

Resistência antimicrobiana na produção leiteira: desafios no manejo da mastite bovina sob a perspectiva da saúde única - revisão narrativa

Antimicrobial resistance in dairy production: challenges in the management of bovine mastitis from a one health perspective – a narrative review

Karolayne Andrade da Silva¹
Lucas Augusto de Moraes Azevedo²
Luiza Aguiar Campos³
João Paulo Andrade⁴

Resumo

A resistência aos antimicrobianos (RAM) representa um desafio crítico no contexto da Saúde Única, ao integrar a saúde humana, animal e ambiental. Na produção leiteira, o uso frequente e, muitas vezes, indiscriminado de antibióticos no tratamento da mastite bovina atua como uma importante força seletiva para o desenvolvimento de microrganismos resistentes. Este trabalho tem como objetivo analisar a relação entre o uso de antimicrobianos no tratamento da mastite bovina e o desenvolvimento da resistência bacteriana, sob a perspectiva da Saúde Única. A metodologia se baseia em uma revisão bibliográfica narrativa e na análise de dados técnicos sobre as principais classes de fármacos utilizadas e os mecanismos de resistência bacteriana descritos na literatura. Os resultados indicam que a dependência histórica de tratamentos empíricos e a ampla disponibilidade de moléculas criticamente importantes para a medicina humana aceleram a pressão seletiva nos rebanhos, resultando na persistência de patógenos multirresistentes, como o *Staphylococcus aureus*. Observa-se que essa dinâmica

¹ Discente do Curso Superior de Medicina Veterinária do Instituto Newton Paiva Wyden *Campus* Silva Lobo
email: carouandradee@gmail.com

² Discente do Curso Superior de Medicina Veterinária do Instituto Newton Paiva Wyden *Campus* Silva Lobo
email: lucasmoraisazevedo@gmail.com

³ Discente do Curso Superior de Medicina Veterinária do Instituto Newton Paiva Wyden *Campus* Silva Lobo
email: luizaaguiarcampos22@gmail.com

⁴ Docente do Curso Superior de Medicina Veterinária do Instituto Newton Paiva Wyden *Campus* Silva Lobo.
Doutor em Medicina Veterinária (CRMV-MG 13331). e-mail: joao.andrade@professores.newtonpaiva.edu.br

compromete a eficácia terapêutica na veterinária e gera riscos de transferência de genes de resistência e resíduos químicos para a saúde pública através do leite. Conclui-se que compreender os mecanismos dessa relação é fundamental para desenhar intervenções integradas, evidenciando que o controle da resistência bacteriana na cadeia do leite é um pilar indispensável para a segurança alimentar global e para a preservação da eficácia dos antimicrobianos em todas as esferas da Saúde Única.

Palavras-chave: Mastite; Resistência antimicrobiana; Saúde única.

Abstract

Antimicrobial resistance (AMR) represents a critical challenge within the One Health framework, which integrates human, animal, and environmental health. In dairy production, the frequent and often indiscriminate use of antibiotics to treat bovine mastitis acts as a major selective pressure for the development of resistant microorganisms. This study aims to analyze the relationship between the use of antimicrobials in the treatment of bovine mastitis and the development of bacterial resistance from a One Health perspective. The methodology is based on a narrative literature review and the analysis of technical data on the main classes of drugs used and the mechanisms of bacterial resistance described in the literature. The results indicate that the historical reliance on empirical treatments and the widespread availability of molecules critically important to human medicine accelerate selective pressure in herds, resulting in the persistence of multidrug-resistant pathogens, such as *Staphylococcus aureus*. It is observed that this dynamic compromises therapeutic efficacy in veterinary medicine and poses risks of transferring resistance genes and chemical residues to public health via milk. It is concluded that understanding the mechanisms of this relationship is fundamental to designing integrated interventions, highlighting that the control of bacterial resistance in the dairy chain is an indispensable pillar for global food safety and for preserving the efficacy of antimicrobials across all spheres of One Health.

Keywords: Mastitis; Antimicrobial resistance; One Health.

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite no Brasil se destaca como uma das mais relevantes do agronegócio, com produção presente em 98% dos municípios e forte impacto econômico e social, sendo responsável por milhões de empregos e desempenhando papel fundamental na segurança alimentar (MAPA, 2026). O leite é um alimento de elevado valor nutricional, rico em proteínas, vitaminas e cálcio, essencial para todas as fases da vida (ABRAN, 2023).

Entretanto, por se tratar de um meio altamente favorável ao desenvolvimento de microrganismos, o leite exige rigorosos cuidados higiênico-sanitários ao longo de toda a cadeia produtiva (TEUBER, 1992). Nesse contexto, Ruegg (2003) destaca que o consumo de leite contaminado pode representar riscos à saúde humana, associados à ingestão de produtos crus, falhas na pasteurização, presença de patógenos termorresistentes e microrganismos resistentes a antimicrobianos, além de práticas de adulteração.

Dentre os principais desafios da produção leiteira, destaca-se a mastite bovina, importante enfermidade que acomete rebanhos e gera prejuízos econômicos e impactos à saúde pública (LANGENEGGER, 1970; LANGONI, 2013). Além disso, a doença contribui para perdas produtivas, incluindo o descarte de leite durante o período de carência após o uso de antimicrobianos (EMBRAPA, 2005). A mastite caracteriza-se como uma inflamação do tecido mamário, geralmente de origem infecciosa, sendo predominantemente causada por bactérias, com destaque para *Staphylococcus aureus*, de caráter contagioso, e *Escherichia coli*, de origem ambiental, frequentemente associados à resistência antimicrobiana (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019).

A enfermidade pode ocorrer nas formas subclínica, de maior prevalência e sem sinais visíveis, e clínica, que apresenta alterações no leite, no úbere e, em casos mais graves, sinais sistêmicos no animal (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019). Nesse cenário, o uso frequente de antimicrobianos no controle da mastite levanta preocupações relacionadas à resistência bacteriana, à presença de resíduos no leite e aos impactos na saúde animal, humana e ambiental (RUEGG, 2017).

Dessa forma, evidencia-se como problema de pesquisa a necessidade de compreender a relação entre o uso de antimicrobianos no tratamento da mastite bovina e o desenvolvimento da resistência microbiana, bem como seus efeitos na qualidade do leite. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar essa relação sob a perspectiva da Saúde Única. A realização deste estudo justifica-se pela sua relevância para a saúde pública, segurança alimentar e produção leiteira, contribuindo para a adoção de práticas mais seguras no manejo sanitário dos rebanhos (RUEGG, 2017; NÓBREGA *et al.*, 2018).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA OU REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A Mastite

A mastite consiste em um processo inflamatório da glândula mamária e representa uma das enfermidades mais frequentes e de maior impacto econômico na cadeia produtiva do leite em nível mundial (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019). As perdas associadas à doença envolvem redução na produtividade e na qualidade do leite, elevação dos custos com tratamentos, descarte de leite contendo resíduos de antimicrobianos, eliminação precoce de animais do rebanho e, em casos mais severos, óbito. Além disso, a mastite apresenta relevância significativa sob a perspectiva do bem-estar animal e da saúde pública (LANGONI, 2013).

