

Imunologia & Doenças Infecciosas e Parasitárias

EDIÇÃO VIII

Capítulo 7

IMPACTOS MICROBIOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS POR CONTAMINAÇÃO DE *STAPHYLOCOCCUS* SPP. NO LEITE E DERIVADOS

ANNA BEATRIZ ALVES DE LIMA¹
TAINÁ MARQUES BERTUZZI¹
MARIA CLARA CABRAL HONOR CATTANEO¹
CAMILA SAMPAIO MOREIRA¹
JOSIANE SILVA GONÇALVES¹
FÁBIO SOUZA ANANIAS OLIVEIRA¹
JOÃO GUILHERME BEZERRA CAETANO¹
ANA LARISSA DA SILVA SANTOS¹
BRENO BEZERRA ARAGÃO²

1. Discente - Medicina Veterinária da Universidade Federal do Cariri.

2. Docente - Doutorado em Medicina Veterinária da Universidade Federal do Cariri.

Palavras-chave

Bactéria; Laticínio; Segurança Alimentar.

DOI

10.59290/1197290072

EDITORIA
P PASTEUR

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite é uma das mais importantes do complexo agroindustrial brasileiro, produzindo aproximadamente 34,0 bilhões de litros de leite por ano, provenientes do maior rebanho comercial do mundo (EMBRAPA, 2024). O elevado valor nutricional do leite, devido às suas proteínas, gorduras, carboidratos, vitaminas e sais minerais, contribuiu para o aumento do consumo de laticínios (COSTA *et al.*, 2019). Entretanto, segundo Oliveira *et al.* (2025), a qualidade dos produtos lácteos é frequentemente comprometida pela ocorrência de mastite bovina, uma inflamação da glândula mamária que se configura como a enfermidade de maior impacto na pecuária leiteira, responsável por significativas perdas econômicas, prejuízos tecnológicos na indústria de lácteos e consequências para a saúde pública, devido à presença de bactérias patogênicas.

Dentre os agentes etiológicos associados à mastite, o *Staphylococcus* é um dos gêneros bacterianos mais comuns, responsáveis por surtos de intoxicação alimentar. As peculiaridades do seu habitat tornam sua presença largamente distribuída na natureza, sendo transmissíveis aos alimentos por manipuladores, na maioria, portadores assintomáticos, e pelos animais, principalmente o gado leiteiro acometido (STAMFORD *et al.*, 2006).

Conforme Kou *et al.* (2021), o *Staphylococcus aureus* causa uma variedade de manifestações clínicas nos animais, desde lesões cutâneas superficiais locais leves até doenças invasivas graves, podendo até mesmo ameaçar a vida. Os sintomas e a gravidade das infecções estão relacionados a fatores de virulência. Entre eles, as enterotoxinas estafilocócicas (SEs), que são consideradas termooestáveis e podem chegar ao consumidor mesmo após pasteurização (GOTTARDI *et al.*, 2008). Ademais, a capacidade de

formar biofilmes, permite maior resistência a agentes sanitizantes, comprometendo equipamentos e superfícies da indústria de laticínios (ISRAEL *et al.*, 2022). Essas características reforçam a necessidade de medidas preventivas rigorosas durante produção, processamento e armazenamento do leite.

Outro fator é o uso indiscriminado ou inadequado de antimicrobianos que, além de promoverem a formação de bactérias resistentes, torna-se uma ameaça à saúde pública. Nesse sentido, tais substâncias limitam as opções de tratamento, bem como promovem a geração de resíduos no leite, devido ao não respeito ao período de carência, dificultando assim a fabricação dos subprodutos devido ao baixo rendimento da matéria-prima e, em humanos, desencadeando as reações alérgicas (LAMAITA *et al.*, 2005).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo é compreender os impactos microbiológicos e tecnológicos decorrentes da contaminação por *Staphylococcus aureus* no leite e derivados, sendo essencial para subsidiar medidas de controle, garantir a inocuidade dos alimentos e preservar a saúde dos consumidores.

MÉTODO

Este trabalho foi elaborado a partir de uma revisão de literatura sobre os impactos microbiológicos e tecnológicos ocasionados pela contaminação de *Staphylococcus spp.* em leite e derivados. A busca incluiu publicações disponíveis nas bases de dados Biblioteca Virtual em Saúde, SciELO, PubMed, *ScienceDirect*, Scopus e Portal de Periódicos CAPES, abrangendo o período entre 2005 e 2025.

