

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Pâmela dos Santos

**Uso de aditivos imunoestimulantes na nutrição de
ruminantes: revisão de literatura**

Dracena

2026

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Pâmela dos Santos

**Uso de aditivos imunoestimulantes na nutrição de
ruminantes: revisão de literatura**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas
– FCAT/UNESP, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dra. Jaqueline Dalbello Biller

Dracena

2026

Inserir nesta página a versão digitalizada do
certificado de aprovação.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: **Uso de aditivos imunostimulantes na nutrição de ruminantes: revisão de literatura**

Modalidade: Trabalho de **revisão bibliográfica com análise crítica.**

Autor: **Pamela dos Santos**

Orientador (a): Profa. Dra. Jaqueline Dalbello Biller

Co-orientador(es):

Número de Créditos: 15

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 16/06/2026

Jaqueline Dalbello Biller

Camila Santos Franco

Murillo C. Stefano Pereira

DEDICATÓRIA

A Deus e à minha família minha mãe Agda Rosana e meu pai Francisco Damião , obrigada pelos sacrifícios enfrentados para a realização do meu sonho e por nunca me deixarem desistir e nem de acreditar em que eu era capaz. Essa conquista também é de vocês .

“Porque sou eu que conheço os planos que tenho para vocês, diz o Senhor, planos de fazê-los prosperar e não de lhes causar dano, planos de dar-lhes esperança e um futuro.”

— Jeremias 29:11

RESUMO

A utilização de aditivos imunoestimulantes na nutrição de bovinos tem se destacado como uma alternativa promissora ao uso de antibióticos, especialmente em sistemas produtivos que buscam maior eficiência e sustentabilidade. Esses compostos atuam modulando o sistema imunológico, promovendo maior resistência a enfermidades e contribuindo para o melhor desempenho produtivo dos animais. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca do uso de imunoestimulantes na alimentação de bovinos, abordando seus principais tipos, mecanismos de ação e efeitos sobre a saúde e a produtividade. Foram analisados estudos publicados entre 2010 e 2025, evidenciando que aditivos como probióticos, prebióticos, leveduras, minerais, β -glucanas e extratos vegetais apresentam potencial para melhorar a resposta imunológica e reduzir a incidência de doenças. Além disso, estudos conduzidos pela Embrapa demonstram avanços no uso de compostos imunomoduladores e novas tecnologias aplicadas à sanidade animal. Conclui-se que os imunoestimulantes constituem uma estratégia viável e eficaz na produção bovina moderna, embora seus resultados possam variar conforme as condições de manejo, nutrição e desafio sanitário.

Palavras-chave: imunidade; bovinos; nutrição animal; aditivos; desempenho.

ABSTRACT

The use of immunostimulant additives in cattle nutrition has emerged as a promising alternative to antibiotics, especially in production systems seeking greater efficiency and sustainability. These compounds act by modulating the immune system, increasing resistance to diseases and improving animal performance. This study aimed to conduct a literature review on the use of immunostimulants in cattle feeding, addressing their main types, mechanisms of action, and effects on health and productivity. Scientific studies published between 2010 and 2025 were analyzed, showing that additives such as probiotics, prebiotics, yeast, minerals, beta-glucans, and plant extracts can enhance immune response and reduce disease incidence. In addition, studies conducted by Embrapa highlight advances in immunomodulatory compounds and new technologies applied to animal health. It is concluded that immunostimulants represent a viable and effective strategy in modern cattle production, although their results may vary depending on management and nutritional conditions.

Keywords: immunity; cattle; animal nutrition; additives; performance.

SUMÁRIO

Sumário

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4.1 A bovinocultura no Brasil	14
4.2 Sistema imunológico em bovinos	19
4.3 Nutrição e Aditivos Imunoestimulantes	21
4.4 Probióticos e prebióticos	25
4.5 Leveduras e derivados de leveduras	27
4.6 Minerais e vitaminas na imunidade	29
4.7 Estresse e sistema imunológico	31
4.8 Efeitos no desempenho produtivo	33
4.9 Limitações e desafios	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Crítica e ponto de vista	35
6 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A pecuária bovina brasileira ocupa posição de destaque no cenário mundial, sendo fundamental para a produção de carne e leite. A intensificação dos sistemas produtivos tem aumentado os desafios sanitários, tornando a saúde animal um fator determinante para a eficiência produtiva. Nesse contexto, o sistema imunológico desempenha papel essencial na proteção dos animais contra agentes patogênicos. Tradicionalmente, antibióticos foram utilizados como promotores de crescimento e ferramentas de controle sanitário. No entanto, preocupações relacionadas à resistência antimicrobiana e à segurança alimentar têm impulsionado a busca por alternativas mais sustentáveis. Entre essas alternativas, destacam-se os aditivos imunostimulantes, que atuam na modulação da resposta imunológica (ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, 2026).

Dentre os aditivos imunostimulantes, destaca-se os β -glucanos, que são polissacarídeos reconhecidos por receptores celulares de reconhecimento padrão, especialmente o receptor Dectin-1 presente em monócitos, macrófagos e neutrófilos. Essa interação desencadeia ativação celular, produção de citocinas pró-inflamatórias e maior capacidade fagocítica. Em bovinos, pesquisas demonstram que os β -glucanos podem estimular mecanismos da imunidade inata, aumentando a capacidade de resposta do organismo frente a agentes infecciosos, especialmente em períodos de maior desafio fisiológico, como desmame, transporte e transição pós-parto (Magnani; Castro-Gómez, 2008). Estudos recentes também demonstram que β -glucanos derivados de levedura induzem ativação de monócitos bovinos por vias dependentes de Dectin-1, reforçando seu papel como moduladores imunológicos (Pedro *et al.*, 2021).

Já as leveduras, um exemplo são os produtos derivados de *Saccharomyces cerevisiae*, vêm sendo amplamente utilizados na alimentação de bovinos devido ao potencial de modular simultaneamente metabolismo, imunidade e microbiota gastrointestinal. Esses produtos atuam principalmente no rúmen e intestino, favorecendo melhor estabilidade do ambiente ruminal, integridade epitelial e redução de processos inflamatórios. Revisões recentes indicam benefícios relacionados ao suporte imunológico, melhora do desempenho produtivo e menor impacto do estresse metabólico, sobretudo em bovinos leiteiros durante o período de transição (Burdick

Sanchez; Broadway; Carrol, 2021). Entretanto, os autores ressaltam que os efeitos observados dependem de fatores como formulação do produto, dose, manejo nutricional e condição fisiológica do animal; em bezerros leiteiros, estudos de dose-resposta avaliaram suplementação oral de β -glucano derivada de *S. cerevisiae* em concentrações variando entre 12 e 84 mg/kg de peso vivo/dia, e foram observadas respostas imunológicas numericamente superiores nas doses de 60 e 84 mg/kg/dia (Esteves *et al.*, 2024).

Os probióticos também têm sido estudados como agentes imunoestimulantes, especialmente por sua capacidade de modular o sistema imune associado ao intestino. Microrganismos como *Lactobacillus*, *Bacillus* e *Enterococcus* atuam favorecendo o equilíbrio microbiano intestinal, competindo com microrganismos patogênicos e estimulando respostas imunológicas locais. Estudos apontam que essa modulação pode resultar em melhora da integridade intestinal, redução de processos inflamatórios e fortalecimento da resposta imunológica (Kober *et al.*, 2022). Contudo, evidências experimentais em bovinos demonstram resultados heterogêneos, sugerindo que a eficácia pode depender do contexto sanitário, categoria animal e cepa utilizada (Almeida *et al.*, 2012; Barreto *et al.*, 2021).

