

ANÁLISE LONGITUDINAL DA CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS NA PREVALÊNCIA E DINÂMICA DA MASTITE SUBCLÍNICA EM REBANHO LEITEIRO

João Pedro Franco Pereira¹
Kamilly Victoria Dias Lopes¹
Pedro Ambrósio Souza Horsth¹
Ivonaldo Aristeu Gardingo²
Cristina Alves de Oliveira Ramos³
Verônica Aparecida Ferrari Fumian⁴
Mariana de Faria Gardingo Diniz⁵

mariana_gardingo@yahoo.com.br

ÁREA DO CONHECIMENTO: Ciências Agrárias

RESUMO

A mastite subclínica é uma das principais doenças da bovinocultura leiteira, comprometendo a qualidade do leite e a rentabilidade das propriedades. Este estudo teve como objetivo avaliar o comportamento da Contagem de Células Somáticas (CCS) ao longo do tempo e identificar animais com indicativos de mastite subclínica em um rebanho leiteiro. Foram analisados dados de 12 coletas realizadas entre janeiro de 2025 e maio de 2026 em uma propriedade de Minas Gerais. Os resultados mostraram média de $486,1 \times 10^3$ células/mL e prevalência média de mastite subclínica de 42,8%, indicando uma situação de atenção para a qualidade do leite. Além disso, observou-se que poucos animais com infecção persistente foram responsáveis pela maior parte da elevação da CCS do rebanho. Dessa forma, a análise longitudinal mostrou-se uma ferramenta importante para identificar animais crônicos e orientar medidas de controle, contribuindo para a melhoria da qualidade do leite e da eficiência produtiva.

PALAVRAS-CHAVE: mastite subclínica; contagem de células somáticas; qualidade do leite; bovinocultura leiteira; monitoramento longitudinal.

1 INTRODUÇÃO

A bovinocultura de leite consolida-se como um dos pilares socioeconômicos do agronegócio brasileiro, atuando estrategicamente tanto na fixação do homem no campo pela agricultura familiar quanto na movimentação de complexas cadeias

¹ Acadêmicos do Curso de Medicina Veterinária da Univértix.

² Professor da Univértix

³ Professora da Univértix

⁴ Professora da Univértix

⁵ Professora do Centro Universitário Vértice - Univértix. Doutora em Educação. Bióloga.

agroindustriais de alta tecnologia (Anacleto e Valente, 2023). O dinamismo do setor, impulsionado por investimentos contínuos em melhoramento genético, nutrição de precisão e automação do manejo de ordenha, posicionou o Brasil entre os principais produtores mundiais de lácteos, transitando de uma atividade tradicional para um mercado altamente competitivo (Oliveira *et al.*, 2023).

No entanto, a rentabilidade e a competitividade do setor estão intrinsecamente ligadas à qualidade da matéria-prima. Na esfera zootécnica e financeira, o fornecimento de leite em desconformidade com os padrões estabelecidos resulta em penalizações severas no preço pago ao produtor, enquanto a alta qualidade confere bonificações comerciais (Ribeiro *et al.*, 2009). Para as indústrias de processamento, deficiências na qualidade do leite reduzem o rendimento de fabricação de derivados como queijos e iogurtes, elevam custos operacionais e limitam a vida útil das mercadorias (Silva *et al.*, 2022).

O conceito contemporâneo de qualidade do leite é multidimensional, englobando a integridade nutricional, sanitária e tecnológica do produto. Esses atributos são monitorados por meio de indicadores microbiológicos, físico-químicos e sanitários que refletem o manejo na propriedade rural. A Contagem Padrão em Placas (CPP) avalia a higiene da ordenha e a eficiência de refrigeração, controlando a proliferação de bactérias psicrotróficas cujas enzimas termoestáveis degradam proteínas e gorduras, gerando defeitos sensoriais (Oliveira *et al.*, 2023). Os parâmetros físico-químicos — acidez titulável, densidade e índice crioscópico — asseguram a estabilidade coloidal do leite e a ausência de fraudes por adição de água (Ortiz e Gonçalves, 2025). No âmbito sanitário, a Contagem de Células Somáticas (CCS) mensura a resposta imune da glândula mamária a infecções.

No cenário regulatório nacional, o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) rege o controle de qualidade por meio das Instruções Normativas nº 76 e nº 77 de 2018. Estas normativas estabelecem os limites máximos de 500.000 CS/mL para CCS e 300.000 UFC/ML para CPP na propriedade, além de obrigarem a implementação de Programas de Autocontrole (PAC) pelas indústrias e o monitoramento via Rede Brasileira de Laboratórios de Controle da Qualidade do Leite (RBQL) (Brasil, 2018a; Brasil, 2018b). A estrita observância a esses critérios reflete-se na saúde pública, uma

vez que o leite obtido sem critérios higiênicos pode atuar como vetor de zoonoses (como brucelose e tuberculose), causar Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs) e carrear resíduos de antimicrobianos que aceleram a resistência bacteriana global (Ortiz e Gonçalves, 2025).