A mastite está geralmente relacionada a infecções intramamárias de origem bacteriana e pode manifestar-se nas formas clínica e subclínica (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019). A mastite subclínica caracteriza-se pela ausência de sinais visíveis no animal e no leite, sendo detectada principalmente por métodos indiretos, como a contagem de células somáticas, considerada a forma de maior prevalência nos rebanhos leiteiros (EMBRAPA, 2015). Por outro lado, a mastite clínica apresenta sinais evidentes e pode ser classificada em diferentes graus de severidade. No grau 1 (leve), observam-se alterações restritas ao leite, como grumos, mudanças de coloração ou consistência. No grau 2 (moderado), além das alterações no leite, há sinais inflamatórios no úbere, como dor, edema e hiperemia. Já no grau 3 (grave), o animal pode apresentar manifestações sistêmicas, como febre, apatia, desidratação e queda acentuada na produção leiteira (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019; RUEGG, 2017). O leite pode ainda apresentar alterações de viscosidade e aspecto, refletindo o processo inflamatório em curso (EMBRAPA, 2015).

2.2 Fatores de risco

Os fatores associados à ocorrência de mastite bovina estão relacionados a aspectos inerentes ao animal, ao ambiente, ao manejo do rebanho e ao funcionamento dos equipamentos de ordenha (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019). Entre os fatores individuais, a conformação do úbere se destaca como relevante, sendo que úberes mais profundos, especialmente aqueles posicionados abaixo do jarrete, apresentam maior predisposição à infecção. Essa condição favorece o contato com o solo, aumentando a exposição a patógenos, além de elevar o risco de traumas na região mamária (PHILPOT, W. N.; NICKERSON, S. C., 2002). A avaliação da profundidade do úbere pode ser realizada com base na posição da base do úbere em relação ao jarrete, podendo se situar acima, ao nível ou abaixo deste (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019).

Outro fator importante relacionado ao animal é a presença de hiperqueratose na extremidade dos tetos. Considerando que a principal via de infecção ocorre pela penetração de microrganismos através do canal do teto, a integridade dessa estrutura constitui uma barreira

primária de defesa contra a entrada de patógenos (PHILPOT, W. N.; NICKERSON, S. C., 2002). Alterações como a hiperqueratose comprometem esse mecanismo de proteção, favorecendo a colonização bacteriana. Nesse sentido, a adequada manutenção e regulação dos equipamentos de ordenha são fundamentais, uma vez que falhas operacionais podem induzir lesões teciduais nos tetos, prejudicando as defesas locais (SEMADESC, 2015).

Em contrapartida, a adoção de boas práticas de manejo está associada à redução da ocorrência de mastite. Dentre essas medidas, se destaca a realização de linha de ordenha, priorizando vacas saudáveis, a higienização e desinfecção dos tetos antes e após a ordenha, a secagem adequada e a manutenção periódica dos equipamentos de ordenha (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019). O pré-dipping consiste na aplicação de soluções antissépticas antes da ordenha, com o objetivo de reduzir a carga microbiana presente na superfície dos tetos, sendo especialmente eficaz no controle de patógenos ambientais, como *Escherichia coli* e *Streptococcus uberis* (RUEGG, 2017). A figura 1 e 2 ilustra a realização do pré-dipping durante a rotina de ordenha.

Figura 1 e 2: Realização do pré-dipping nos tetos antes da ordenha, visando a higienização e redução da carga microbiana superficial.



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Entre os principais produtos utilizados destacam-se compostos à base de ácido láctico, iodo, hipoclorito de sódio, clorexidina, peróxido de hidrogênio e compostos de amônia quaternária cuja eficácia varia conforme o espectro de ação, concentração, tempo de contato e formulação comercial (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019). Estudos demonstram que diferentes desinfetantes apresentam níveis distintos de eficácia e ação frente a microrganismos causadores de mastite, reforçando a importância da escolha adequada do produto (LOPES; LACERDA; RONDA, 2013; MEDEIROS et al., 2009).

Já o pós-dipping é realizado imediatamente após a ordenha, visando proteger o canal do teto enquanto o esfíncter permanece parcialmente aberto, sendo mais efetivo no controle de

patógenos contagiosos, como *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus agalactiae* (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019). A aplicação dessa prática pode ser observada na Figura 3 e 4.

Figura 3 e 4: Realização do pós-dipping após a ordenha, atuando como uma barreira física e química fundamental para a proteção dos tetos e saúde do úbere.



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Os desinfetantes utilizados nessa etapa apresentam ação antimicrobiana e, em muitos casos, efeito residual, contribuindo para a redução da colonização bacteriana e da transmissão entre animais (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019; RUEGG, 2017; MEDEIROS et al., 2009). A manutenção periódica dos equipamentos de ordenha complementa essas medidas preventivas, incluindo a inspeção das teteiras e a calibração dos medidores eletrônicos de leite (Figura 5 e 6), reduzindo falhas operacionais que possam favorecer lesões e infecções (Figura 7 e 8).

Figura 5 e 6: Manutenção e calibração de medidor eletrônico de leite e avaliação das teteiras do sistema de ordenha quanto à integridade e funcionamento.



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 7 e 8: Avaliação das tubulações do sistema de ordenha quanto às condições de higienização e integridade interna.



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

A nutrição também exerce influência significativa na saúde mamária. Dietas balanceadas, com adequado aporte de vitaminas e minerais, contribuem para o fortalecimento do sistema imunológico dos animais, reduzindo a suscetibilidade à doença. Por outro lado, animais com baixo escore de condição corporal apresentam maior risco de desenvolver mastite (NRC, 2001).

Além disso, as condições de higiene do ambiente de alojamento desempenham papel fundamental na ocorrência da enfermidade. A limpeza frequente das instalações promove a redução da carga microbiana, resultando em menor contaminação das camas, maior higiene dos úberes e, conseqüentemente, menor incidência de mastite (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019). Esse efeito está diretamente relacionado à redução da exposição dos animais a agentes patogênicos presentes no ambiente (RUEGG, 2017).

2.3 Patógenos causadores de mastite

Entre os agentes etiológicos associados à mastite bovina, há uma ampla diversidade de microrganismos envolvidos nas infecções da glândula mamária. Apesar dessa variedade, a maioria dos casos apresenta origem bacteriana, sendo os patógenos tradicionalmente classificados em dois grupos principais: contagiosos e ambientais (SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L., 2019). A mastite contagiosa ocorre predominantemente na forma subclínica da enfermidade, sendo caracterizada, em muitos casos, por elevação persistente da contagem de células somáticas (CCS) no leite. Os patógenos envolvidos nesses quadros estão frequentemente associados à microbiota da pele do úbere e dos tetos, podendo, em condições favoráveis, invadir a glândula mamária e estabelecer infecção. A disseminação desses microrganismos ocorre principalmente durante o processo de ordenha, por meio das mãos do ordenhador, entre os próprios animais e pelas teteiras contaminadas (MASSOTE *et al.*, 2019; REZENDE, 2017). Os agentes contagiosos têm como principal reservatório o próprio animal, especialmente a glândula mamária infectada, sendo transmitidos predominantemente durante a ordenha. Nesse grupo, destacam-se *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Corynebacterium bovis* e *Mycoplasma spp.* (PHILPOT; NICKERSON, 2002). Estudos conduzidos em rebanhos leiteiros brasileiros demonstram elevada frequência de *Staphylococcus aureus* em casos de mastite, tanto clínica quanto subclínica, sendo frequentemente identificado entre os principais agentes etiológicos (LANGONI *et al.*, 2011; NÓBREGA *et al.*, 2018).