Os prebióticos, principalmente os mananoligossacarídeos (MOS), atuam no trato gastrointestinal favorecendo o crescimento de microrganismos benéficos e dificultando a adesão de patógenos à mucosa intestinal. Sua atuação indireta sobre o sistema imune ocorre pela manutenção da integridade intestinal e pela redução de estímulos inflamatórios persistentes. Além disso, pesquisas recentes conduzidas pela Embrapa têm demonstrado o potencial de compostos como β -glucanas e sistemas imunomoduladores no fortalecimento da imunidade de bovinos, especialmente em fases críticas como o desmame e o período de transição (Francis e Callaway, 2023; Sartori *et al.*, 2017).

As vitaminas e os minerais são micronutrientes essenciais para a manutenção da saúde, do crescimento, da reprodução e do desempenho produtivo dos bovinos. Embora sejam exigidos em pequenas quantidades, participam de diversos processos fisiológicos, incluindo metabolismo energético, atividade enzimática, síntese hormonal, integridade dos tecidos e funcionamento do sistema imunológico. Dessa forma, deficiências nutricionais podem comprometer a produtividade e aumentar a susceptibilidade dos animais a enfermidades (Peixoto *et al.*, 2005; Marques *et al.*, 2016).

Entre os micronutrientes de maior importância para a imunidade destacam-se as vitaminas A e E e minerais como zinco, cobre e selênio, que atuam na proteção antioxidante, na integridade das barreiras epiteliais e na modulação das respostas imunes inata e adaptativa. A suplementação adequada desses nutrientes contribui para maior resistência a doenças, melhor desempenho zootécnico e manutenção da saúde dos rebanhos, especialmente em sistemas de produção intensivos e de alta exigência produtiva (Ortolani, 2002; Tizard, 2025). Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo revisar a literatura científica sobre o uso de aditivos imunoestimulantes na nutrição de bovinos, destacando seus efeitos sobre a saúde e o desempenho produtivo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar uma revisão bibliográfica crítica sobre o uso de aditivos imunoestimulantes na nutrição de ruminantes.

2.2 Objetivos Específicos

- Descrever o sistema imunológico em bovinos;
- Identificar os principais aditivos imunoestimulantes;
- Avaliar seus mecanismos de ação;
- Analisar seus efeitos produtivos;
- Discutir perspectivas futuras.
- Analisar de forma crítica a ação dos imunoestimulantes

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica, de natureza qualitativa e descritiva, com o objetivo de reunir, analisar e discutir informações disponíveis na literatura científica acerca do uso de aditivos imunoestimulantes na nutrição de ruminantes, enfatizando seus efeitos sobre a resposta imunológica, o desempenho produtivo, a saúde e o bem-estar animal durante o ciclo produtivo.

A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados científicas amplamente reconhecidas, incluindo Google Acadêmico, SciELO, PubMed e Portal de Periódicos CAPES. Também foram consultadas publicações técnicas e institucionais disponibilizadas pela EMBRAPA, bem como materiais especializados divulgados por entidades ligadas à Zootecnia. Adicionalmente, foram incluídos livros, dissertações, teses, documentos técnicos e demais publicações relevantes relacionadas à nutrição, imunologia e produção de ruminantes. Dentre os dados pesquisados, foi dada ênfase aos imunoestimulantes capazes de melhorar a resposta imune e diminuir a susceptibilidade a quadros de doenças causadas por estresse metabólico.

Os critérios de inclusão dos estudos abrangeram trabalhos publicados em língua portuguesa e inglesa, preferencialmente nos últimos anos, que abordassem o uso de aditivos imunoestimulantes na nutrição de ruminantes e também ano de publicação sempre buscando artigos atuais. Foram considerados estudos experimentais, revisões bibliográficas e artigos científicos que avaliaram os efeitos desses aditivos sobre parâmetros imunológicos, metabólicos, produtivos e de saúde animal, especialmente em situações de estresse nutricional e metabólico, como a acidose ruminal subaguda e o período de transição.

Foram priorizados trabalhos que descreveram mecanismos de ação dos aditivos e sua relação com a modulação da resposta imune inata, a redução de marcadores inflamatórios e de estresse oxidativo, bem como a melhoria da função hepática e do metabolismo energético. Além disso, foram analisados estudos que avaliaram o impacto desses aditivos sobre indicadores de bem-estar animal, como comportamento ingestivo, tempo de ruminação e parâmetros fisiológicos associados ao estresse.

A análise dos dados foi realizada de forma qualitativa e descritiva, por meio da comparação e integração dos resultados disponíveis na literatura, buscando identificar convergências, divergências e lacunas de conhecimento sobre o tema. Os achados

foram discutidos de acordo com a fisiologia dos ruminantes e com os conceitos atuais relacionados ao eixo digestivo–metabólico–imunológico, permitindo uma compreensão mais ampla dos efeitos dos aditivos imunoestimulantes ao longo do ciclo produtivo.

Por fim, a revisão buscou avaliar as evidências científicas disponíveis acerca da utilização de aditivos imunoestimulantes na alimentação de bovinos, enfatizando seus mecanismos de ação, benefícios, limitações e aplicações nos sistemas de produção.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A bovinocultura no Brasil

O Brasil possui um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, com predominância da bovinocultura de corte baseada em sistemas extensivos, embora sistemas semi-intensivos e intensivos tenham apresentado crescimento nas últimas décadas devido à necessidade de maior eficiência produtiva, redução da idade ao abate e intensificação do uso de áreas de produção. Atualmente há um crescimento contínuo do efetivo bovino nacional, ultrapassando 230 milhões de cabeças, com forte participação dos estados do Centro-Oeste, Sudeste e Norte na cadeia pecuária. A intensificação dos sistemas produtivos tem sido acompanhada por mudanças no manejo nutricional e sanitário, exigindo estratégias capazes de manter desempenho zootécnico e homeostase fisiológica dos animais em diferentes ambientes produtivos (Queiroz *et al.*, 2004; Arrigoni *et al.*, 2017; IBGE, 2023)

Na bovinocultura de corte brasileira, a raça zebuína nelore apresenta ampla predominância em função da elevada adaptação às condições tropicais, rusticidade, resistência relativa a ectoparasitas, capacidade de utilização de forragens fibrosas e tolerância ao estresse térmico. Entretanto, visando melhorias na qualidade de carcaça, precocidade e acabamento, tornou-se frequente o emprego do cruzamento industrial entre vacas Nelore e touros da raça Aberdeen Angus, produzindo animais mestiços que associam heterose, maior ganho médio diário e melhor eficiência de terminação, especialmente em sistemas intensivos e de confinamento. Na produção leiteira tropical, a raça Girolando consolidou-se pela combinação da rusticidade do Gir com o potencial produtivo do Holandês, favorecendo desempenho em ambientes de elevada temperatura e manejo a pasto (Miranda, 2017; Vieira, 2016; Queiroz *et al.*, 2004).