A mastite constitui o processo inflamatório da glândula mamária, de etiologia predominantemente infecciosa, decorrente da invasão e multiplicação de patógenos pelo canal do teto (Brasil, 2018). Epidemiologicamente, a doença se manifesta nas formas clínica e subclínica. A mastite clínica apresenta alterações macroscópicas visíveis no leite e sinais flogísticos no úbere, sendo diagnosticada pelo teste da caneca de fundo preto (Arcure *et al.*, 2006). Já a forma subclínica possui caráter silencioso, sem alterações visíveis no animal ou na secreção láctea, exigindo métodos indiretos de diagnóstico como o California Mastitis Test (CMT) ou a CCS (Caliman *et al.*, 2023). Os agentes etiológicos são classificados em contagiosos, cujo reservatório é o úbere infectado e a transmissão ocorre na ordenha (*Staphylococcus aureus* e *Streptococcus agalactiae*), e ambientais, microrganismos oportunistas do ambiente como os coliformes (*Escherichia coli* e *Klebsiella spp.*) e o *Streptococcus uberis* (Oliveira *et al.*, 2023).

As perdas econômicas associadas à mastite são severas, decorrentes da redução no volume produzido, descarte de leite com resíduos de antibióticos, gastos terapêuticos e descarte precoce de matrizes (Gentil *et al.*, 2025). Na forma subclínica, que representa a maior parte dos casos em rebanhos comerciais (na proporção de 15 a 40 casos subclínicos para cada clínico), o desafio é ainda maior devido à ausência de diagnóstico visual rápido, o que perpetua animais infectados na linha de ordenha. A inflamação crônica destrói progressivamente o epitélio glandular e rompe a barreira hemato-mamária. Esse fenômeno reduz a síntese de componentes nobres (caseína, lactose e gordura) e aumenta a permeabilidade a elementos sanguíneos (sódio, cloro, imunoglobulinas e enzimas proteolíticas como a plasmina), comprometendo drasticamente o rendimento industrial e a estabilidade térmica do leite (Oliveira *et al.*, 2023).

O controle preventivo e eficiente da saúde mamária fundamenta-se no monitoramento periódico e na transição de ações reativas para programas proativos

baseados no perfil epidemiológico da propriedade (NMC, 2016). Enquanto a avaliação estática da CCS fornece apenas um diagnóstico pontual, o emprego de dados longitudinais — obtidos pelo acompanhamento histórico e repetido das contagens dos animais ao longo do tempo — permite traçar curvas de comportamento da enfermidade, diferenciando infecções agudas de quadros crônicos persistentes.

A análise longitudinal viabiliza o cálculo de índices dinâmicos essenciais para a gestão sanitária, tais como a taxa de novas infecções (incidência) e a taxa de cura após protocolos terapêuticos na lactação ou no período seco (Campos *et al.*, 2023). A identificação sistemática de animais crônicos orienta o descarte estratégico e o direcionamento de diretrizes consolidadas, como o Plano de Controle de Mastite de 10 Pontos do National Mastitis Council (NMC), que engloba práticas de dipping, manutenção de equipamentos e terapia de vaca seca (Brasil, 2018).

Diante da variabilidade na transmissibilidade dos patógenos face a fatores climáticos, estresse calórico e desgaste de maquinário, justifica-se o desenvolvimento de pesquisas baseadas em dados epidemiológicos longitudinais. A aplicabilidade prática desses estudos reside na capacidade de transformar dados analíticos brutos em ferramentas preditivas de tomada de decisão, auxiliando o produtor rural na adequação às exigências das IN 76 e 77 do MAPA, otimizando a rentabilidade do rebanho e assegurando a segurança alimentar coletiva.

Diante da importância da mastite subclínica na bovinocultura leiteira e da utilização da Contagem de Células Somáticas como indicador sanitário do rebanho, torna-se fundamental avaliar o comportamento da CCS ao longo do tempo, permitindo identificar animais com infecções persistentes e contribuir para estratégias de controle e melhoria da qualidade do leite. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o perfil longitudinal da CCS e a frequência de animais com indicativos de mastite subclínica em um rebanho leiteiro bovino.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A mastite configura-se como um processo inflamatório da glândula mamária, desencadeado majoritariamente por invasão e multiplicação de micro-organismos patogênicos no parênquima glandular. É considerada mundialmente a patologia de

maior prevalência e incidência na bovinocultura leiteira, exercendo um impacto severamente negativo sobre a rentabilidade dos sistemas de produção e a sustentabilidade das propriedades rurais. O estresse celular imposto ao tecido mamário evoca uma robusta resposta imune, gerando alterações patológicas no parênquima secretor e profundas modificações físico-químicas e microbiológicas na secreção láctea (Makuto, 2015).