Resultados semelhantes foram observados em estudos conduzidos com amostras de leite de vacas com mastite clínica e subclínica, nos quais houve predominância de bactérias do gênero *Staphylococcus*. Nos casos de mastite clínica, foram isolados *Staphylococcus spp.* coagulase negativo (25%), *Staphylococcus aureus* (16,7%), *Streptococcus spp.* (8,3%) e *Corynebacterium spp.* (8,3%). Já nos casos de mastite subclínica, observaram-se maiores frequências de *Staphylococcus spp.* coagulase negativo (32,3%) e *Staphylococcus aureus* (17,7%), além de isolamentos de *Staphylococcus intermedius* (1,6%), *Streptococcus spp.* (4,8%) e *Corynebacterium spp.* (4,8%). (Oliveira CMC, Sousa MGS, Silva N da S e, Mendonça CL, Silveira JAS, Oaigen RP, *et al.*, 2011).

Por outro lado, a mastite ambiental está associada a microrganismos presentes no ambiente em que os animais são mantidos, como locais contaminados por fezes, urina, barro e camas orgânicas. Nesses casos, observa-se maior ocorrência de manifestações clínicas, geralmente de caráter agudo e de curta duração. A natureza desses patógenos dificulta sua erradicação, uma vez que os animais permanecem constantemente expostos a essas fontes de contaminação (REZENDE, 2017). Entre os principais agentes ambientais, destacam-se *Streptococcus uberis* e *Escherichia coli*, frequentemente associados à microbiota intestinal e à contaminação do ambiente. Ressalta-se que *Streptococcus uberis* pode apresentar

comportamento intermediário, com potencial de transmissão entre animais, sendo, portanto, classificado tanto como patógeno ambiental quanto contagioso (OLIVEIRA *et al.*, 2016). A presença de *Escherichia coli* em amostras de leite está, em geral, relacionada a falhas nas práticas de higiene do animal, do ambiente e da rotina de ordenha (SALINA *et al.*, 2016). Estudos recentes realizados em diferentes regiões do Brasil demonstram predominância de patógenos contagiosos, especialmente do gênero *Staphylococcus*, com elevada frequência nos isolamentos. Em contrapartida, patógenos ambientais, como *Escherichia coli*, apresentam menor frequência relativa, embora estejam frequentemente associados a quadros clínicos mais agudos (FONTANA *et al.*, 2023; NÓBREGA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2015; RUEGG, 2017).

Esses resultados evidenciam que a prevalência dos agentes etiológicos não é fixa, variando conforme fatores como manejo, higiene, sistema de produção e estratégias de controle adotadas nas propriedades leiteiras (SANTOS; FONSECA, 2019; RUEGG, 2017).

Figura 9: Principais patógenos associados à mastite bovina descritos em estudos conduzidos em rebanhos leiteiros.

ESTUDO	PRINCIPAIS PATÓGENOS ENCONTRADOS	PERCENTUAL / PREVALÊNCIA RELATADA	TIPO DE MASTITE / AMOSTRA
NÓBREGA <i>et al.</i> , 2018	Predominância de <i>Staphylococcus spp.</i> , com elevada frequência entre os isolados de mastite bovina.	<i>Staphylococcus spp.</i> representaram aproximadamente 43–50% dos isolados.	Mastite bovina clínica e subclínica.
LANGONI <i>et al.</i> , 2011	Alta ocorrência de <i>Staphylococcus aureus</i> em casos clínicos e subclínicos.	<i>S. aureus</i> foi um dos agentes mais frequentes, com prevalência superior entre patógenos contagiosos.	Casos clínicos e subclínicos.
OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2016	Identificação de patógenos contagiosos e ambientais, com destaque para <i>Streptococcus uberis</i> .	<i>Streptococcus uberis</i> apresentou elevada frequência entre os agentes ambientais, aproximadamente 30–40%.	Mastite subclínica.
SALINA <i>et al.</i> , 2016	Isolamento de <i>Escherichia coli</i> em amostras de leite, associado a patógenos ambientais.	<i>E. coli</i> associada principalmente a casos clínicos ambientais, aproximadamente 20–35%.	Amostras de leite de vacas com mastite clínica.
FONTANA <i>et al.</i> , 2023	Prevalência de <i>Staphylococcus spp.</i> , com variação conforme sistema de produção.	<i>Staphylococcus spp.</i> prevaleceram em sistemas com maior transmissão contagiosa, aproximadamente 25–45%.	Mastite clínica e subclínica em rebanhos leiteiros.

Observação: Alguns estudos não apresentaram percentual exato de todos os patógenos isolados, descrevendo principalmente os agentes de maior ocorrência epidemiológica.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Nóbrega *et al.* (2018), Langoni *et al.* (2011), Oliveira *et al.* (2016), Salina *et al.* (2016) e Fontana *et al.* (2023).

As diferenças observadas entre os estudos quanto à prevalência dos agentes etiológicos podem ser atribuídas a múltiplos fatores relacionados ao manejo sanitário, sistema de produção,

características ambientais e perfil epidemiológico de cada rebanho avaliado (NÓBREGA *et al.*, 2018; FONTANA *et al.*, 2023). Propriedades com falhas na rotina de ordenha, higienização inadequada das teteiras e ausência de medidas de controle de transmissão durante a ordenha tendem a apresentar maior prevalência de patógenos contagiosos, especialmente *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus spp.* coagulase negativos (SANTOS; FONSECA, 2019; LANGONI *et al.*, 2011). Em contrapartida, rebanhos mantidos em sistemas com maior exposição à matéria orgânica, umidade excessiva, camas contaminadas e deficiência na higiene ambiental frequentemente apresentam maior ocorrência de patógenos ambientais, como *Escherichia coli* e *Streptococcus uberis* (OLIVEIRA *et al.*, 2016; SALINA *et al.*, 2016).

Além disso, fatores metodológicos também podem influenciar os resultados encontrados nos diferentes trabalhos, incluindo o tipo de amostra analisada, classificação entre mastite clínica e subclínica, região geográfica estudada, tamanho amostral, período do ano e técnicas laboratoriais utilizadas para identificação microbiológica. Estudos realizados com amostras provenientes de mastite subclínica tendem a demonstrar maior frequência de patógenos contagiosos, enquanto pesquisas envolvendo mastite clínica frequentemente identificam maior participação de agentes ambientais associados a quadros agudos (LANGONI *et al.*, 2011; SALINA *et al.*, 2016).

Outro aspecto importante refere-se às próprias estratégias de controle adotadas nas propriedades. Rebanhos que implementam programas eficientes de controle de mastite contagiosa, incluindo pós-dipping, terapia de vaca seca e descarte de animais crônicos, podem apresentar redução significativa de *Staphylococcus aureus*, resultando em aumento proporcional da participação de patógenos ambientais nos casos de mastite observados avaliado (NÓBREGA *et al.*, 2018; FONTANA *et al.*, 2023).

Dessa forma, a variação na prevalência dos microrganismos entre os estudos reforça o caráter multifatorial da mastite bovina e evidencia a necessidade de monitoramento microbiológico contínuo em cada propriedade leiteira (SANTOS; FONSECA, 2019; RUEGG, 2017).

2.4 O uso de antimicrobianos e a resistência antimicrobiana

No Brasil, o uso de antimicrobianos ainda ocorre de forma amplamente indiscriminada. Estão disponíveis aproximadamente 171 produtos comerciais à base desses fármacos indicados para o tratamento da mastite (CBQL, 2019). Em contraste, em países desenvolvidos, como os Estados Unidos, apenas 7 produtos são aprovados para uso rotineiro nessa enfermidade, sendo 6 pertencentes à classe dos beta-lactâmicos e um à classe das lincosamidas (CBQL, 2019). Além disso, a ampla disponibilidade desses fármacos, incluindo aqueles considerados criticamente

importantes para a saúde humana, associada à comercialização sem prescrição veterinária, contribui para o uso indiscriminado e para o aumento da resistência antimicrobiana (OMS, 2024; MORAIS *et al.*, 2024; TOMAZI; SANTOS, 2020).