O aumento da intensificação produtiva trouxe consigo desafios sanitários relevantes, particularmente em sistemas confinados, nos quais densidade animal elevada, maior concentração de poeira, mudanças abruptas na dieta e estresse metabólico podem favorecer alterações ruminais, imunossupressão e maior ocorrência de enfermidades respiratórias e digestivas. Em confinamentos bovinos, distúrbios metabólicos como acidose ruminal subaguda, laminite, redução do

consumo e alterações inflamatórias intestinais são frequentemente associados ao fornecimento de dietas altamente energéticas, podendo comprometer ganho de peso e eficiência alimentar. Paralelamente, em sistemas extensivos, enfermidades parasitárias, tristeza parasitária bovina, verminoses e desafios associados ao clima podem interferir na resposta imune e no desempenho animal (Queiroz *et al.*, 2004; Miranda, 2017; Carvalho, 2022).

Tristeza parasitária bovina é causada por *Babesia bovis*, *Babesia bigemina* e *Anaplasma marginale*. (Lemos *et al.*, 2022, p. 1).

A ocorrência desses desafios sanitários está diretamente relacionada a perdas produtivas e econômicas, manifestadas pela redução do ganho médio diário, pior conversão alimentar, menor desempenho reprodutivo, aumento do descarte involuntário e elevação dos custos veterinários. Em vacas leiteiras, processos infecciosos e inflamatórios estão associados à redução da eficiência metabólica e menor persistência da lactação, enquanto em bovinos de corte submetidos a estresse nutricional observa-se comprometimento do desempenho e alterações fisiológicas capazes de reduzir o aproveitamento dos nutrientes ingeridos. Dessa forma, programas de manejo sanitário, nutrição balanceada e modulação imunológica têm sido incorporados às estratégias produtivas modernas (Vieira, 2016; Miranda, 2017; Carvalho, 2022).

A utilização de estratégias nutricionais voltadas à modulação da resposta imune em bovinos tornou-se tema crescente na bovinocultura moderna, especialmente em sistemas intensivos e semi-intensivos, nos quais desafios sanitários, metabólicos e ambientais podem comprometer o desempenho produtivo. Em bovinos confinados, alterações decorrentes do estresse, do alto consumo de concentrados e da instabilidade fermentativa do rúmen podem favorecer processos inflamatórios, redução do consumo e maior suscetibilidade a enfermidades respiratórias e digestivas. Nesse cenário, aditivos nutricionais passaram a ser estudados não apenas pelo potencial zootécnico, mas também por sua participação indireta na homeostase imunológica, integridade intestinal e estabilidade metabólica (Queiroz *et al.*, 2004; Gattass *et al.*, 2008).

Entre os aditivos de maior interesse destacam-se culturas de leveduras e seus derivados, especialmente produtos oriundos de *Saccharomyces cerevisiae*, cuja utilização tem sido relacionada ao equilíbrio do ambiente ruminal, melhoria da digestibilidade dos nutrientes e maior eficiência fermentativa. Estudos envolvendo

bovinos confinados demonstraram que a suplementação com cultura de levedura pode influenciar positivamente parâmetros digestivos, consumo e desempenho animal, sobretudo em dietas com elevada proporção de concentrado, nas quais alterações do pH ruminal representam fator limitante à saúde digestiva. Além disso, investigações conduzidas por grupos ligados à ESALQ e UNESP apontam benefícios relacionados ao aproveitamento nutricional e à estabilidade ruminal em diferentes categorias bovinas (Queiroz *et al.*, 2004; Gattass *et al.*, 2008; Zeoula *et al.*, 2011).

No caso específico dos bovinos leiteiros, particularmente animais mestiços adaptados ao clima tropical como o Girolando, estratégias alimentares que preservem a saúde metabólica tornam-se ainda mais relevantes devido ao desafio fisiológico imposto pela lactação. Estudos realizados com vacas em lactação demonstraram que dietas suplementadas com levedura viva podem contribuir para maior eficiência alimentar e estabilidade digestiva, favorecendo o metabolismo energético e reduzindo oscilações fermentativas associadas a dietas ricas em amido. Em sistemas leiteiros, tais respostas são frequentemente relacionadas à menor predisposição a transtornos metabólicos e à manutenção do desempenho produtivo sob condições ambientais desafiadoras (Queiroz *et al.*, 2004; ZEOULA *et al.*, 2011).

Os β -glucanos, constituintes estruturais da parede celular de leveduras, também têm despertado interesse por seu potencial imunomodulador, sobretudo pela capacidade de interação com células da imunidade inata, incluindo macrófagos, neutrófilos e células dendríticas. Embora a magnitude dos efeitos dependa da dose, categoria animal, desafio sanitário e formulação utilizada, evidências sugerem que tais compostos podem contribuir para fortalecimento das barreiras fisiológicas e modulação de respostas inflamatórias, especialmente em animais submetidos a maior pressão infecciosa ou estresse metabólico. Em bovinos confinados, tais efeitos podem ser relevantes para reduzir impactos indiretos decorrentes de acidose subclínica, alterações intestinais e comprometimento do aproveitamento de nutrientes (Gattass *et al.*, 2008; Queiroz *et al.*, 2004).

Além das leveduras e β -glucanos, probióticos, prebióticos e minerais orgânicos vêm sendo empregados como estratégias complementares visando maior equilíbrio da microbiota digestiva e suporte imunometabólico. Minerais como zinco, cobre, manganês e selênio apresentam funções relevantes na atividade antioxidante, integridade tecidual e resposta imune, sendo particularmente importantes em sistemas intensivos, nos quais desafios oxidativos e inflamatórios tendem a ser mais

frequentes. A combinação entre nutrição adequada, manejo sanitário e suplementação funcional tem sido descrita como ferramenta importante para manutenção do desempenho em bovinos Nelore, mestiços Angus × Nelore e Girolando criados sob diferentes sistemas produtivos (Zeoula *et al.*, 2011; Queiroz *et al.*, 2004).

Os desafios sanitários na bovinocultura variam conforme o sistema de produção empregado, densidade animal, manejo nutricional e condições ambientais. Em sistemas intensivos de bovinos de corte, especialmente confinamentos com animais Nelore e cruzamentos industriais Angus × Nelore, enfermidades respiratórias, acidose ruminal subclínica, laminite, abscessos hepáticos e alterações inflamatórias intestinais figuram entre os principais entraves produtivos. Já em sistemas extensivos, particularmente em regiões tropicais, destacam-se parasitoses gastrointestinais, tristeza parasitária bovina e enfermidades transmitidas por carrapatos, capazes de reduzir desempenho zootécnico e eficiência reprodutiva. Em vacas Girolando, além de enfermidades infecciosas, o estresse térmico e os transtornos metabólicos do período de transição representam fatores predisponentes à imunossupressão e queda produtiva (Pires *et al.*, 2013; Bisinotto *et al.*, 2012; Baruselli *et al.*, 2019).

A doença respiratória bovina (DRB) constitui uma das principais causas de perdas econômicas em bovinos confinados, sendo frequentemente associada ao estresse de transporte, mudanças alimentares abruptas, elevada densidade populacional e desafios imunológicos decorrentes da adaptação ao confinamento. A enfermidade envolve agentes virais e bacterianos oportunistas, resultando em redução do ganho médio diário, aumento do uso de antimicrobianos e comprometimento da eficiência produtiva. Estudos realizados em bovinos de corte indicam que animais submetidos a maior desafio sanitário apresentam alterações hematológicas, inflamatórias e imunológicas capazes de comprometer desempenho produtivo, tornando estratégias nutricionais de suporte imunológico particularmente relevantes (Duff; Galyean, 2007; Taylor *et al.*, 2010; Cooke, 2017).