As perdas econômicas atreladas à enfermidade são severas e complexas, englobando a redução crônica no volume de leite ejetado, descartes involuntários de leite contaminado com resíduos de antimicrobianos, custos elevados com assistência veterinária e a depreciação ou descarte zootécnico precoce de matrizes de alto valor genético. Na esfera da saúde pública, a mastite representa uma ameaça direta devido à potencial veiculação de patógenos zoonóticos e toxinas termoestáveis para os seres humanos. Além disso, a segregação incompleta de leite de vacas tratadas introduz resíduos de antibióticos na linha comercial, induzindo riscos de reações alérgicas em consumidores e impulsionando a seleção de cepas bacterianas multirresistentes (Anacleto e Valente, 2023).

Epidemiologicamente, a patologia expressa-se sob duas formas distintas: clínica e subclínica. A mastite clínica cursa com alterações macroscópicas conspícuas no parênquima (edema, endurecimento, aumento de temperatura local, dor) e no fluido lácteo, evidenciando pus, grumos ou estrias de sangue, sendo diagnosticada rotineiramente à campo pelo teste da caneca de fundo escuro ou teste de Tamis. Por outro lado, a mastite subclínica adota um caráter silencioso, sem manifestações visíveis no animal ou no aspecto do leite. Sua presença é caracterizada pela severa alteração na composição centesimal do leite e pelo influxo massivo de células somáticas, exigindo ferramentas indiretas de triagem na sala de ordenha, como o *California Mastitis Test* (CMT), ou análises laboratoriais diretas (Silva *et al.*, 2022).

Segundo Oliveira *et al.*, (2023), os agentes causadores são classicamente catalogados em dois grupos, baseando-se em suas fontes primárias de infecção e mecanismos de transmissão:

- **Patógenos Contagiosos:** Apresentam o úbere infectado e a pele dos tetos como os principais reservatórios biológicos. A transmissão ocorre de forma horizontal

e pervasiva de vaca para vaca durante o manejo de ordenha, mediada pelas mãos dos ordenhadores, panos de lavagem compartilhados ou teteiras mal higienizadas. Os principais expoentes deste grupo são o *Staphylococcus aureus* (notório pela capacidade de formar biofilmes teciduais e induzir refratariedade terapêutica), os *Staphylococcus* coagulase negativa (SCN) e o *Streptococcus agalactiae*.

- Patógenos Ambientais: Consistem em micro-organismos oportunistas amplamente distribuídos no habitat dos animais, colonizando camas, currais, acúmulos de fezes, água e lama. A infecção intramamária processa-se no intervalo entre as ordenhas ou durante o período seco, quando o esfíncter do teto permanece aberto. Destacam-se as bactérias coliformes Gram-negativas, como *Escherichia coli* (frequentemente associada a quadros agudos e endotoxêmicos graves) e *Klebsiella pneumoniae*, além de estreptococos ambientais como *Streptococcus uberis* e *Streptococcus dysgalactiae*.

As células somáticas do leite são constituídas majoritariamente por leucócitos (neutrófilos, macrófagos e linfócitos) provenientes da resposta imune celular circulante, e, em menor proporção, por células epiteliais de descamação natural do epitélio alveolar. Glândulas mamárias híginas e livres de infecção secretam leite com contagens basais inferiores a 200×10^3 células/mL. O advento de um processo inflamatório intramamário induz o aumento abrupto e linear da CCS, atuando como o principal indicador sanitário e de qualidade do leite em nível individual e de tanque comum (Ortiz e Gonçalves, 2025).

A elevação da CCS altera de forma deletéria a integridade e os constituintes químicos do leite cru refrigerado. Fisiopatologicamente, a lesão tecidual e o aumento da permeabilidade vascular promovem o influxo de íons sódio (Na^+) e cloro (Cl^-) do sangue para o lúmen alveolar, reduzindo a concentração de potássio (K^+) e elevando o pH do meio. Ocorre uma severa depressão na síntese de lactose — principal regulador osmótico do volume do leite —, comprometendo diretamente a produtividade total do rebanho (Ortiz e Gonçalves, 2025).

Adicionalmente, os teores de gordura e de caseína sofrem reduções substanciais decorrentes da destruição do epitélio secretor e da degradação enzimática. A lise de leucócitos somáticos libera altas concentrações de enzimas proteolíticas lisossomais e ativa proteases endógenas como a plasmina. A plasmina quebra a estrutura da β -caseína antes e durante o processamento térmico, resultando em severos prejuízos reológicos e tecnológicos para a indústria de laticínios, o que deprime drasticamente o rendimento de fabricação de queijos e reduz a vida útil (*shelf-life*) de produtos fluidos pasteurizados (Ribeiro *et al.*, 2025).