A utilização de determinados antimicrobianos no tratamento rotineiro da mastite, como aminoglicosídeos e quinolonas, pode representar riscos à saúde pública e à sustentabilidade da pecuária leiteira. A gentamicina, amplamente empregada no Brasil, tem seu uso restrito ou proibido há décadas em países desenvolvidos para vacas em lactação, devido ao elevado potencial de formação de resíduos no leite e nos tecidos dos animais tratados (J Zhejiang, 2009).

A Organização Mundial da Saúde classifica diversos antimicrobianos como criticamente importantes para a medicina humana, incluindo as quinolonas, recomendando que seu uso seja reservado, a fim de reduzir a seleção de microrganismos resistentes decorrente da utilização indiscriminada em animais (OMS, 2024). Nesse contexto, destaca-se que o Brasil ainda permite o uso intramamário de ciprofloxacina em vacas em lactação, fármaco amplamente utilizado no tratamento de infecções humanas, o que intensifica as preocupações relacionadas à resistência antimicrobiana.

No âmbito nacional, destacam-se normativas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que visam assegurar a qualidade do leite. Entre elas, a Instrução Normativa nº 51, de 18 de setembro de 2002, estabelece os regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade dos diferentes tipos de leite, bem como critérios para a coleta e o transporte do leite cru refrigerado. Complementarmente, a Instrução Normativa nº 42, de 20 de dezembro de 1999, institui o Plano Nacional de Controle de Resíduos em Produtos de Origem Animal, incluindo o Programa de Controle de Resíduos do Leite, com foco na prevenção e monitoramento de resíduos químicos no produto (GOV, 2020).

Diante desse cenário, algumas indústrias de laticínios têm implementado programas de boas práticas na produção de leite, nos quais o uso de quinolonas em vacas em lactação é restrito, como forma de mitigar riscos sanitários e garantir a qualidade do produto (OMS, 2024).

As bactérias podem ser resistentes a antimicrobianos por meio de vários mecanismos, como a hidrólise do anel beta-lactâmico dos antimicrobianos beta-lactâmicos por beta-lactamases, e a inativação de aminoglicosídeos por acetiltransferases, adeniltransferases ou fosfotransferases (KOUR *et al.*, 2023). A alteração do sítio de ação, que faz com que o antimicrobiano perca a sua capacidade de ligação e conseqüentemente sua atividade, como por exemplo a resistência aos beta-lactâmicos por alterações nas proteínas ligadoras de penicilina (RUEGG, 2017). Alterações da permeabilidade da parede celular bacteriana causam redução na entrada ou aumento do efluxo, regulando a concentração interna de antimicrobianos na célula, sendo a principal forma de resistência à tetraciclina (KOUR *et al.*, 2023).

O mecanismo mais comum e importante através do qual as bactérias podem se tornar resistentes a beta-lactâmicos é a produção de beta-lactamases, codificadas pelo gene blaZ (BORGES, *et al.*, 2019).

O gene blaZ em *Staphylococcus aureus* é responsável pela codificação de betalactamases e a detecção do gene (PCR) e da enzima (teste fenotípico) permite fornecer informações importantes de caráter clínico e epidemiológico, esclarecendo resultados de testes de susceptibilidade em amostras limítrofes para penicilina. A penicilina foi o primeiro antimicrobiano desenvolvido sendo amplamente utilizado na medicina veterinária e humana (Alexander Fleming, 1928). Logo após a introdução da penicilina em uso clínico no início dos anos 1940, cepas de *Staphylococcus aureus* resistentes foram identificadas em 1942 devido à produção de betalactamases (BENNETT; CHOPRA, 1993; CHAMBERS; DELEO, 2009).

2.5 Tratamento e estratégias para a redução do uso de antimicrobianos

As Boas Práticas Agropecuárias (BPA) compreendem um conjunto de procedimentos adotados nas propriedades rurais com o objetivo de garantir a saúde e o bem-estar dos animais, bem como a produção de alimentos seguros e adequados ao consumo humano, em conformidade com a legislação vigente (MAPA, 2026). Nesse contexto, o controle de microrganismos patogênicos é fundamental, considerando sua relação direta com a saúde pública. As BPAs envolvem três pilares essenciais: o manejo adequado durante a ordenha, a capacitação e higiene do ordenhador e as condições das instalações e dos utensílios utilizados, os quais atuam de forma integrada na manutenção da sanidade do rebanho (ARCANJO *et al.*, 2017; BRASIL, 2018).

O controle e o tratamento da mastite bovina ainda representam um dos principais desafios nos sistemas de produção leiteira e na indústria de laticínios em nível mundial (LANGONI, 2017). Dentre as estratégias terapêuticas disponíveis, o uso de antimicrobianos se destaca como a principal forma de tratamento, sendo a mastite a enfermidade que mais demanda a utilização desses fármacos em rebanhos leiteiros. Entretanto, essa abordagem apresenta limitações, incluindo elevados custos, risco de desenvolvimento de resistência antimicrobiana e a possibilidade de resíduos no leite destinado ao consumo humano (MUSHTAQ *et al.*, 2018).

No Brasil, os antimicrobianos mais utilizados no tratamento da mastite bovina pertencem principalmente às classes dos β -lactâmicos e aminoglicosídeos. Dados recentes demonstram que, em 2024, os β -lactâmicos isolados representaram 26,1% dos produtos comerciais disponíveis no mercado nacional indicados para mastite bovina, enquanto as associações entre aminoglicosídeos e β -lactâmicos corresponderam a 24,8% dos produtos. As

tetraciclina representaram 15,2%, os aminoglicosídeos isolados 9,7% e as quinolonas 10,9% dos antimicrobianos disponíveis para utilização em rebanhos leiteiros brasileiros. Em conjunto, β -lactâmicos e aminoglicosídeos corresponderam a mais de 60% dos antimicrobianos comercializados para mastite bovina no país (MORAIS et al., 2024). Além disso, o estudo demonstrou que aproximadamente 89% das moléculas antimicrobianas disponíveis no mercado nacional para tratamento da mastite bovina são classificadas pela Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA) como “Críticamente Importantes” para a medicina veterinária, incluindo cefalosporinas de terceira e quarta geração, fluoroquinolonas e aminoglicosídeos (MORAIS et al., 2024). Essa elevada disponibilidade de antimicrobianos criticamente importantes reforça a preocupação relacionada ao uso indiscriminado desses fármacos e ao potencial aumento da resistência antimicrobiana em sistemas de produção leiteira. Pesquisas realizadas no Brasil também demonstram que médicos-veterinários frequentemente utilizam cefalosporinas de terceira e quarta geração como primeira escolha terapêutica para mastite bovina, muitas vezes baseando a decisão terapêutica na experiência clínica e no menor período de carência, em detrimento da realização prévia de cultura microbiológica e antibiograma (NOBRE, 2019; MORAIS et al., 2024). Esse cenário reforça a necessidade de implementação de protocolos de uso racional de antimicrobianos e programas de monitoramento microbiológico nas propriedades leiteiras (SANTOS; FONSECA, 2019; RUEGG, 2017; LAGO et al., 2011).