Em sistemas leiteiros, a mastite permanece entre as enfermidades de maior impacto econômico devido às perdas associadas à redução da produção de leite, descarte de animais, aumento do custo terapêutico e alterações na composição do leite. Em vacas mestiças adaptadas ao clima tropical, como o Girolando, fatores ambientais, nutricionais e imunológicos podem influenciar diretamente a suscetibilidade à doença. A deficiência de micronutrientes antioxidantes,

especialmente selênio, zinco e cobre, tem sido relacionada ao comprometimento da atividade de neutrófilos e maior susceptibilidade a processos inflamatórios mamários, justificando o interesse por estratégias nutricionais complementares voltadas à imunocompetência (Sordillo, 2016; Machado *et al.*, 2013; Spears; Weiss, 2008).

A tristeza parasitária bovina, enfermidade causada principalmente por *Babesia bovis*, *Babesia bigemina* e *Anaplasma marginale*, representa importante desafio sanitário em bovinos criados a pasto no Brasil, sobretudo em animais jovens, cruzamentos industriais e categorias submetidas ao estresse de manejo ou transporte. A infecção pode provocar febre, anemia, queda do desempenho, alterações reprodutivas e mortalidade, comprometendo a eficiência econômica dos sistemas produtivos. Em animais geneticamente adaptados, como o Nelore, observa-se maior rusticidade frente ao ambiente tropical; entretanto, alterações imunológicas e nutricionais ainda exercem influência sobre resistência e recuperação clínica dos animais infectados (Kessler *et al.*, 1998; Madruga *et al.*, 2001; Barros; Figuera, 2008).

Entre os distúrbios metabólicos mais frequentemente observados em confinamentos, a acidose ruminal subaguda merece destaque por estar relacionada à ingestão excessiva de carboidratos rapidamente fermentáveis e menor teor efetivo de fibra nas dietas. Esse distúrbio pode desencadear inflamação sistêmica, redução do consumo voluntário, lesões ruminais e predisposição a laminite, além de reduzir a eficiência alimentar. Estudos conduzidos com bovinos confinados sugerem que a utilização de leveduras vivas e aditivos prebióticos pode favorecer maior estabilidade do ambiente ruminal, melhor digestibilidade e redução da amplitude das oscilações do pH, minimizando impactos fisiológicos decorrentes de dietas intensivas (Owens *et al.*, 1998; Queiroz *et al.*, 2004; Gattass *et al.*, 2008).

Nesse contexto, a imunomodulação via alimentação vem sendo estudada como estratégia complementar ao manejo sanitário convencional, especialmente por meio do uso de β -glucanos, mananoligossacarídeos (MOS), probióticos e minerais orgânicos. Os β -glucanos oriundos da parede celular de *S. cerevisiae* podem estimular células da imunidade inata, incluindo macrófagos e neutrófilos, favorecendo respostas mais eficientes frente a desafios infecciosos. Simultaneamente, MOS e probióticos contribuem para manutenção da integridade intestinal, equilíbrio microbiano e melhora do aproveitamento de nutrientes, reduzindo consequências fisiológicas do estresse sanitário e metabólico em bovinos de corte e leite (Spring *et al.*, 2015; Cooke, 2017).

Além disso, minerais traço como zinco, cobre, manganês e selênio desempenham funções essenciais na resposta antioxidante, integridade epitelial e modulação da imunidade adaptativa, influenciando diretamente resistência a enfermidades infecciosas e desempenho produtivo. A suplementação adequada desses elementos, associada ao manejo sanitário, biossegurança e nutrição balanceada, constitui ferramenta importante para manutenção da produtividade em bovinos Nelore, mestiços Angus × Nelore e Girolando submetidos aos desafios impostos pelos sistemas extensivos e intensivos de criação (Spears; Weiss, 2008; Machado *et al.*; 2013; Sordillo, 2016).

Dessa forma, a combinação entre manejo sanitário adequado, biossegurança, vacinação, ambiência e estratégias nutricionais imunomoduladoras representa abordagem promissora para redução dos impactos produtivos causados por enfermidades nos sistemas bovinos brasileiros. Em animais Nelore, cruzamentos industriais Angus × Nelore e vacas Girolando, tais estratégias podem contribuir para maior resiliência frente aos desafios sanitários característicos dos sistemas extensivos e intensivos, favorecendo manutenção do desempenho produtivo, eficiência reprodutiva e sustentabilidade econômica da atividade pecuária (Cooke, 2017; ; Sordillo, 2016; Baruselli *et al.*, 2019).

4.2 Sistema imunológico em bovinos

A resposta imunológica dos bovinos pode ser dividida em imunidade inata e adaptativa, ambas essenciais para manutenção da homeostase e resistência frente aos desafios sanitários dos sistemas produtivos. A imunidade inata atua como primeira linha de defesa, envolvendo barreiras físicas, fagocitose, atividade de macrófagos, neutrófilos e liberação de mediadores inflamatórios, enquanto a imunidade adaptativa é caracterizada pela especificidade antigênica e memória imunológica, sendo mediada principalmente por linfócitos T e B. Em bovinos submetidos a estresse térmico, nutricional ou sanitário, alterações nessas vias podem resultar em maior susceptibilidade a enfermidades infecciosas e redução do desempenho produtivo, justificando o interesse por estratégias nutricionais capazes

de modular positivamente tais mecanismos (Abbas; Lichtman; Pillai, 2019; Sordillo, 2016; Chase *et al.*, 2008).

O sistema imunológico dos bovinos é responsável pela proteção do organismo contra agentes infecciosos, como bactérias, vírus, fungos e parasitas. Esse sistema é dividido em imunidade inata e imunidade adaptativa. A imunidade inata representa a primeira barreira de defesa do organismo, atuando de maneira rápida e inespecífica por meio da pele, mucosas, células fagocitárias e substâncias inflamatórias. Já a imunidade adaptativa possui ação mais específica e é caracterizada pela capacidade de reconhecer antígenos e desenvolver memória imunológica, sendo mediada principalmente pelos linfócitos T e B (Tizard, 2014).

A eficiência da resposta imunológica dos bovinos é influenciada por diversos fatores, dentre os quais se destacam o estado nutricional, a idade dos animais, as condições ambientais, o manejo sanitário adotado e os níveis de estresse aos quais os animais são submetidos. Alterações em qualquer um desses fatores pode comprometer o funcionamento adequado do sistema imunológico, aumentando a susceptibilidade a enfermidades infecciosas e parasitárias. Como consequência, observa-se redução no desempenho produtivo, prejuízos reprodutivos, aumento dos custos com tratamentos e maiores perdas econômicas nos sistemas de produção. Nesse contexto, a adoção de estratégias nutricionais capazes de fortalecer as defesas naturais dos animais tem despertado crescente interesse, destacando-se o uso de aditivos imunoestimulantes como uma alternativa promissora para promover a saúde, melhorar a resistência a doenças e contribuir para a sustentabilidade da bovinocultura moderna.