Dada a natureza multifatorial da patologia, o controle eficiente exige a transição de ações curativas e isoladas para programas preventivos estruturados de manejo global. Historicamente fundamentado no "Plano de 5 Pontos", as diretrizes contemporâneas preconizadas pelo *National Mastitis Council* (NMC) expandiram as abordagens de biossegurança. A rotina de ordenha higiênica baseia-se na aplicação de pré-dipping (antisepsia dos tetos com soluções de iodo, cloro ou ácido láctico por no mínimo 30 segundos) para mitigar a carga microbiana ambiental antes da acoplagem das teteiras, seguido da secagem individualizada com papel toalha descartável. Após a retirada do conjunto de ordenha, a imersão completa dos tetos em soluções antissépticas pós-dipping atua formando uma película protetora para coibir a transmissão de patógenos contagiosos (Arcuri *et al.*, 2006).

Zootecnicamente, a instituição de uma linha de ordenha rigorosa — ordenhando primeiramente as primíparas sadias e finalizando com os animais crônicos e clínicos — impede a contaminação cruzada pelas teteiras. O fornecimento de concentrado ou volumoso imediatamente pós-ordenha força as matrizes a permanecerem em estação por pelo menos 30 minutos, tempo hábil para a contração física e fechamento do esfíncter do teto contra sujidades e dejetos. No manejo ambiental, o controle estrito da superlotação em sistemas intensivos (*free-stall* ou *compost barn*) e a manutenção de camas e piquetes limpos e secos inibem a proliferação bacteriana difusa (Lucheis *et al.*, 2025).

Durante o encerramento da lactação, a Terapia de Vaca Seca (TVS), por meio da infusão intramamária de antimicrobianos de longa ação associados a selantes

internos de teto, exibe altas taxas de cura bacteriológica e previne novas infecções no início do período seco. Para além da antibioticoterapia tradicional baseada em β -lactâmicos e cefalosporinas — pressionada pelos crescentes índices de resistência bacteriana —, novas alternativas bio-tecnológicas, como o emprego da ozonioterapia (promovendo ação imunoestimuladora e germicida sem descarte do leite) e o uso de suplementações moleculares que atenuam os genes inflamatórios, emergem como perspectivas sustentáveis e promissoras para a sanidade mamária (More *et al.*, 2022).

3 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo observacional, retrospectivo, longitudinal e de abordagem quantitativa descritiva, focado na dinâmica epidemiológica da saúde mamária bovina. O cenário da pesquisa compreendeu a unidade de produção leiteira Fazenda 3 Barros, localizada no estado de Minas Gerais. O horizonte temporal de amostragem abrangeu um ciclo de 16 meses, com dados coletados longitudinalmente em 12 pontos de amostragem distribuídos entre janeiro de 2025 e maio de 2026.

A população amostral foi constituída por matrizes da raça Holandesa e suas cruzas, em fase de lactação, submetidas a duas ordenhas diárias e manejo de semi-confinamento. Foram adotados como critérios de inclusão:

- Animais identificados individualmente por meio de numeração via brinco auricular eletrônico ou visual;
- Presença ativa nos relatórios oficiais de controle leiteiro mensal gerados na propriedade.

O tamanho do lote produtivo flutuou dinamicamente entre as coletas devido ao manejo zootécnico da propriedade (secagem de matrizes, lactações subsequentes e descartes), variando de 14 a 21 animais, consolidando uma média de $16,3 \pm 1,9$ vacas monitoradas por período analítico.

Os dados analíticos brutos de Contagem de Células Somáticas (CCS) individualizada foram obtidos por meio do banco de dados do sistema de gestão sanitária RebStat/agro+lean (Clínica do Leite), gerados a partir do relatório histórico individual nº 409 (OS-966674).

As amostras de leite de quartos mamários compostos foram colhidas mensalmente por técnicos treinados, acondicionadas em frascos contendo o conservante químico Bronopol® (2-bromo-2-nitropropano-1,3-diol) e remetidas sob refrigeração para análise em laboratório credenciado pela Rede Brasileira de Laboratórios de Controle da Qualidade do Leite (RBQL). A mensuração quantitativa da CCS foi realizada por meio de citometria de fluxo automatizada, expressando os resultados em milhares de células somáticas por mililitro ($\times 10^3$ CS/mL).

Para a estratificação do status sanitário do rebanho, estabeleceu-se o limiar internacional de corte onde valores de $CCS > 200 \times 10^3$ células/mL foram categorizados como indicativos biológicos de mastite subclínica (presença de infecção intramamária sem alterações macroscópicas no leite). A partir desse critério, os animais foram qualificados em duas categorias de persistência patológica:

- **Infeccioso Agudo/Transitório:** Matrizes que apresentaram episódios isolados ou intermitentes de elevação de CCS ($> 200 \times 10^3$ cel/mL), seguidos de episódios de autorrecuperação ou remissão clínica ($< 200 \times 10^3$ cel/mL).
- **Infeccioso Crônico Persistente:** Matrizes que mantiveram contagens linearmente superiores a 200×10^3 cel/mL em múltiplas avaliações consecutivas (mínimo de 3 meses subsequentes de positividade), caracterizando falha nos mecanismos de depuração imune local ou refratariedade à terapia antimicrobiana clássica.