Para a pesquisa bibliográfica, foram empregados descritores padronizados relacionados tanto ao agente etiológico quanto ao veículo de transmissão. Os termos selecionados

foram: “*Staphylococcus*”, “*Leite*” e “*Mastite*”. Para o refinamento dos resultados, os termos foram combinados por meio dos operadores AND e OR. Todos os descritores foram obtidos nos vocabulários controlados MeSH (*Medical Subject Headings*) e DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), reconhecidos pela padronização da terminologia científica.

Os critérios de inclusão definidos contemplaram: (a) artigos publicados nos idiomas português e inglês; (b) estudos disponíveis gratuitamente e em formato integral; e (c) trabalhos que abordassem diretamente a temática proposta. Como critérios de exclusão, foram desconsiderados comentários, cartas ao editor e publicações que não correspondem ao objeto de estudo. A triagem foi realizada com filtros aplicados ao título, resumo e assunto.

Todos os artigos selecionados foram lidos integralmente, e as informações extraídas foram sistematizadas em planilha contendo ano de publicação, autores, base de dados e periódico de origem. Posteriormente, os dados foram compilados no *Microsoft Office Word* e analisados de forma a estabelecer correlações entre os parâmetros de interesse. A síntese dos achados foi realizada por meio de análise descritiva e quantitativa, sendo os resultados apresentados em formato dissertativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gênero *Staphylococcus* apresenta grande capacidade de produção de fatores de virulência, os quais contribuem significativamente para sua patogenicidade e para a persistência em diferentes ambientes. Com isso, reconhece-se o potencial dessas bactérias em causar doenças transmitidas por alimentos, além de seu papel como um dos principais agentes envolvidos na mastite bovina (OLIVEIRA *et al.*, 2025).

Animais diagnosticados com mastite por *Staphylococcus* spp. constituem importante fonte de risco para a saúde pública, visto que podem transmitir esses microrganismos por meio do leite e de seus derivados. Nesse contexto, é evidente que algumas toxinas produzidas por *Staphylococcus aureus*, como as enterotoxinas, apresentam a característica de serem termoestáveis, resistindo tanto à pasteurização quanto à fervura, ocasionando intoxicações alimentares (OLIVEIRA *et al.*, 2025). Os sintomas e a gravidade das infecções provocadas por *S. aureus* estão diretamente associados a fatores de virulência, destacando-se as enterotoxinas estafilocócicas como os principais elementos responsáveis pelos casos de intoxicação alimentar (KOU *et al.*, 2021).

Essa espécie é classificada como um patógeno emergente com elevado índice de multiresistência aos antimicrobianos testados, podendo representar um fator de risco para a disseminação de bactérias resistentes por meio do leite e dos produtos lácteos destinados ao consumo humano (BRITO & COSTA, 2024).

Fatores de virulência

Os fatores de virulência do *Staphylococcus* spp. estão diretamente relacionados à sua capacidade de adaptação e persistência no hospedeiro, com destaque para a formação de biofilmes, que correspondem a comunidades constituídas por células sésseis, mono ou multi espécies, aderidas a um substrato e envolvidas por uma matriz de polímeros extracelulares, nas quais os microrganismos apresentam fenótipos, metabolismo, fisiologia e transcrição genética diferenciados (BOARI *et al.*, 2009). Esse mecanismo confere maior resistência às defesas imunológicas e aos antimicrobianos, favorecendo a disseminação da bactéria nos rebanhos, a redução da resposta imune do hospedeiro, além da ocorrência de

mastite clínica e infecções persistentes, resultando em expressivas perdas na produção leiteira (ISRAEL *et al.*, 2022).

A maioria das cepas de *Staphylococcus* spp. produz biofilmes em diferentes intensidades, verificando-se que cepas multirresistentes exibiram maior capacidade de formação de biofilmes. Outro aspecto importante foi observado na espécie *S. chromogenes*, sendo encontrada uma relação inversa entre a produção de biofilmes e a intensidade da reação ao *California Mastitis Test* (CMT), evidenciando uma capacidade de mascarar o diagnóstico dificultando o tratamento (ISRAEL *et al.*, 2022).

Alguns fatores de virulência dos estafilococos são associados à sua capacidade enterotoxigênica, dentre eles a produção de coagulase (SANTANA *et al.*, 2006). Esse potencial pode ser identificado também pelas características morfológicas das colônias, uma vez que as colônias típicas são negras, brilhantes em Ágar Baird-Parker, delimitadas e com dois halos, estando essas características associadas à produção de coagulase e, consequentemente, à potencial produção de enterotoxinas. Nesse sentido, destaca-se a espécie *Staphylococcus aureus*, pertencente à família *Micrococcaceae*, caracterizado por ser um coco gram-positivo, imóvel e frequentemente disposto em arranjos semelhantes a cachos de uva. Essa bactéria, além da coagulase positiva, também apresenta produção de toxinas, enzimas extracelulares e a própria capacidade de formar biofilmes, o que contribui para sua elevada patogenicidade e para a manutenção de quadros de mastite crônica nos rebanhos (SANTOS *et al.*, 2018).