Diante disso, ainda existem lacunas científicas importantes relacionadas à definição de doses ideais, combinações entre aditivos, duração de suplementação e respostas específicas em diferentes categorias bovinas criadas sob condições tropicais. Estudos futuros envolvendo Nelore, mestiços Angus × Nelore e Girolando podem contribuir para melhor compreensão dos mecanismos imunometabólicos associados ao uso de β -glucanos, MOS, probióticos e minerais orgânicos, particularmente em condições de desafio sanitário frequente, confinamento, estresse térmico e períodos críticos do ciclo produtivo. Além disso, investigações que associem biomarcadores imunológicos, microbiota ruminal, desempenho produtivo e eficiência reprodutiva poderão ampliar a compreensão sobre a real magnitude dos efeitos

desses compostos na bovinocultura nacional (Cooke, 2017; Spears; Weiss, 2008; Sordillo, 2016).

4.3 Nutrição e Aditivos Imunoestimulantes

A nutrição exerce influência direta sobre o funcionamento do sistema imunológico, uma vez que os nutrientes são essenciais para a formação, manutenção e atividade das células de defesa. Proteínas, aminoácidos, vitaminas e minerais participam de processos metabólicos relacionados à resposta inflamatória, produção de anticorpos e atividade antioxidante. As proteínas têm um papel crucial na formação e na manutenção dos tecidos corporais, síntese muscular, síntese hormonal, produção de leite e componentes de sistema imunológico. Em ruminantes, entretanto, a utilização proteica apresenta particularidades metabólicas, pois parte da proteína ingerida é inicialmente degradada pela microbiota ruminal antes de ser absorvida pelo animal. Esse processo permite a síntese de proteína microbiana, considerada uma das principais fontes de aminoácidos metabolizáveis para bovinos, especialmente em sistemas de produção leiteira e de corte intensivos (Celi, *et al.*, 2017; Plaizier *et al.*, 2018).

Nos bovinos, a proteína dietética é dividida em proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR). A fração degradável fornece nitrogênio para crescimento microbiano, favorecendo fermentação ruminal e digestibilidade dos nutrientes, enquanto a proteína não degradável contribui para o fornecimento direto de aminoácidos absorvidos no intestino delgado. Pesquisadores da Universidade de São Paulo demonstram que o balanceamento adequado entre proteína degradável e metabolizável melhora o desempenho produtivo, principalmente em vacas leiteiras de alta exigência nutricional, influenciando síntese de leite, metabolismo energético e eficiência alimentar (Imaizumi *et al.*, 2010).

Além da função estrutural, proteínas são essenciais para produção de anticorpos e imunoglobulinas. Em bezerros, por exemplo, pesquisas demonstraram que a adequada transferência de imunidade passiva pelo colostro está associada às concentrações séricas de proteínas totais e imunoglobulina G, evidenciando a relação

direta entre metabolismo proteico e competência imunológica em animais jovens (Pauletti *et al.*, 2003).

A deficiência proteica em bovinos está frequentemente relacionada ao menor crescimento corporal, atraso do desenvolvimento muscular, redução da fertilidade, diminuição do ganho de peso e queda da produção leiteira. Em sistemas baseados exclusivamente em pastagens tropicais, principalmente durante o período seco, é comum ocorrer baixa disponibilidade de proteína bruta, reduzindo a atividade dos microrganismos ruminais e comprometendo digestibilidade e consumo voluntário da dieta (Calder, P. C, 2013; Leite *et al.*, 2019).

Além dos efeitos produtivos, a deficiência prolongada de proteína pode reduzir a resistência imunológica, aumentar susceptibilidade a doenças infecciosas e diminuir a eficiência reprodutiva, uma vez que aminoácidos são indispensáveis para síntese hormonal e renovação celular. Em vacas leiteiras, inadequações proteicas frequentemente resultam em redução do teor de proteína do leite e menor persistência da lactação (Imaizumi *et al.*, 2010).

Por outro lado, o excesso de proteína dietética também apresenta consequências metabólicas negativas. Quando há fornecimento acima da exigência fisiológica, ocorre maior produção de amônia no rúmen, exigindo sua conversão hepática em ureia para eliminação. Esse processo aumenta o custo energético metabólico do animal e reduz a eficiência do uso do nitrogênio. Estudos indicam que dietas hiperproteicas podem aumentar a excreção urinária de nitrogênio sem ganhos proporcionais em produtividade, elevando custos alimentares e impactos ambientais associados à pecuária (Imaizumi *et al.*, 2010).

Os aminoácidos, por sua vez, representam as unidades estruturais das proteínas e exercem papel essencial na síntese muscular, crescimento, reprodução e produção de leite. Aminoácidos essenciais, como lisina e metionina, são frequentemente considerados limitantes em bovinos leiteiros de alta produção, pois participam diretamente da síntese proteica mamária e do metabolismo energético (Matos, 2009).

Já as vitaminas e minerais exercem funções indispensáveis na manutenção da homeostase, desempenho produtivo, crescimento, imunidade, metabolismo energético e reprodução dos bovinos. Embora requeridos em menores quantidades quando comparados aos macronutrientes, sua deficiência ou suplementação inadequada pode resultar em importantes perdas produtivas e sanitárias. Em bovinos,

esses nutrientes participam diretamente da atividade enzimática, síntese hormonal, integridade celular, metabolismo ósseo, função muscular e resistência imunológica, sendo considerados fundamentais para expressão do potencial produtivo dos animais (Peixoto *et al.*, 2005).

Dietas deficientes prejudicam a capacidade de defesa dos ruminantes, enquanto uma alimentação bem planejada fortalece a saúde imune e eleva a produtividade animal. O fornecimento adequado de micronutrientes como zinco, cobre, cobalto, cromo, selênio e vitamina E protege o gado contra enfermidades frequentes, a exemplo de infecções respiratórias e mastites. Esses elementos atuam diretamente na melhora da resposta imune inata e adaptativa. Da mesma forma, o uso de antioxidantes como a vitamina A é capaz de diminuir o estresse oxidativo celular. Esse suporte vitamínico e mineral torna-se ainda mais indispensável em plantéis de ovinos, caprinos e bovinos de alta performance (Tizard, 2025).

As vitaminas desempenham funções essenciais no metabolismo, crescimento, reprodução e manutenção da saúde dos bovinos. Embora os ruminantes sejam capazes de sintetizar parte das vitaminas hidrossolúveis, especialmente as do complexo B e a vitamina K, por meio da microbiota ruminal, as vitaminas lipossolúveis A, D e E requerem maior atenção nutricional. A vitamina A está relacionada à manutenção da integridade dos tecidos epiteliais, ao desenvolvimento corporal e à resposta imunológica, enquanto a vitamina D participa da regulação do metabolismo de cálcio e fósforo, sendo indispensável para a formação e manutenção do tecido ósseo. Já a vitamina E exerce importante função antioxidante, protegendo as células contra danos oxidativos e contribuindo para o adequado funcionamento do sistema imunológico e reprodutivo dos animais. Deficiências dessas vitaminas podem comprometer a saúde, o desempenho produtivo e a resistência dos bovinos a enfermidades (Ortolani, 2002; Palomares, 2022; Okoren *et al.*, 2023; Corbett, 2023; Marques *et al.*, 2016).