No contexto da mastite bovina, a resistência antimicrobiana é abordada como uma consequência do modelo tradicional de tratamento, historicamente fundamentado no uso intensivo de antimicrobianos, tanto por via intramamária quanto sistêmica. Em muitos sistemas de produção, a adoção de protocolos terapêuticos ocorre de forma empírica, frequentemente sem a realização prévia de diagnóstico microbiológico, o que favorece a seleção de cepas resistentes e compromete a eficácia do tratamento (MARTINS et al., 2024). Esse cenário contribui para o aumento da ocorrência de microrganismos multirresistentes, com destaque para *Staphylococcus aureus*, frequentemente associado a infecções persistentes e de difícil resolução, além de patógenos ambientais, como *Escherichia coli* e *Klebsiella spp.*, que apresentam elevada capacidade de adaptação e desenvolvimento de mecanismos de resistência (KOUR et al., 2023).

A realização da cultura microbiológica associada ao antibiograma representa uma das principais estratégias para o uso racional de antimicrobianos na mastite bovina (SANTOS; FONSECA, 2019). A identificação do agente etiológico permite direcionar a terapia de forma específica, reduzindo tratamentos empíricos e o uso desnecessário de antibióticos de amplo espectro. Além disso, a avaliação do perfil de susceptibilidade bacteriana possibilita selecionar

o antimicrobiano mais eficaz para cada caso, diminuindo falhas terapêuticas e reduzindo a pressão de seleção de cepas resistentes (RUEGG, 2018; TOMAZI; SANTOS, 2020).

Lago *et al.* (2011) demonstraram que a utilização da cultura microbiológica na fazenda para direcionamento terapêutico em casos de mastite clínica não grave possibilitou redução aproximada de 44% no uso de antimicrobianos intramamários, sem prejuízos à cura clínica, produção leiteira, descarte ou recorrência dos casos. Os autores observaram que parte significativa das amostras apresentava cultura negativa ou infecções por bactérias gramnegativas com elevada taxa de cura espontânea, evidenciando que muitos casos não necessitavam de antibioticoterapia imediata. Esses resultados reforçam a importância da cultura microbiológica como ferramenta para terapia seletiva e uso racional de antimicrobianos na bovinocultura leiteira (RUEGG, 2017). Da mesma forma, Cameron *et al.* (2014; 2015) ao avaliarem protocolos seletivos de terapia de vaca seca baseados em cultura microbiológica, observaram redução significativa no uso de antimicrobianos intramamários durante o período seco, com diminuição de aproximadamente 51% a 85% na utilização desses fármacos, dependendo do protocolo adotado e do perfil microbiológico dos rebanhos avaliados. Além disso, os autores verificaram que a adoção da terapia seletiva não promoveu aumento da incidência de mastite clínica, infecção intramamária pós-parto ou elevação da contagem de células somáticas (CCS), demonstrando que a cultura microbiológica constitui ferramenta eficiente para direcionamento terapêutico e uso racional de antimicrobianos em rebanhos leiteiros.

Figura 10: Contagem de células somáticas (CCS) e produção diária de leite em vacas submetidas ao tratamento convencional e ao tratamento baseado em cultura microbiológica para mastite clínica não grave.

ETIOLOGIA	CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS (células/mL) – SCC Linear [média ± DP (n)] ¹		RENDIMENTO DIÁRIO DE LEITE (kg/d) [média ± DP (n)]	
	Controle positivo	Baseado em cultura	Controle positivo	Baseado em cultura
Ausência ⁰	3,9 ± 0,2 (57)	4,0 ± 0,2 (60)	32,2 ± 1,0 (57)	31,4 ± 1,0 (60)
Gram-negativas	4,3 ± 0,3 (48)	4,6 ± 0,3 (44)	30,0 ± 1,1 (48)	31,5 ± 1,3 (44)
Gram-positivas	4,7 ± 0,3 (52)	4,9 ± 0,2 (63)	29,1 ± 1,1 (52)	28,6 ± 1,1 (63)
Todos os casos	4,2 ± 0,1 (178)	4,4 ± 0,1 (178)	30,0 ± 0,6 (178)	30,7 ± 0,6 (178)
Faixa da manada ²	3,2 – 5,8	3,4 – 5,4	26 – 33	27 – 39

¹ n é a população da qual médias e desvios padrão foram calculados.

² Faixa da manada para os diferentes resultados [mínimo de manada (%)-máximo de manada (%)].

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Lago *et al.* (2011).

Além da identificação do agente etiológico, o antibiograma possui elevada relevância clínica e epidemiológica, especialmente frente ao aumento da resistência antimicrobiana em

patógenos associados à mastite bovina. Tomazi *et al.* (2018), ao avaliarem isolados de *Escherichia coli* provenientes de mastite clínica bovina, identificaram diferentes padrões de susceptibilidade antimicrobiana entre os grupos bacterianos analisados, evidenciando a importância da realização de testes de sensibilidade para definição terapêutica mais segura e eficaz. Estudos conduzidos em rebanhos leiteiros brasileiros também demonstram elevada variabilidade nos protocolos terapêuticos utilizados para mastite clínica, frequentemente associados ao uso excessivo de antimicrobianos. Tomazi e Santos (2020) observaram ampla utilização de diferentes classes de antibióticos em propriedades leiteiras brasileiras, ressaltando a necessidade de programas de monitoramento microbiológico e implementação de estratégias de terapia seletiva. Durante muitos anos, o manejo terapêutico da mastite clínica em propriedades leiteiras foi realizado de forma predominantemente empírica, sendo comum a administração de antibióticos intramamários sem identificação prévia do agente etiológico (RUEGG, 2017). Atualmente, se destaca a importância da cultura microbiológica e do uso racional de antimicrobianos no controle da enfermidade (SANTOS; FONSECA, 2019).

Como a maioria das infecções intramamárias possui origem bacteriana, os antimicrobianos β -lactâmicos tornaram-se amplamente utilizados no tratamento intramamário da mastite bovina, embora nem todos os casos clínicos demandem antibioticoterapia (TOMAZI; SANTOS, 2020; RUEGG, 2017). Nesse cenário, o conceito de tratamento seletivo vem se tornando cada vez mais relevante, propondo o uso de antimicrobianos somente em situações com maior chance de resposta clínica favorável, evitando sua utilização em infecções com elevada possibilidade de cura espontânea ou em casos crônicos, especialmente aqueles associados a *Staphylococcus aureus* (LAGO *et al.*, 2011; RUEGG, 2017).

Paralelamente, a implementação de medidas mais eficientes de controle da mastite contribuiu para a diminuição da ocorrência de infecções subclínicas em rebanhos leiteiros norte-americanos, refletindo na redução da contagem de células somáticas (CCS) do leite de tanque, que passou de aproximadamente 300.000 células/mL no ano 2000 para 169.000 células/mL em 2022 (NMC, 2023; RUEGG, 2017). Em contrapartida, a frequência de mastite clínica apresentou aumento ao longo dos anos, passando de cerca de 15% em 2000 para 25% em 2014 (RUEGG, 2017). Estudos conduzidos em diferentes regiões do mundo indicam que a maior parte dos casos clínicos se manifesta de forma leve ou moderada, caracterizando-se por alterações no leite e, em alguns casos, inflamação visível do úbere, enquanto apenas 5% a 20% evoluem para quadros graves com comprometimento sistêmico (RUEGG, 2017; ERSKINE *et al.*, 2015).