Quanto aos estafilococos coagulase negativos, estes estão relacionados a diferentes tipos de infecções em humanos e animais. Embora produzam quantidades menores de enterotoxinas quando comparados ao *Staphylococcus au-*

reus, sua presença em alimentos ainda representa risco e não deve ser desconsiderada em casos de surtos de intoxicação alimentar (SANTANA *et al.*, 2006).

Enterotoxigenicidade

A enterotoxigenicidade do gênero *Staphylococcus* está relacionada à capacidade dessas bactérias de produzirem diversas enterotoxinas. Dentre elas, evidenciam-se 18 enterotoxinas sorologicamente distintas, incluindo EEA, EEB, EEC1, EEC2, EEC3, EED, EEG, EER e EEU (SANTANA *et al.*, 2006). A intoxicação alimentar estafilocócica ocorre pela ingestão dessas toxinas produzidas durante a multiplicação bacteriana nos alimentos, por serem termooestáveis e permanecem ativas mesmo após o cozimento, o que favorece a ocorrência de surtos, configurando risco importante à saúde pública (STAMFORD *et al.*, 2006).

As espécies *S. aureus* e *S. intermedius* estão entre as principais produtoras de enterotoxinas e são frequentemente relacionadas a surtos de intoxicação alimentar. O *Staphylococcus aureus* possui ampla distribuição na natureza e pode ser transmitido ao leite por diferentes vias, incluindo falhas na manipulação e a presença de animais infectados, em especial bovinos com mastite (LAMAITA *et al.*, 2005).

O leite e seus derivados são considerados excelentes meios para o crescimento de microrganismos desejáveis, patogênicos e deteriorantes, representando importante via de transmissão de estafilococos enterotoxigênicos (LAMAITA *et al.*, 2005). A elevada frequência de surtos relacionados a esses produtos está associada à baixa qualidade do leite cru, somada à manipulação inadequada durante a produção, armazenamento e comercialização. Dentre as espécies de *Staphylococcus* isoladas do leite e derivados, destacam-se *S.*

chromogenes, *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. xylosus*, *S. lentus*, *S. scuri*, *S. simulans*, *S. cohnii*, *S. carnosus*, *S. hominis*, *S. haemolyticus* e *S. warneri*. Além disso, as *Staphylococcus* coagulase negativa são passíveis de detecção em mastites, sendo mais comum encontrá-las em cabras do que em vacas ou ovelhas (SANTANA *et al.*, 2006).

O período de incubação da intoxicação alimentar causada por SEs é relativamente curto, variando de 15 minutos a 6 horas após a ingestão do alimento contaminado, o que evidencia a velocidade de aparecimento dos sintomas, incluindo vômitos, diarreia e outros sinais clínicos. Além disso, a gravidade das manifestações clínicas depende diretamente da susceptibilidade individual, sendo mais intensa em recém-nascidos, idosos e pessoas acometidas por doenças crônicas ou imunossupressoras (LAMAITA *et al.*, 2005). Portanto, todos os alimentos deveriam ser objeto de exames microbiológicos, pois tais análises refletem as condições higiênicas de produção (STAMFORD *et al.*, 2006).

Resistência antimicrobiana

O elevado número de cepas de *S. chromogenes* com resistência a múltiplas drogas, aliado a uma reação mais baixa no teste CMT, evidencia que tais microrganismos dificultam não apenas o tratamento, mas também podem mascarar o diagnóstico realizado em campo. Esse conjunto de características contribui de forma significativa para que essa espécie se destaque e consiga se disseminar em maior intensidade dentro dos rebanhos, trazendo prejuízos e obstáculos adicionais ao manejo sanitário (ISRAEL *et al.*, 2022). Além disso, observa-se que a resistência antimicrobiana, intensificada pelo uso indiscriminado de antibióticos e pelas falhas no manejo, constitui um dos principais entraves ao sucesso da antibioticoterapia na mas-

tite. Essa associação entre práticas inadequadas e pressão seletiva dos antimicrobianos pode favorecer a circulação de cepas resistentes no ambiente, comprometendo tanto a saúde animal quanto a saúde pública (MESQUITA *et al.*, 2019).