Os minerais também desempenham papel fundamental em diversos processos fisiológicos, sendo classificados em macrominerais e microminerais. Elementos como cálcio, fósforo, magnésio e sódio participam da formação óssea, contração muscular, transmissão nervosa e manutenção do equilíbrio metabólico, enquanto zinco, cobre, selênio e iodo estão diretamente relacionados à imunidade, reprodução, crescimento e proteção antioxidante (Peixoto *et al.*, 2005). Deficiências minerais podem resultar em alterações metabólicas, redução do desempenho produtivo e reprodutivo, além de

maior susceptibilidade a doenças, ao passo que o fornecimento excessivo de determinados minerais pode provocar intoxicações e desequilíbrios nutricionais (Pilati *et al.*, 1996; Tokarnia *et al.*, 2010; Malafaia *et al.*, 2014). Dessa forma, a adequada suplementação vitamínica e mineral constitui uma importante estratégia para a manutenção da saúde e da produtividade dos rebanhos bovinos.

Assim vemos que as deficiências nutricionais podem comprometer a resistência do organismo, favorecendo quadros de imunossupressão e maior incidência de doenças. Em contrapartida, dietas balanceadas contribuem para a manutenção da saúde e melhor capacidade de resposta frente aos desafios sanitários. Segundo Calder, P. C (2013), a suplementação adequada favorece a eficiência imunológica e reduz os impactos negativos causados por infecções e estresse metabólico.

Além dos nutrientes tradicionalmente utilizados para atender às exigências de manutenção e produção, alguns componentes específicos da dieta apresentam propriedades imunomoduladoras, sendo capazes de influenciar a resposta imune dos animais e contribuir para a manutenção da saúde. Entre esses compostos destacam-se os β -glucanos, polissacarídeos naturais encontrados principalmente na parede celular de leveduras, fungos e cereais. Na bovinocultura, a fonte mais utilizada é o β -glucano derivado da parede celular de *S. cerevisiae*, geralmente fornecido como aditivo funcional incorporado ao concentrado ou ao sucedâneo lácteo, especialmente para bezerros. Esses compostos são reconhecidos por estimular mecanismos da imunidade inata, promovendo a ativação de macrófagos, neutrófilos e outras células de defesa, além de favorecer a saúde intestinal e a resistência dos animais frente aos desafios sanitários (Tian *et al.*, 2021; Luo *et al.*, 2022).

Estudos recentes têm demonstrado resultados promissores quanto ao potencial imunomodulador dos β -glucanos em bovinos. Em um estudo de dose-resposta conduzido com bezerros leiteiros, observou-se aumento numérico da atividade fagocitária em animais suplementados com doses mais elevadas de β -glucano, sugerindo possível fortalecimento da resposta imune. Entretanto, os autores ressaltam que a interpretação desses resultados deve ser realizada de forma integrada, considerando simultaneamente parâmetros de expressão gênica, quantificação celular, análises bioquímicas e avaliações imunohistoquímicas, uma vez que a análise isolada de um único indicador pode não refletir adequadamente a complexidade da resposta imunológica e levar a interpretações equivocadas dos efeitos biológicos observados (Esteves *et al.*, 2024).

4.4 Probióticos e prebióticos

O ecossistema digestivo de ruminantes domésticos — como bovinos, caprinos e ovinos — abriga uma vasta e complexa população de microrganismos, incluindo fungos, vírus, arqueas, protozoários e bactérias, que desempenham um papel vital na degradação e fermentação de carboidratos complexos da dieta. No caso de vacas leiteiras, o ambiente ruminal concentra bilhões de agentes microscópicos, divididos entre grupos metabólicos específicos (como *Prevotella*, *Selenomonas* e *Lactobacillus*) e bactérias estritamente celulolíticas (a exemplo de *Fibrobacter* e *Ruminococcus*), cuja estabilidade e equilíbrio populacional impactam diretamente a eficiência alimentar e o bem-estar sistêmico do hospedeiro. Como essa composição microbiana sofre variações individuais influenciadas pela idade, sanidade e ambiente, a ciência tem investigado intensamente o uso de probióticos para estabilizar a microbiota gastrointestinal, consolidando esses microrganismos benéficos como uma alternativa promissora à substituição de antibióticos na pecuária (Ley *et al.*, 2008; Stover *et al.*, 2015; Mackie *et al.*, 2000).

Os probióticos consistem em microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, proporcionam benefícios à saúde do hospedeiro. Em bovinos, esses aditivos atuam principalmente no equilíbrio da microbiota ruminal e intestinal, favorecendo a digestibilidade dos nutrientes e contribuindo para o fortalecimento do sistema imunológico. Definidos como agentes microbianos vivos que promovem o bem-estar orgânico quando fornecidos em dosagens apropriadas, os probióticos têm nos gêneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus* e *Streptococcus* os seus representantes mais expressivos na atualidade. A incorporação desses microrganismos na dieta de rebanhos otimiza a conversão alimentar, eleva a digestibilidade da ração, reduz os índices de colesterol na corrente sanguínea e mitiga episódios diarreicos (Alayande *et al.*, 2020).

Estudos demonstram que esses microrganismos podem favorecer a digestibilidade dos alimentos, especialmente da fração fibrosa, auxiliar na manutenção do pH ruminal e melhorar o aproveitamento dos nutrientes ingeridos. Em sistemas de confinamento, nos quais predominam dietas com elevados níveis de concentrado, a suplementação com probióticos pode reduzir a ocorrência de distúrbios metabólicos,

como a acidose ruminal subclínica, além de minimizar processos inflamatórios associados ao epitélio ruminal. Como resultado, observa-se potencial melhoria no desempenho produtivo, na eficiência alimentar e na resistência dos animais frente aos desafios sanitários e metabólicos característicos desses sistemas de produção (Krehbiel *et al.*, 2003; Gattass *et al.*, 2008; Nocek *et al.*, 2011; Uyeno; Shigemori; Shimosato, 2015).

O uso de aditivos biológicos na nutrição de ruminantes tem demonstrado resultados sólidos no desempenho e na sanidade animal em diferentes fases produtivas. Em animais jovens, a suplementação com *Lactobacillus casei* ssp. *casei* ou com um complexo probiótico composto por seis espécies de *Lactobacillus* favorece o desenvolvimento zootécnico de bezerros ao impulsionar o ganho de peso, mitigar os episódios de diarreia e reduzir drasticamente a carga de coliformes fecais no trato intestinal (Hasunuma *et al.*, 2011; Timmerman *et al.*, 2005). No gado de corte, tanto o fornecimento de bactérias ligadas ao metabolismo do lactato quanto a inclusão de leveduras vivas atuam diretamente na eficiência alimentar, promovendo um incremento no ganho médio diário — que chega a atingir 2,5% —, além de otimizar o peso final, o consumo de matéria seca e a conversão da dieta (Krehbiel; Rust; Zhang; Gilliland, 2003). Esse impacto metabólico estende-se às vacas leiteiras, nas quais a suplementação com leveduras melhora o ambiente ruminal por meio da redução da acidose, o que se traduz em maior eficiência alimentar, além de um aumento expressivo no volume e na qualidade do leite produzido (Stein *et al.*, 2006; Poppy *et al.*, 2012).