Nos casos não graves, o tratamento pode ser postergado entre 24 e 48 horas para permitir a identificação etiológica da infecção (LAGO *et al.*, 2011; RUEGG, 2017). Entretanto, quando

há sinais sistêmicos, o atendimento deve ser imediato. Embora menos frequente, a mastite clínica grave representa importante causa de mortalidade em vacas leiteiras, estando associada a elevadas taxas de descarte devido à perda da capacidade produtiva (ERSKINE *et al.*, 2015; RUEGG, 2017). Por esse motivo, essa condição é considerada uma emergência clínica, exigindo intervenção rápida com foco no suporte cardiovascular para evitar choque endotóxico e morte do animal. De forma geral, os protocolos terapêuticos incluem administração sistêmica de antibióticos de amplo espectro, fluidoterapia por via intravenosa e/ou oral, antiinflamatórios, terapia intramamária e outras medidas de suporte, como suplementação de glicose e cálcio (RIBEIRO *et al.*, 2016; RUEGG, 2017). Os casos de mastite clínica classificados como leves e moderados são frequentemente agrupados sob a denominação de “mastite clínica não grave”, permitindo a utilização de um protocolo terapêutico único para essas apresentações (RUEGG, 2017). Essa estratégia facilita a padronização dos tratamentos e se mostra prática para a maioria dos rebanhos leiteiros. No entanto, sua efetividade depende da correta definição dos escores de gravidade pelos médicos-veterinários e da capacitação contínua dos ordenhadores responsáveis pela identificação dos animais acometidos (RUEGG, 2017; WENZ *et al.*, 2006).

Um dos desafios relacionados ao manejo desses casos é que os sinais clínicos observados em mastites com cultura negativa são semelhantes aos encontrados em infecções com cultura positiva, apesar de os casos sem crescimento bacteriano significativo geralmente apresentarem bom prognóstico mesmo sem o uso de antimicrobianos (LAGO *et al.*, 2011; CAMERON *et al.*, 2015).

Estudos realizados em grandes propriedades leiteiras de Wisconsin que adotaram a cultura microbiológica na fazenda demonstraram ampla variação na frequência de culturas negativas, oscilando entre 7% e 67%, evidenciando que a necessidade de antibioticoterapia pode variar consideravelmente entre rebanhos e reforçando a importância da identificação etiológica antes da definição do tratamento (LAGO *et al.*, 2011; RUEGG, 2017).

A eficácia dos antimicrobianos é maior quando utilizados contra microrganismos em multiplicação ativa e sensíveis ao princípio ativo empregado. De modo geral, mastites causadas por bactérias gram-negativas tendem a não requerer terapia antimicrobiana, enquanto infecções por agentes gram-positivos frequentemente apresentam melhor resposta ao tratamento (LAGO *et al.*, 2011; RUEGG, 2017). Entretanto, algumas exceções devem ser consideradas, como os casos provocados por *Klebsiella spp.*, nos quais a baixa probabilidade de eliminação espontânea da infecção pode justificar o uso de antibióticos. Em contrapartida, infecções causadas por *Staphylococcus aureus* normalmente apresentam reduzida taxa de cura bacteriológica, tornando o tratamento antimicrobiano menos recomendado (RUEGG, 2017; TOMAZI; SANTOS, 2020).

Assim, a realização da cultura microbiológica do leite deve ser estimulada pelos médicos-veterinários, permitindo a elaboração de protocolos terapêuticos mais específicos e adequados à realidade de cada propriedade, além de contribuir para o uso racional de antimicrobianos (LAGO *et al.*, 2011; CAMERON *et al.*, 2015; SANTOS; FONSECA, 2019). Apesar do número limitado de antimicrobianos aprovados para mastite bovina, os medicamentos intramamários disponíveis geralmente apresentam boa eficácia frente aos patógenos susceptíveis ao seu espectro de ação (RUEGG, 2017). Quando utilizados de forma direcionada e associados ao diagnóstico microbiológico adequado, esses tratamentos contribuem para o uso racional dos antimicrobianos e maior efetividade terapêutica (TOMAZI; SANTOS, 2020).

Cameron *et al.* (2014; 2015) avaliaram a utilização da terapia seletiva de vaca seca baseada em cultura microbiológica, comparando-a ao tratamento convencional realizado em todas as vacas durante o período seco. Os autores observaram que a utilização da cultura microbiológica permitiu reduzir o uso de antimicrobianos sem prejuízos aos índices produtivos, à ocorrência de mastite clínica pós-parto ou à saúde da glândula mamária. Os resultados demonstraram que vacas submetidas à terapia seletiva apresentaram desempenho semelhante às vacas tratadas de forma convencional quanto à produção de leite, contagem de células somáticas (CCS) e prevalência de infecção intramamária após o parto. Dessa forma, os autores concluíram que a cultura microbiológica na fazenda constitui ferramenta eficiente para direcionar o tratamento, evitando o uso desnecessário de antimicrobianos e contribuindo para programas de uso racional desses medicamentos. Além disso, o estudo reforça a importância do diagnóstico microbiológico como estratégia para redução da pressão de seleção bacteriana e mitigação da resistência antimicrobiana nos sistemas de produção leiteira.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho se caracteriza como uma revisão bibliográfica narrativa, de abordagem qualitativa, desenvolvida com o objetivo de analisar a relação entre a mastite bovina, o uso de antimicrobianos e a resistência microbiana, sob a perspectiva da Saúde Única. A pesquisa foi realizada por meio de levantamento bibliográfico em artigos científicos, livros, dissertações, documentos técnicos e legislações relacionadas ao tema.

Para a busca das informações foram utilizadas bases de dados científicos nacionais e internacionais, incluindo, SciELO, Repositório UNESP, Repositório UFSC, PubMed, Periódicos CAPES e documentos disponibilizados pela Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO), utilizando descritores como “mastite bovina”, “resistência antimicrobiana”, “*Staphylococcus aureus*”, “qualidade do leite”, “antimicrobianos”, “patógenos causadores de

mastite”, “antibióticos no tratamento seletivo da mastite bovina” e “Saúde Única”, em português e inglês.

Durante o levantamento bibliográfico, foram encontrados aproximadamente 61 materiais científicos relacionados ao tema. Após leitura dos títulos, resumos e análise do conteúdo, foram selecionados os estudos considerados mais relevantes e compatíveis com os objetivos da pesquisa, totalizando 53 artigos científicos, revisões de literatura, documentos oficiais e livros de referência utilizados na fundamentação teórica do trabalho.

Entre as principais referências utilizadas destacam-se obras de Santos, M. V.; Fonseca, L. F. L., (2019), Ruegg (2017), Philpot e Nickerson (2002), Langoni *et al.*, (2011), Nóbrega *et al.*, (2018), Medeiros *et al.*, (2009), além de estudos nacionais relacionados à prevalência de patógenos causadores de mastite e resistência antimicrobiana em rebanhos leiteiros brasileiros.

Os critérios de inclusão envolveram trabalhos publicados preferencialmente nos últimos anos, disponíveis na íntegra, com relevância científica e relação direta com os temas abordados. Também foram incluídos livros clássicos e documentos técnicos reconhecidos na área de bovinocultura leiteira e qualidade do leite. Foram excluídos materiais duplicados, estudos sem relação direta com a temática proposta e publicações com informações insuficientes para análise.

Após a seleção, os dados foram organizados e analisados de forma descritiva, permitindo a comparação entre os principais agentes etiológicos da mastite bovina, os fatores relacionados à resistência antimicrobiana e as medidas de controle e prevenção descritas na literatura científica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos estudos selecionados permite observar que a mastite bovina continua sendo uma das enfermidades de maior impacto nos sistemas de produção leiteira, principalmente devido aos prejuízos econômicos relacionados à redução da produção e da qualidade do leite, além dos riscos associados ao bem-estar animal e à resistência antimicrobiana (LANGONI, 2017; MUSHTAQ *et al.*, 2018). A partir dos dados avaliados na literatura, verifica-se predominância de agentes bacterianos, especialmente do gênero *Staphylococcus spp.*, descritos de forma recorrente como os principais microrganismos isolados em rebanhos leiteiros brasileiros (NÓBREGA *et al.*, 2018; FONTANA *et al.*, 2023).