Outro aspecto relevante envolve a dificuldade de eliminação do *S. aureus* do ambiente intramamário por meio da terapia com antibióticos, que está relacionada a mecanismos de resistência bacteriana ou à sua capacidade de colonização do parênquima mamário, formando abscessos que impedem a ação eficaz do fármaco. Esse comportamento confere ao patógeno uma vantagem significativa em termos de persistência, prejudicando a resposta terapêutica esperada. Assim, como as medidas de controle e prevenção das mastites causadas por *S. aureus* e *Streptococcus agalactiae* apresentam particularidades distintas, ressalta-se a importância fundamental de um diagnóstico preciso para orientar a adoção de estratégias direcionadas e adequadas a cada agente específico (SOARES, 2021).

O impacto da resistência antimicrobiana não se limita ao campo animal, tornando-se também uma séria ameaça à saúde pública. Isso porque ela restringe as opções de tratamento, além de estar relacionada à presença de resíduos no leite, especialmente quando não é respeitado o período de carência. Tal cenário afeta a fabricação de subprodutos, reduzindo o rendimento da matéria-prima e podendo ainda provocar reações alérgicas em humanos. Diante disso, a realização do antibiograma adquire papel essencial, pois auxilia na escolha racional do antimicrobiano, minimiza os riscos de desenvolvimento de resistência e contribui para a redução dos custos terapêuticos. Paralelamente, surgem propostas alternativas promissoras, como a ozonioterapia, que se apresentam como opções interessantes quando

comparadas às terapias antimicrobianas convencionais (OLIVEIRA *et al.*, 2025).

Mastite por *Staphylococcus spp.*

A mastite bovina é reconhecida como uma enfermidade de grande relevância para os rebanhos leiteiros em nível global, sendo responsável por perdas expressivas na produção de leite. Entre os agentes causadores, o gênero *Staphylococcus* ocupa posição de destaque, sobretudo a espécie *Staphylococcus aureus*, frequentemente observada como a principal responsável pelos casos da doença (ISRAEL *et al.*, 2022). A estratégia terapêutica mais utilizada para o combate à mastite infecciosa é a administração de antimicrobianos, seja por infusão intramamária ou por meio de injeções intramusculares. Quando bem conduzida, essa prática reduz a carga microbiana presente no leite, favorece o aumento do número de quartos mamários saudáveis, melhora o bem-estar animal e reduz a quantidade de vacas infectadas nas propriedades. Contudo, o uso excessivo e, muitas vezes, sem supervisão profissional, tem promovido o crescimento de bactérias com perfil de resistência a múltiplas drogas (MDR), impactando negativamente tanto o tratamento quanto a produtividade leiteira (BRITO & COSTA, 2024).

Entre os patógenos envolvidos, *Staphylococcus aureus* é apontado como um dos principais responsáveis pela mastite contagiosa, cuja transmissão ocorre principalmente durante o processo de ordenha. Esse microrganismo apresenta alta prevalência tanto em casos de mastite clínica quanto subclínica, sendo capaz de provocar infecções crônicas da glândula mamária e atuar como um reservatório de agentes infecciosos, favorecendo sua persistência nos rebanhos (BRITO & COSTA, 2024). Nesse contexto, considerando a importância econômica e os riscos associados à mastite, destaca-se a necessidade contínua de monitoramento dos agentes

etiológicos mais comuns, assim como a avaliação dos índices de resistência apresentados por esses patógenos. Esse acompanhamento permite compreender melhor a dinâmica de resistência bem como subsidia a formulação de protocolos terapêuticos mais eficazes para o controle da enfermidade (MESQUITA *et al.*, 2019).

Além de *S. aureus*, outro microrganismo de grande relevância é o *Streptococcus agalactiae*, amplamente reconhecido como um dos principais agentes causadores da mastite bovina. Essa bactéria apresenta elevada capacidade de adesão e colonização do tecido mamário, promovendo a formação de biofilmes, o que dificulta a ação dos antimicrobianos. Essa habilidade de se proteger dentro de estruturas organizadas torna o tratamento ainda mais complexo e desafiador. Dessa forma, a mastite causada por *S. agalactiae* não apenas representa prejuízos em termos de quantidade e qualidade do leite, como também eleva os custos com terapias, exigindo medidas de prevenção e monitoramento contínuo para minimizar os danos (PEDROSO *et al.*, 2023).

CONCLUSÃO

Este estudo evidencia que a contaminação de leite e derivados por *Staphylococcus spp.* está diretamente relacionada à ocorrência de mastite bovina, gerando impactos econômicos significativos, redução da qualidade e do rendimento da matéria-prima, além de riscos à saúde pública devido à produção de enterotoxinas termoestáveis e ao desenvolvimento de resistência antimicrobiana.