A modelagem estatística e a tabulação cronológica dos dados foram executadas na plataforma Microsoft Excel® (Microsoft Corporation, EUA). Diferente de análises estáticas, a abordagem longitudinal foi estruturada a partir do cálculo de índices dinâmicos de dispersão e centralidade. Foram estimadas as seguintes variáveis matemáticas:

1. Média aritmética simples (M) e desvio padrão ($\pm DP$) da CCS coletiva por ponto de amostragem;
2. Taxa de prevalência pontual de mastite subclínica (P), mensurada através da fórmula matemática:

$$P = \left(\frac{\text{Número de animais com CCS} > 200 \times 10^3 \text{ cel/mL}}{\text{Total de animais analisados no mês}} \right) \times 100$$

3. Média individual ponderada de ejeção de células somáticas por matriz ao longo do ciclo histórico completo.

Para identificar e isolar o "efeito de arrasto", realizou-se uma análise comparativa de exclusão de outliers epidemiológicos, na qual o impacto de animais cronicamente positivos foi contrastado matematicamente com a média de flutuação geométrica basal do tanque comum da propriedade. Os resultados foram dispostos em tabelas analíticas para facilitar a correlação com a Instrução Normativa nº 76 do MAPA e a sazonalidade climática regional.

Por caracterizar-se estritamente como um estudo documental e retrospectivo de dados zootécnicos e analíticos preexistentes, sem qualquer manejo, intervenção invasiva ou manipulação direta dos animais da Fazenda 3 Barros, a presente pesquisa prescindiu de submissão prévia e avaliação por Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA). Não obstante, salvaguardou-se o sigilo ético de identidade do produtor e da propriedade rural envolvida através da codificação alfanumérica de dados confidenciais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores dinâmicos de saúde mamária obtidos ao longo do monitoramento longitudinal (janeiro de 2025 a maio de 2026) na Fazenda 3 Barros revelaram oscilações expressivas tanto na prevalência de mastite subclínica quanto na carga de células somáticas vertidas no leite coletivo. Os dados consolidados do rebanho estão apresentados cronologicamente na Tabela 1.

Tabela 1. Perfil longitudinal do tamanho do rebanho, taxas de prevalência de mastite subclínica e flutuações da Contagem de Células Somáticas (CCS) na Fazenda 3 Barros entre janeiro de 2025 e maio de 2026.

Data da Coleta	Nº Animais Analisados (n)	Nº Animais Infectados (n)*	Prevalência de Mastite Subclínica (%)	Média Geral da CCS (×10 ³ células/mL)
18/01/2025	21	10	47,6%	510
15/02/2025	16	7	43,8%	1.375
02/03/2025	15	6	40,0%	340
11/05/2025	14	6	42,9%	530
06/07/2025	18	9	50,0%	1.067
02/11/2025	17	5	29,4%	276
13/12/2025	15	8	53,3%	945
03/01/2026	17	8	47,1%	242
01/02/2026	15	6	40,0%	317
01/03/2026	17	8	47,1%	599
05/04/2026	16	7	43,8%	847
03/05/2026	14	4	28,6%	700
Média Total ± DP	16,3 ± 1,9	7,0 ± 1,6	42,8% ± 7,8%	486,1 ± 344,9

A média aritmética global da Contagem de Células Somáticas do rebanho situou-se em $486,1 \times 10^3$ células/mL. Sob o prisma normativo nacional regido pelas Instruções Normativas nº 76 e nº 77 do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), o limite máximo permissível para captação de leite cru refrigerado na propriedade é de 500×10^3 células/mL. Consequentemente, o rebanho estudado opera em uma faixa limítrofe de risco sanitário e comercial.

A análise longitudinal revela que em 58,3% das coletas realizadas (7 de 12 meses avaliados), a barreira estipulada pela legislação foi transgredida, atingindo desvios críticos como em fevereiro/2025 (1.375×10^3 cel/mL) e julho/2025 (1.067×10^3 cel/mL). Conforme apontam Santos e Fonseca (2019), médias geométricas ou

aritméticas sistematicamente próximas ou acima do teto de fiscalização implicam na obrigatoriedade legal de intervenção pelas indústrias processadoras através de Planos de Autocontrole (PAC), culminando na interrupção compulsória da comercialização do leite cru caso a inconformidade persista por três meses consecutivos.

Do ponto de vista econômico, a manutenção deste perfil microbiológico subtrai a lucratividade do produtor por meio da perda de bonificações por qualidade conferidas pelos laticínios modernos, os quais exigem padrões mais estritos ($< 300 \times 10^3$ cel/mL) para otimização de derivados tecnológicos.