Os resultados encontrados por Nóbrega *et al.* (2018), Langoni *et al.* (2011) e Fontana *et al.* (2023) demonstram elevada frequência de *Staphylococcus aureus* e outros *Staphylococcus spp.* tanto em casos de mastite clínica quanto subclínica, evidenciando a importância epidemiológica desses patógenos na bovinocultura leiteira. Observa-se que, em propriedades com falhas na rotina de ordenha, higienização inadequada dos equipamentos e ausência de

medidas sanitárias eficientes, ocorre maior disseminação de agentes contagiosos, favorecendo a manutenção da infecção dentro dos rebanhos (ARCANJO *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2016).

A elevada ocorrência de *Staphylococcus aureus* pode ser relacionada à sua capacidade de persistir na glândula mamária, formar biofilmes e desenvolver mecanismos de evasão imunológica, fatores que dificultam a eliminação do agente e favorecem infecções crônicas e recorrentes (RUEGG, 2017; SANTOS; FONSECA, 2019). Além disso, a transmissão durante a ordenha, especialmente por teteiras contaminadas, mãos dos ordenhadores e contato entre animais, contribui diretamente para sua ampla disseminação nos rebanhos leiteiros (LANGONI *et al.*, 2011).

Em contrapartida, os estudos também demonstram participação importante de patógenos ambientais, como *Escherichia coli* e *Streptococcus uberis*, frequentemente associados a condições inadequadas de higiene das instalações, presença excessiva de matéria orgânica e manejo incorreto das camas dos animais (OLIVEIRA *et al.*, 2016; FONTANA *et al.*, 2023). Embora apresentem menor frequência em comparação aos agentes contagiosos, esses microrganismos geralmente estão relacionados a quadros clínicos mais agudos e com maior comprometimento sistêmico dos animais acometidos (ERSKINE *et al.*, 2015; RUEGG, 2017).

Os estudos analisados evidenciam que a prevalência dos agentes etiológicos varia conforme características específicas de cada propriedade, incluindo sistema de produção, manejo sanitário, higiene da ordenha e estratégias de controle adotadas (NÓBREGA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2016; FONTANA *et al.*, 2023). Dessa forma, rebanhos que conseguem controlar de maneira mais eficiente os patógenos contagiosos tendem a apresentar aumento proporcional da participação de agentes ambientais nos casos de mastite observados, demonstrando alteração no perfil epidemiológico da doença (RUEGG, 2017).

Outro aspecto importante identificado refere-se ao uso indiscriminado de antimicrobianos no tratamento da mastite bovina. Segundo Tomazi e Santos (2020), Martins *et al.* (2021) e Gonçalves *et al.* (2022), a utilização empírica de antibióticos sem diagnóstico microbiológico favorece a seleção de microrganismos resistentes e reduz a eficácia terapêutica ao longo do tempo. Nesse contexto, a resistência antimicrobiana representa uma preocupação crescente tanto para a medicina veterinária quanto para a saúde pública, especialmente devido ao risco de disseminação de cepas resistentes e à redução das opções terapêuticas disponíveis (OMS, 2024; KOUR *et al.*, 2023).

Os mecanismos de resistência descritos incluem produção de beta-lactamases, alterações nas proteínas ligadoras de penicilina, redução da permeabilidade bacteriana e sistemas de efluxo, destacando-se o gene *blaZ* em *Staphylococcus aureus*, amplamente relacionado à

resistência à penicilina (RUEGG, 2017; TOMAZI; SANTOS, 2020). Esses mecanismos demonstram a elevada capacidade adaptativa dos microrganismos frente à pressão seletiva causada pelo uso frequente de antimicrobianos nos rebanhos leiteiros (KOUR *et al.*, 2023).

Diante desse cenário, os estudos reforçam a importância da cultura microbiológica e do antibiograma como ferramentas fundamentais para o controle racional da mastite bovina (SANTOS; FONSECA, 2019). Cameron *et al.* (2014; 2015) demonstraram que protocolos terapêuticos baseados em cultura microbiológica permitiram redução significativa do uso de antimicrobianos sem prejuízos à produção leiteira, saúde da glândula mamária ou índices de cura clínica. Da mesma forma, Lago *et al.* (2011) verificaram diminuição do uso de antibióticos e redução do descarte de leite quando o tratamento foi direcionado conforme a identificação microbiológica dos agentes causadores.

Além disso, a realização do antibiograma mostrou-se essencial para avaliação do perfil de susceptibilidade bacteriana, permitindo selecionar antimicrobianos mais adequados e reduzindo falhas terapêuticas (TOMAZI *et al.*, 2018; RUEGG, 2018). O uso racional de antibióticos também contribui diretamente para diminuir a pressão de seleção de cepas resistentes e aumentar a segurança dos alimentos de origem animal (OMS, 2024).

Os resultados analisados também demonstram a relevância das Boas Práticas Agropecuárias (BPA) na prevenção da mastite bovina. Medidas como higienização adequada dos tetos, utilização correta de pré e pós-dipping, manutenção periódica dos equipamentos de ordenha, descarte apropriado do leite de animais em tratamento e capacitação contínua dos ordenhadores foram descritas como estratégias fundamentais para reduzir a incidência da doença e melhorar a qualidade microbiológica do leite (ARCANJO *et al.*, 2017; BRASIL, 2018).

Assim, a análise conjunta dos estudos demonstra que o controle efetivo da mastite bovina depende da associação entre manejo sanitário adequado, diagnóstico microbiológico, terapia seletiva e uso racional de antimicrobianos (LAGO *et al.*, 2011; CAMERON *et al.*, 2015; SANTOS; FONSECA, 2019). Essas estratégias contribuem não apenas para redução das perdas econômicas na cadeia leiteira, mas também para mitigação da resistência antimicrobiana e fortalecimento das ações de Saúde Única, integrando saúde animal, humana e ambiental (OMS, 2024).

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o uso indiscriminado e às cegas de antibióticos no controle da mastite bovina eleva o risco de seleção de superbactérias, exigindo uma mudança imediata de foco da farmácia para a prevenção. O monitoramento microbiológico e a terapia seletiva consolidam-se como ferramentas científicas eficientes e obrigatórias para racionalizar o uso de medicamentos

no campo. Adotar essas boas práticas agropecuárias é indispensável não apenas para a lucratividade do produtor, mas para viabilizar um mercado leiteiro ético, seguro e alinhado aos preceitos globais de saúde pública e ambiental.