Já os prebióticos são compostos não digeríveis que estimulam seletivamente o crescimento de microrganismos benéficos no trato gastrointestinal. Os mananoligossacarídeos (MOS) vêm sendo empregados como prebióticos capazes de favorecer o equilíbrio da microbiota intestinal e reduzir a adesão de microrganismos potencialmente patogênicos à mucosa gastrointestinal. Em ruminantes, a manutenção da integridade intestinal apresenta relação direta com eficiência digestiva, absorção de nutrientes e menor ativação inflamatória sistêmica, fatores que influenciam diretamente desempenho zootécnico e eficiência alimentar. Estudos com aditivos derivados de leveduras demonstram potencial de melhora no ambiente digestivo e redução dos efeitos negativos provocados por desafios alimentares intensivos, especialmente durante períodos de transição alimentar e confinamento (Spring *et al.*, 2000; Gattass *et al.*, 2008; Queiroz *et al.*, 2004).

Estudos sugerem que os prebióticos podem auxiliar na redução de distúrbios digestivos e na manutenção da saúde intestinal em períodos de elevado desafio fisiológico, incluindo adaptação ao confinamento, desmame e transição alimentar. Em bovinos de corte submetidos a dietas altamente fermentáveis, tais mecanismos tornam-se particularmente relevantes pela associação entre saúde intestinal, digestibilidade e resposta imune sistêmica (Krehbiel *et al.*, 2003; Nocek *et al.*, 2011). A utilização conjunta de probióticos e prebióticos, conhecida como simbióticos, pode potencializar seus efeitos positivos sobre a saúde animal. Esses aditivos contribuem para o aumento da produção de anticorpos, melhora da integridade intestinal e maior resistência dos bovinos frente a infecções e desafios sanitários (Celi *et al.*, 2017; Plaizier *et al.*, 2018).

4.5 Leveduras e derivados de leveduras

As leveduras são amplamente empregadas na alimentação de ruminantes, destacando-se principalmente a espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Esses microrganismos auxiliam na estabilização do ambiente ruminal, favorecendo o crescimento de bactérias benéficas e aumentando a eficiência da digestão das fibras. Além dos benefícios digestivos, as leveduras também apresentam ação imunomoduladora, estimulando mecanismos de defesa do organismo.

A suplementação com leveduras pode aumentar a atividade fagocitária das células imunes e melhorar a resistência dos animais a situações de estresse e enfermidades (Mcallister *et al.*, 2011; Seo *et al.*, 2010; Alugongo *et al.*, 2017).

No caso específico das culturas de leveduras e derivados de *S. cerevisiae*, a literatura sugere maior consistência de respostas relacionadas à estabilidade fermentativa do rúmen, digestibilidade e eficiência alimentar, especialmente em dietas contendo elevados níveis de concentrado. Em bovinos confinados, esses compostos podem auxiliar na manutenção do pH ruminal e reduzir oscilações metabólicas associadas à acidose subclínica, favorecendo maior estabilidade fisiológica. Entretanto, a magnitude das respostas produtivas varia entre estudos, podendo ser influenciada por dose, linhagem microbiana utilizada, formulação comercial, composição da dieta e duração do período experimental, demonstrando que os efeitos

não são uniformes em todos os sistemas de criação (Gattass *et al.*, 2008; Queiroz *et al.*, 2004; Uyeno; Shigemori; Shimosato, 2015).

Os aditivos microbianos ainda podem contribuir para melhor aproveitamento dos nutrientes e redução de distúrbios metabólicos em sistemas intensivos de produção. Nesse contexto, os β -glucanos derivados da parede celular de *S. cerevisiae* têm sido investigados devido à sua capacidade de interação com receptores presentes em macrófagos, neutrófilos e células dendríticas, favorecendo maior ativação da imunidade inata e potencial ampliação da capacidade de resposta frente a agentes infecciosos. Em bovinos, embora a magnitude dos efeitos varie conforme categoria animal, dose e condição fisiológica, evidências sugerem que esses compostos podem contribuir para melhora da competência imunológica e redução de efeitos negativos associados ao estresse metabólico, particularmente em sistemas intensivos de produção e fases críticas do ciclo produtivo (Volman *et al.*, 2008; Cooke, 2017; Franklin *et al.*, 2005).

Em bovinos submetidos a situações de estresse fisiológico, como transporte, adaptação alimentar, confinamento ou período de transição lactacional, esses compostos podem exercer papel complementar na manutenção da competência imunológica, ainda que seus efeitos dependam da formulação, dose e interação com fatores nutricionais e sanitários do sistema produtivo (Volman *et al.*, 2008; Cooke, 2017; Chase *et al.*, 2008).

De maneira semelhante, os β -glucanos apresentam resultados promissores quanto à estimulação da imunidade inata, sobretudo por mecanismos associados à ativação de macrófagos, neutrófilos e modulação de mediadores inflamatórios. Contudo, parte dos estudos demonstra heterogeneidade dos resultados, principalmente em bovinos adultos submetidos a desafios sanitários moderados, nos quais a resposta imunológica basal já se encontra relativamente eficiente. Assim, diversos autores destacam que os efeitos imunomoduladores tendem a ser mais evidentes em situações de maior estresse fisiológico, transição alimentar, desafio infeccioso, desmame, transporte ou elevada pressão metabólica, reforçando a necessidade de contextualização do uso desses aditivos conforme o sistema produtivo (Volman *et al.*, 2008; Franklin *et al.*, 2005; Chase *et al.*, 2008).

4.6 Minerais e vitaminas na imunidade

Minerais e vitaminas desempenham funções essenciais no metabolismo e na resposta imunológica dos bovinos. O zinco participa da atividade de diversas enzimas relacionadas à integridade celular e à defesa imunológica. O selênio atua como importante antioxidante, protegendo as células contra danos oxidativos, enquanto o cobre está associado à atividade enzimática e ao funcionamento adequado do sistema imune. A deficiência desses nutrientes pode comprometer significativamente a capacidade de defesa dos animais e aumentar a incidência de doenças infecciosas. Entre as vitaminas, destacam-se as vitaminas A, D e E. A vitamina A auxilia na manutenção das mucosas e da integridade epitelial, funcionando como barreira contra microrganismos. A vitamina D participa da modulação da resposta inflamatória, enquanto a vitamina E possui forte ação antioxidante, reduzindo danos celulares causados pelos radicais livres (Tizard, 2014).

Os minerais orgânicos, particularmente zinco, cobre, manganês e selênio, também desempenham funções centrais na imunocompetência bovina. O selênio participa de mecanismos antioxidantes relacionados à atividade da glutathione peroxidase, reduzindo danos celulares associados ao estresse oxidativo, enquanto zinco e cobre apresentam papel importante na função de células imunes e integridade tecidual. Em vacas leiteiras, especialmente no período de transição, a adequada suplementação mineral tem sido relacionada à melhora do estado imunológico e redução da susceptibilidade a enfermidades metabólicas e infecciosas, incluindo mastite e retenção de placenta (Spears; Weiss, 2008; Sordillo; Aitken, 2009; Machado *et al.*, 2013).

Nos ruminantes, algumas vitaminas hidrossolúveis, especialmente aquelas pertencentes ao complexo B e vitamina K, podem ser sintetizadas pela microbiota ruminal em condições adequadas de fermentação. Entretanto, vitaminas lipossolúveis, particularmente A, D e E, merecem maior atenção nutricional, pois exercem funções metabólicas essenciais relacionadas ao crescimento, fertilidade, integridade tecidual e defesa antioxidante (Marques *et al.*, 2016).

