. 02, p. 195-201, 2009.

WELLNITZ, O., DOHERR, M. G., WOLOSZYN, M., & BRUCKMAIER, R. M. Prediction of total quarter milk somatic cell counts based on foremilk sampling. **Journal of dairy research**, v. 76, n. 03, p. 326-330, 2009.

BUENO VFF, MESQUITA AJ, NICOLAU ES, OLIVEIRA NA, OLIVEIRA JP, NEVES RBS, MANSUR JRG, THOMAZ LW Contagem celular somática: relação com a composição centesimal do leite e período do ano no Estado de Goiás. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 848-854, 2005.

RUPP, R.; BEAUDEAU, F.; BOICHARD, D. Relationship between milk somatic-cell counts in the first lactation and clinical mastitis occurrence in the second lactation of French Holstein cows. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 46, n. 2, p. 99-111, 2000.

BRITO, J.R.F. O que são e como surgem as células somáticas no leite. In: MINAS LEITE: Qualidade do leite e produtividade dos rebanhos leiteiros, 1., 1999, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: 1999b. p.35-39.