REFERÊNCIAS

- ABRAN – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NUTROLOGIA. **Leite e derivados: importância nutricional**. São Paulo, 2023. Disponível em: https://abran.org.br/media/files/abran_consenso_leite.pdf. Acesso em: 14 abr. 2026.
- BARLOW, John. Antimicrobial resistance of mastitis pathogens of dairy cattle. **The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 41, n. 2, p. 223–236, 2025.
- BBENTO. **Saúde do úbere: A mastite é a principal preocupação do produtor, mas não deve ser a única**. Campo Grande: Semadesc, 2026. Disponível em: <https://www.semadesc.ms.gov.br/saude-do-ubere-a-mastite-e-a-principal-preocupacao-doprodutor-mas-nao-deve-ser-a-unica/>. Acesso em: 12 abr. 2026.
- BENNETT, James W. Using diagnostic microbiology to improve udder health. **The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 41, n. 2, p. 165–179, 2025.
- BORGES, Laura Francielle Ferreira *et al.* **Presença do gene blaZ em isolados de Staphylococcus aureus resistentes a Beta-lactâmicos provenientes de leite e queijo**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 42, de 20 de dezembro de 1999**. Institui o Plano Nacional de Controle de Resíduos em Produtos de Origem Animal. Brasília, DF: MAPA, 1999. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saudeanimal/rastreabilidade-animal/arquivos-pdf/instrucao-normativa-sda-no-42-de-20-de-dezembro-de-1999-altera-o-plano-nacional-do-controle-de-residuos-em-produtos-de-origem-animal-pncr-e-os-programas-de-controle-de-residuos-em-carne-mel-leite-e-pescado/view>. Acesso em: 06 abr. 2026.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 51, de 18 de setembro de 2002**. Aprova os regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade do leite. Brasília, DF: MAPA, 2002. Disponível em: embrapa.br. Acesso em: 06 abr. 2026.
- CALIMAN, M. de F.; GASPAROTTO, P. H. G.; RIBEIRO, L. F. Principais impactos da mastite bovina: revisão de literatura. **Revista Gestão, Tecnologia e Ciências**, v. 12, n. 37, p. 91-102, 2023.
- CAMERON, M. *et al.* Evaluation of selective dry cow treatment following on-farm culture: risk of postcalving intramammary infection and clinical mastitis in the subsequent lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 270–284, 2014.
- CAMERON, M. *et al.* Evaluation of selective dry cow treatment following on-farm culture: risk of postcalving intramammary infection and clinical mastitis in the subsequent lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 242–254, 2015.

CAPELLARI JUNIOR, A.; ROSSI, A.; BONOTTO, R. Perfil etiológico da mastite bovina na bacia leiteira de Chapecó, SC. **Revista Inovação: Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, v. 1, n. 2, 2022.

COSTA, G. M. da *et al.* Resistência a antimicrobianos em *Staphylococcus aureus* isolados de mastite em bovinos leiteiros de Minas Gerais, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 80, n. 3, p. 297-302, 2013.

DAMASCENO, K. A. *et al.* Etiological profile and antimicrobial resistance of bovine mastitis pathogens in Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 40, n. 8, p. 586-593, 2020.

EMBRAPA. **Controle da mastite bovina**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005.

EMBRAPA. **Mastite bovina: conceitos e impactos na qualidade do leite**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2015.

FAO; IDF. **Guia de boas práticas na pecuária de leite**. Roma: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 2013. (Produção e Saúde Animal: Diretrizes).

GUIMARÃES, Bruno. **Contagem de células somáticas (CCS) do leite: importância e como reduzir**. Belo Horizonte: Rehagro, 2024.

KOUR, S. *et al.* Advances in diagnostic approaches and therapeutic management in bovine mastitis. **Veterinary Sciences**, v. 10, n. 7, p. 449, 2023.

LAGO, A. *et al.* Efficacy of using an on-farm culture system based on bacteriologic culture results for treatment of clinical mastitis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 9, p. 4441–4456, 2011.

LANGENEGGER, J. Aspectos da mastite bovina no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 5, p. 437-440, 1970.

LI, Xiaoping *et al.* Alternativas aos antibióticos para tratamento de mastite em vacas leiteiras. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 10, e1160350, 2023.

LIMA, A. L. A. *et al.* Perfil de sensibilidade antimicrobiana de bactérias isoladas de leite de vacas com mastite em propriedades de agricultura familiar. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e099119438, 2020.

MACEDO, Susana N.; CORTINHAS, Cristina S.; SANTOS, Marcos V. dos. Cultura microbiológica do leite na fazenda: Uma nova ferramenta para o diagnóstico de mastite. **Leite Integral**, 2013.

MITSUNAGA, T. M. *et al.* Current trends in artificial intelligence and bovine mastitis research: a bibliometric review approach. **Animals**, v. 14, n. 14, e2023, 2024.

MORAIS, G. B. *et al.* Classes e moléculas dos antimicrobianos usados no tratamento da mastite bovina no Brasil. *In: Gestão, qualidade e inovações tecnológicas: produções acadêmicas em ciência e tecnologia do leite e derivados*. Juiz de Fora: Epamig, 2024. p. 177184.

MUSHTAQ, S. *et al.* Antibiotic resistance in bovine mastitis pathogens and alternative approaches to control mastitis. **Pakistan Veterinary Journal**, 2018.

MOCAMBIQUE. Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar. **Instrução Normativa MAPA - 77, de 26/11/2018**. São Paulo: Coordenadoria de Defesa Agropecuária, 2018. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativamapa-77-de-26-11-2018,1214.html>. Acesso em: 20 abr. 2026.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 2001.

RODRIGUES, A. C. O. **Identificação bacteriana a campo da mastite bovina para orientar protocolos de tratamento**. 2008. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

RUEGG, Pamela L. A 100-Year Review: Mastitis detection, management, and prevention. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10381–10397, 2017.

RUEGG, Pamela L. Making economically efficient treatment decisions for clinical mastitis. **The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 41, n. 2, p. 181–198, 2025.

RUEGG, Pamela L. Realities, challenges and benefits of antimicrobial stewardship in dairy practice in the United States. **Microorganisms**, v. 10, n. 8, p. 1626, 2022.

SALINA, A. *et al.* Importância da diferenciação dos *Streptococcus agalactiae* e não *agalactiae* nas mastites. **Veterinária e Zootecnia**, v. 24, n. 1, p. 209-215, 2017.

SANTOS, Marcos Veiga dos; FONSECA, Luis Fernando Laranja da. **Controle da mastite e qualidade do leite: desafios e soluções**. Pirassununga: Edição dos Autores, 2019.

SANTOS, Marcos Veiga dos; TOMAZI, Tiago. Mastite contagiosa ou ambiental: Um diagnóstico em nível de rebanho. **Leite Integral**, 2012.

SILVA, J. G. *et al.* Mastite bovina causada por *Staphylococcus* spp. resistentes à meticilina: revisão de literatura. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 181-192, 2018.

TAN, Xun *et al.* Persistence of gentamicin residues in milk after the intramammary treatment of lactating cows for mastitis. **Journal of Zhejiang University: Science B**, v. 10, n. 4, p. 280–284, 2009.

TOMAZI, Tiago *et al.* Antimicrobial susceptibility patterns of *Escherichia coli* phylogenetic groups isolated from bovine clinical mastitis. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 10, p. 9406–9418, 2018.

TOMAZI, Tiago; DOS SANTOS, Marcos Veiga. Antimicrobial use for treatment of clinical mastitis in dairy herds from Brazil and its association with herd-level descriptors. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 176, e104937, 2020.

VIVA LÁCTEOS. **Cartilha de qualidade do leite e prevenção da mastite bovina**. São Paulo: Associação Brasileira de Laticínios Longa Vida, 2017.

WHO updates list of drug-resistant bacteria most threatening to human health. **World Health Organization**, 2024. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/17-05-2024-whoupdates-list-of-drug-resistant-bacteria-most-threatening-to-human-health>. Acesso em: 06 abr. 2026.

ZIMERMANN, K. F.; ARAUJO, M. E. M. Mastite bovina: agentes etiológicos e susceptibilidade a antimicrobianos. **Campo Digital**, v. 12, n. 1, p. 22-31, 2017.