As flutuações temporais observadas na Tabela 1 demonstram picos bimodais de CCS bem delineados. O pico mais severo, verificado em fevereiro de 2025 (1.375×10^3 cel/mL), coincide com o auge do período chuvoso estival na região de Minas Gerais. Na física sanitária das propriedades leiteiras nacionais, o binômio precipitação-temperatura elevada exacerba o estresse calórico das matrizes e degrada as condições higiênicas das pastagens e currais, promovendo o acúmulo de matéria orgânica e lama.

Essa conjuntura eleva exponencialmente a proliferação e a taxa de novas infecções por patógenos de origem ambiental, notadamente bactérias coliformes (*Escherichia coli*, *Klebsiella* spp.) e *Streptococcus uberis*, cuja patogênese envolve invasão oportunista via canal do teto no pós-ordenha imediato.

Por sua vez, o incremento expressivo na CCS verificado em julho de 2025 (1.067×10^3 cel/mL) reflete a transição para o inverno seco. Nesse período, é rotineiro o confinamento ou adensamento dos animais em áreas de trato, intensificando o contato inter-animal. Tal aglomeração atua como gatilho epidemiológico para agentes de perfil estritamente contagioso, como *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus agalactiae*, os quais se propagam horizontalmente por meio de fômites na sala de ordenha, panos de lavagem compartilhados ou flutuações no vácuo de extratores mecânicos desregulados.

O escrutínio individualizado fornecido pelo sistema RebStat desmascara o viés epidemiológico provocado por animais de CCS persistentemente aberrante sobre a

amostragem coletiva do rebanho. Embora a prevalência média de mastite subclínica seja de 42,8%, a carga imuno-inflamatória do lote está severamente concentrada no fenótipo crônico de três matrizes: as vacas de brinco 009, 015 e 024.

A vaca 009 registrou uma CCS média de 2.345×10^3 células/mL. Esse animal permaneceu acima do limiar de patogenicidade em 90,9% das pesagens válidas, exibindo o limite de saturação eletrônica do contador de células somáticas (9.999×10^3 cel/mL) na amostragem de fevereiro de 2025. De maneira ainda mais severa, a vaca 015 manteve cronicidade absoluta (100% das avaliações longitudinais) com média de 2.139×10^3 cel/mL, encerrando o ciclo em maio de 2026 com expressivos 7.864×10^3 cel/mL. Paralelamente, o animal 024 perpetuou índices inflamatórios em 11 das 12 pesagens, consolidando uma média de 1.594×10^3 cel/mL.

O impacto matemático e biológico dessas três fêmeas valida de forma incontestável a hipótese científica formulada neste estudo. A persistência de elevados índices de CCS coletiva não decorre de uma infecção generalizada e homogênea no lote, mas sim de um "efeito de arrasto" exercido por poucas matrizes crônicas. O isolamento celular revela que a descamação epitelial e o influxo massivo de leucócitos polimorfonucleares (neutrófilos) na glândula mamária dessas vacas distorcem e elevam artificialmente a média do tanque geral.

Epidemiologicamente, Lucheis *et al.*, (2025) descrevem que esse padrão longitudinal crônico e persistente é assinatura típica de infecções intramamárias por *Staphylococcus aureus*. Este microrganismo possui a habilidade de formar biofilmes e colonizar tecidos profundos por meio de internalização celular em macrófagos e células epiteliais do úbere, gerando microabscessos encapsulados por tecido fibroso.

Essa barreira histológica impede a penetração eficaz de agentes antimicrobianos administrados por via intramamária durante a lactação, explicando a refratariedade terapêutica e a perpetuação do quadro inflamatório crônico observado. Adicionalmente, esses animais agem como reservatórios biológicos ativos no rebanho, disseminando patógenos silenciosamente a cada ciclo de ordenha (More *et al.*, 2022).

A cronicidade detectada nos dados laboratoriais implica em severas lesões anatomopatológicas no parênquima mamário da Fazenda 3 Barros. O recrutamento persistente de neutrófilos e a liberação de citocinas pró-inflamatórias provocam a fagocitose celular e a consequente destruição do epitélio alveolar secretor, o qual é substituído por tecido conjuntivo cicatricial não funcional (fibrose), deprimindo permanentemente a capacidade de síntese de leite da matriz.

Para a indústria de laticínios, o processamento de uma matéria-prima com CCS média de 486×10^3 cel/mL altera severamente as propriedades reológicas e físico-químicas do leite. Sob o efeito do processo inflamatório crônico, ocorre o rompimento das junções oclusivas das células epiteliais mamárias, aumentando a permeabilidade da barreira hemato-mamária. Esse fenômeno promove o influxo de íons sódio (Na^+) e cloro (Cl^-) do sangue para o lúmen alveolar, concomitante à redução na secreção de potássio (K^+), lactose e componentes nobres.