Observou-se ainda que a capacidade de formar biofilmes confere maior persistência do patógeno nos rebanhos e nas indústrias, dificultando o seu controle. Esses achados refor-

çam a necessidade de adoção de medidas preventivas e de manejo adequado, bem como do uso racional de antimicrobianos. Como perspectiva, recomenda-se a realização de novos estudos voltados para alternativas terapêuticas e

estratégias inovadoras de controle microbiológico, capazes de minimizar a disseminação de cepas resistentes e de garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade da cadeia produtiva do leite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOARI, C.A. *et al.* Formação de biofilme em aço inoxidável por *Aeromonas hydrophila* e *Staphylococcus aureus* usando leite e diferentes condições de cultivo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 29, p. 886, 2009. doi: 10.1590/S0101-20612009000400029.
- BRITO, D.A.P. & COSTA, F.N. Antimicrobial resistance of bacterial agents of bovine mastitis from dairy properties in the metropolitan region of São Luís – MA. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 25, 2024. doi: 10.1590/S1519-994020230033.
- COSTA, G.M. *et al.* Risk factors for high bulk milk somatic cell counts in dairy herds from Campos das Vertentes region, Minas Gerais State, Brazil: a case-control study. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 39, p. 606, 2019. doi: 10.1590/1678-5150-PVB-5826.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Cadeia produtiva do leite vê cenário desafiador em 2024. Embrapa, 14 fev. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/86780410/cadeia-produtiva-do-leite-ve-cenario-desafiador-em-2024>. Acesso em: 28 set. 2025.
- GOTTARDI, C.P.T. *et al.* Qualidade higiênica de leite caprino por contagem de coliformes e estafilococos. *Ciência Rural*, v. 38, p. 743, 2008. doi: 10.1590/S0103-84782008000300023.
- ISRAEL, L.F.S. *et al.* Biofilm production by *Staphylococcus* spp. isolated from bovine mastitis in dairy herds in state of Acre, Brazil and its implications. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 74, p. 563, 2022. doi: 10.1590/1678-4162-12271.
- KOU, X. *et al.* Prevalence and characteristics of *Staphylococcus aureus* isolated from retail raw milk in Northern Xinjiang, China. *Frontiers in Microbiology*, v. 12, 705947, 2021. doi: 10.3389/fmicb.2021.705947.
- LAMAITA, H.C. *et al.* Contagem de *Staphylococcus* sp. e detecção de enterotoxinas estafilocócicas e toxina da síndrome do choque tóxico em amostras de leite cru refrigerado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 57, p. 702, 2005. doi: 10.1590/S0102-09352005000500017.
- MESQUITA, A.A. *et al.* *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae*: prevalence, resistance to antimicrobials, and their relationship with the milk quality of dairy cattle herds in Minas Gerais state, Brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 39, p. 308, 2019. doi: 10.1590/1678-5150-PVB-5821.
- OLIVEIRA, P.H.S. *et al.* Mastite bovina: impactos na qualidade do leite e riscos para saúde pública. In: CARVALHO, A.D. & LINS, J.G.G., organizadores. *Ciência veterinária aplicada: diagnósticos, tratamentos e produção animal*. São Paulo: Científica Digital, 2025.
- PEDROSO, R.P. *et al.* A mastite bovina e sua associação com a bactéria *Streptococcus agalactiae*. In: *Tudo é Ciência: Congresso Brasileiro de Ciências e Saberes Multidisciplinares*, n. 2, 2023. doi: 10.47385/tudoeciencia.1045.2023.
- SANTANA, E.H.W. *et al.* Estafilococos: morfologia das colônias, produção de coagulase e enterotoxina a, em amostras isoladas de leite cru refrigerado. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 27, p. 639, 2006.
- SANTOS, J.K. *et al.* Caracterização fenotípica de biofilme e resistência antimicrobiana de estafilococos coagulase positiva presentes em leite pasteurizado sob inspeção estadual. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v. 12, p. 190, 2018.
- SOARES, L.A.P. Implicações no diagnóstico da mastite subclínica bovina de vacas em lactação coinfectadas por *Streptococcus agalactiae* e *Staphylococcus aureus* [dissertação]. Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2021.
- STAMFORD, T.L.M. *et al.* Enterotoxigenicidade de *Staphylococcus* spp. isolados de leite in natura. *Food Science and Technology*, v. 26, p. 41, 2006. doi: 10.1590/S0101-20612006000100007.