A lactose, principal agente osmótico do leite, tem sua síntese reduzida, comprometendo diretamente o volume de produção total. Ademais, a integridade da micela de caseína é fraturada pela ação de enzimas proteolíticas endógenas e lisossomais originárias da lise de leucócitos somáticos, destacando-se a plasmina (Anacleto e Valente, 2023).

A plasmina atua degradando a β -caseína antes mesmo do processamento térmico industrial, resultando na drástica redução do rendimento de fabricação de queijos (perda de firmeza do coalho e escape de sólidos no soro), elevação da acidez titulável, rancificação lipídica por lipases térmicas estáveis e redução severa da vida útil (*shelf-life*) dos produtos fluidos pasteurizados.

Os resultados longitudinais demonstram de forma robusta que as intervenções sanitárias convencionais ou eventuais tratamentos intempestivos na lactação adotados na propriedade foram ineficazes em debelar a enfermidade subclínica nesses animais. Torna-se imperativa a transição imediata de um manejo reativo para diretrizes proativas baseadas nas recomendações consolidadas pelo *National Mastitis Council* (NMC).

Primeiramente, impõe-se a segregação estrita na linha de ordenha. Os animais diagnosticados como crônicos (009, 015 e 024) devem ser obrigatoriamente alocados no último lote de ordenha ou ordenhados com conjuntos mecânicos exclusivos devidamente higienizados (*backflushing*), interrompendo a cadeia de transmissão epidemiológica para as primíparas e vacas sadias ($< 200 \times 10^3$ cel/mL).

Em segundo lugar, amparado na refratariedade terapêutica característica e no elevado custo de manutenção biológica de úberes fibrosados, recomenda-se o descarte zootécnico estratégico planejado das vacas 009, 015 e 024. A eliminação cirúrgica e controlada dessas fontes difusoras de contaminação promoveria uma queda matemática imediata e sustentada na CCS global do tanque, adequando a Fazenda 3 Barros aos padrões de excelência internacional e às exigências restritas das IN 76 e 77 do MAPA.

Para as demais matrizes que apresentarem contagens limiares flutuantes, preconiza-se a adoção rigorosa da Terapia de Vaca Seca (TVS), administrando antibióticos intramamários de amplo espectro e alta persistência cinemática em associação com selantes biológicos de teto no momento da interrupção da lactação, visando maximizar os índices de cura bacteriológica durante o período de involução da glândula mamária.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O acompanhamento epidemiológico longitudinal conduzido na Fazenda 3 Barros permitiu mapear com precisão a dinâmica da saúde mamária do rebanho, atingindo integralmente os objetivos estipulados para esta pesquisa. Os resultados evidenciaram que a Contagem de Células Somáticas (CCS) coletiva opera em um patamar crítico de vulnerabilidade regulatória, com média global de $486,1 \times 10^3$ células/mL. Este índice posiciona a propriedade no limite máximo de conformidade estipulado pelas Instruções Normativas nº 76 e nº 77 do MAPA, registrando episódios severos de violação legal nos meses subsequentes aos desafios climáticos estivais e invernais.

A investigação científica validou categoricamente a hipótese formulada. Demonstrou-se que a manutenção de elevadas taxas de mastite subclínica (média de 42,8%) e o desvio da qualidade do leite coletivo não decorrem de um acometimento generalizado no lote, mas sim de um expressivo "efeito de arrasto" provocado por um restrito grupo de matrizes com infecção crônica persistente. As vacas de brinco 009, 015 e 024 foram identificadas como os principais reservatórios biológicos e determinantes matemáticos da depreciação da qualidade da matéria-prima no tanque comum.

Do ponto de vista prático e zootécnico, este estudo sublinha que abordagens meramente reativas e tratamentos intempestivos com antibióticos durante a lactação mostram-se ineficazes frente a quadros de cronicidade consolidada. Para reverter o cenário inflamatório e salvaguardar a rentabilidade da atividade, torna-se imperativa a transição para um modelo de manejo proativo fundamentado nas diretrizes do *National Mastitis Council* (NMC).

Recomenda-se a implementação imediata da linha de ordenha para segregação dos animais positivos, a execução rigorosa da terapia de vaca seca (TVS) com uso associado de selantes de teto nas matrizes elegíveis e, prioritariamente, o descarte zootécnico estratégico das vacas 009, 015 e 024, cuja refratariedade terapêutica inviabiliza a permanência no lote produtivo. Por fim, este trabalho demonstra o valor prático da análise longitudinal baseada em sistemas como o RebStat, qualificando dados laboratoriais brutos em ferramentas preditivas essenciais para a tomada de decisões na bovinocultura de leite moderna.

REFERÊNCIAS

ANACLETO, L. C. S.; VALENTE, G. L. C. Influência da mastite sobre a produção e a qualidade do leite cru. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 78, n. 1, p. 22-32, jan./mar. 2023. Disponível em: <http://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/918>. Acesso em: 28 jun. 2026.

ARCURI, E. F.; BRITO, M. A. V. P.; BRITO, J. R. F.; PINTO, S. M.; ANGELO, F. F.; SOUZA, G. N. Qualidade microbiológica do leite refrigerado nas fazendas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 3, p. 440-446, 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/YVf9mH8Z8NfW7m6bXW9X6hH/>. Acesso em: 28 jun. 2026.

CALIMAN, M. F.; GASPAROTTO, P. H. G.; RIBEIRO, L. F. Principais impactos da mastite bovina: revisão de literatura. **Revista GeTeC**, v. 12, n. 37, p. 91-102, 2023. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2963>. Acesso em: 28 jun. 2026.

CAMPOS, J. V. F.; ALBUQUERQUE, L. C. C. L. A.; PORTO, K. C. O.; OLIVEIRA, J. R. A.; FONTES, G. P.; SANTOS, P. A. B.; ABREU, L. C. B.; ACURCIO, L. B. Aspectos relacionados com a etiologia da mastite bovina: uma revisão de literatura. **Revista Conexão Ciência**, Formiga, v. 18, n. 3, p. 71-88, 2023. Disponível em: <https://periodicos.uniformg.edu.br/conexaociencia/article/view/1481>. Acesso em: 28 jun. 2026.

GENTIL, A.; MESQUITA, A. P.; SILVA, B. R.; MARTINS, F. F. A. Assumpção; TOMBA, G. B.; NASCIMENTO, T.; GUEDES, E. Estudo epidemiológico da mastite subclínica em uma propriedade rural. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, Varginha, v. 7, n. 1, p. 187-203, 2025. Disponível em: <http://periodicos.unis.edu.br/index.php/agrovetsulminas/article/view/VET-Adriano+11>. Acesso em: 28 jun. 2026.

MAKATU, M. Y. **Conscientização para adoção de boas práticas sanitárias em bem-estar animal no manejo das mastites do rebanho bovino**. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/138542>. Acesso em: 28 jun. 2026.

OLIVEIRA, J. M.; COSTA, M. D. M.; LOPES, J. C. S.; BRITO, G. F. Ozonioterapia no tratamento de mastite clínica e subclínica em bovinos de leite. **Pubvet**, v. 17, n. 11, e1481, p. 1-10, 2023. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/article/view/1481>. Acesso em: 28 jun. 2026.

ORTIZ, E. A.; GONÇALES, A. P. A importância da mastite na qualidade do leite: uma revisão de literatura. **Revista Aracê**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 1, p. 3584-3592, jan. 2025. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/arace/article/view/214>. Acesso em: 28 jun. 2026.

RIBEIRO, I. P.; GONÇALVES, P. H. D.; RODRIGUES, M. S.; NASCIMENTO, G. B.; BAPTISTA, R. S.; CALIL FILHO, J. R. L.; WOLF, A.; WOLF, S. H. G. Termografia infravermelha na detecção de mastite clínica e subclínica em bovinos de leite: comparação entre as raças Girolando e Jersey. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 24, e-76726P, p. 1-11, out. 2023. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/76726>. Acesso em: 28 jun. 2026.

SILVA, D. P.; POLYCARPO, G. V.; ALÉSSIO, F. N.; QUEIROZ, A.; MAESTÁ, S. A.; FONSECA, R. Impacto de diferentes estratégias de busca sob os resultados de uma metanálise para a característica mastite em gado de leite. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 24, e-73159P, p. 1-11, dez. 2022. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/73159>. Acesso em: 28 jun. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 77, de 26 de novembro de 2018. Estabelece os 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**: seção 1, Brasília, DF, n. 230, p. 10, 30 nov. 2018. Disponível em: http://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. Acesso em: 28 jun. 2026.

LUCHEIS, S. B.; GUERRA, S. T.; RALL, V. L. M.; SALINA, A.; JOAQUIM, S. F.; GUIMARÃES, F. F.; RIBEIRO, M. G.; HERNANDES, R. T.; LEITE, D. S.; ROSSI, G. A. M.; LANGONI, H.; CURCI, V. C. M. Milk microbiota of clinical mastitic cows: an etiological approach. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 55, n. 2, e20230555, p. 1-12, 2025. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230555>. Acesso em: 28 jun. 2026.

MORE, S. J.; MCALOON, C.; SILVA BOLOÑA, P.; O'GRADY, L.; O'SULLIVAN, F.; MCGRATH, M.; BUCKLEY, W.; DOWNING, K.; KELLY, P.; RYAN, E. G.; MCCOY, F. Mastitis Control and Intramammary Antimicrobial Stewardship in Ireland: Challenges and Opportunities. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, 748353, p. 1-16, abr. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.748353>. Acesso em: 28 jun. 2026.