A vitamina A desempenha papel fundamental na manutenção da integridade dos tecidos epiteliais, reprodução, crescimento corporal e resposta imune. Seu mecanismo de ação está associado à diferenciação celular, regulação gênica e manutenção das superfícies epiteliais, incluindo trato respiratório, digestório e

reprodutivo. Estudos da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo indicam que sua deficiência pode reduzir eficiência reprodutiva, aumentar susceptibilidade a enfermidades e provocar alterações oculares, incluindo cegueira noturna, atraso no crescimento e pior desempenho produtivo (Ortolani, 2002).

A vitamina D atua diretamente no metabolismo mineral, regulando absorção intestinal de cálcio e fósforo e contribuindo para mineralização óssea. Em bovinos leiteiros, seu papel torna-se ainda mais importante no período de transição, quando há elevada demanda por cálcio para síntese de leite. A deficiência dessa vitamina favorece raquitismo em animais jovens, osteomalácia em adultos e maior predisposição a distúrbios locomotores e metabólicos. Em contrapartida, excesso prolongado pode resultar em calcificação ectópica de tecidos moles, rins e vasos sanguíneos, comprometendo a saúde animal (Tokarnia *et al.*, 2010).

A vitamina E destaca-se por sua função antioxidante, atuando na proteção das membranas celulares contra danos oxidativos decorrentes do metabolismo celular. Pesquisas demonstram que sua associação com o selênio melhora resposta imune, reduz danos oxidativos e auxilia na manutenção da integridade muscular e reprodutiva dos bovinos (Palomares, 2022; Okoren *et al.*, 2023; Corbett, 2023). Sua deficiência pode causar fraqueza muscular, imunossupressão, maior incidência de doenças infecciosas, redução do desempenho reprodutivo e predisposição à distrofia muscular nutricional.

Além das vitaminas lipossolúveis, estudos ressaltam que deficiências de vitaminas do complexo B podem ocorrer em situações de disbiose ruminal, acidose ou alterações alimentares severas, comprometendo metabolismo energético, atividade enzimática e síntese celular, embora sua deficiência clínica seja menos frequente em ruminantes adultos (Feitosa, 2014).

Já os minerais são nutrientes inorgânicos essenciais ao funcionamento metabólico dos bovinos, sendo classificados em macrominerais (cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, cloro e enxofre) e microminerais (zinco, cobre, selênio, manganês, ferro, cobalto e iodo). Sua atuação ocorre em múltiplos processos fisiológicos, incluindo metabolismo energético, formação óssea, contração muscular, função nervosa, reprodução, síntese hormonal e imunidade (Peixoto *et al.*, 2005).

O cálcio e o fósforo exercem papel estrutural predominante no tecido ósseo, além de participarem da contração muscular, coagulação sanguínea, metabolismo

energético e produção leiteira. Pesquisas demonstram que a deficiência prolongada de fósforo está associada à osteomalácia, menor ganho de peso, redução da fertilidade, perda de apetite e osteofagia, condição frequentemente associada ao risco indireto de botulismo em sistemas extensivos (Pilati *et al.*, 1996). Em vacas leiteiras, a deficiência de cálcio pode desencadear hipocalcemia puerperal, especialmente após o parto, reduzindo desempenho produtivo e aumentando predisposição a enfermidades secundárias.

O magnésio participa da transmissão nervosa, contração muscular e metabolismo energético. Sua deficiência pode provocar hipomagnesemia, popularmente conhecida como tetania das pastagens, enfermidade neuromuscular frequentemente fatal caracterizada por hiperexcitabilidade, espasmos musculares e convulsões (Tokarnia *et al.*, 2010). O sódio, por sua vez, atua na manutenção do equilíbrio osmótico, condução nervosa e ingestão hídrica, sendo sua deficiência associada à redução do consumo alimentar, queda do ganho de peso e pior desempenho produtivo.

Entre os microminerais, zinco, cobre, selênio e iodo possuem destaque na bovinocultura. O zinco atua na integridade da pele, cicatrização, imunidade e reprodução; sua deficiência pode reduzir resistência a doenças e prejudicar desenvolvimento corporal. O cobre participa da formação sanguínea, metabolismo oxidativo e função imunológica, enquanto o selênio atua conjuntamente à vitamina E como antioxidante celular, auxiliando no funcionamento muscular e imunológico. Já o iodo participa da síntese dos hormônios tireoidianos, fundamentais para regulação do metabolismo, crescimento e desenvolvimento fetal (Peixoto *et al.*, 2005).

Apesar da importância da suplementação mineral, estudos alertam que o excesso de determinados minerais pode ocasionar intoxicações e antagonismos nutricionais. Altas concentrações de cobre, selênio e ferro podem provocar alterações hepáticas, redução do desempenho e distúrbios metabólicos importantes, demonstrando que suplementação inadequada pode ser tão prejudicial quanto a deficiência (Malafaia *et al.*, 2014)

4.7 Estresse e sistema imunológico

O estresse é considerado um dos principais fatores responsáveis pela redução da imunidade em bovinos. Situações como transporte, desmame, mudanças bruscas de ambiente, superlotação e manejo inadequado provocam alterações fisiológicas que comprometem o equilíbrio do organismo .

Durante períodos de estresse ocorre aumento na liberação de cortisol, hormônio associado à imunossupressão. Esse processo reduz a eficiência das células de defesa, favorecendo o aparecimento de enfermidades respiratórias, digestivas e metabólicas. Nesse contexto, a utilização de imunoestimulantes pode auxiliar na minimização dos efeitos negativos do estresse, contribuindo para maior estabilidade fisiológica, melhor resposta imunológica e manutenção da saúde animal.

A utilização de aditivos imunomoduladores na alimentação de bovinos também tem sido associada à mitigação dos efeitos fisiológicos decorrentes do estresse térmico, condição particularmente relevante em regiões tropicais e subtropicais, onde elevadas temperaturas e umidade relativa podem comprometer ingestão alimentar, metabolismo energético, fertilidade e competência imunológica. Embora animais zebuínos, como o Nelore, apresentem maior adaptação às condições climáticas adversas, bovinos mestiços de alto desempenho produtivo, incluindo cruzamentos Angus × Nelore e vacas Girolando de elevada produção leiteira, permanecem suscetíveis a alterações fisiológicas induzidas pelo calor. Nessas situações, a redução do consumo de matéria seca e o aumento do estresse oxidativo favorecem quadros de imunossupressão e maior predisposição a doenças infecciosas e metabólicas (Bernabucci *et al.*, 2010; West, 2003; Hansen, 2004).

Outro aspecto relevante refere-se às diferenças entre grupos genéticos bovinos e condições tropicais de criação. Embora bovinos Nelore apresentem elevada rusticidade e adaptação ao calor, cruzamentos industriais Angus × Nelore podem manifestar maior exigência metabólica e sensibilidade ao estresse térmico quando submetidos a sistemas intensivos. Em vacas Girolando, particularmente animais de maior mérito genético para produção leiteira, o período de transição, balanço energético negativo e desafios sanitários representam condições de maior vulnerabilidade fisiológica. Dessa forma, torna-se inadequado extrapolar automaticamente resultados obtidos em sistemas europeus ou temperados para rebanhos tropicais brasileiros sem considerar diferenças ambientais, genéticas e nutricionais (Bernabucci *et al.*, 2010; Hansen, 2004; Baruselli *et al.*, 2019).

4.8 Efeitos no desempenho produtivo

A saúde imunológica dos bovinos está diretamente relacionada ao desempenho produtivo e reprodutivo dos rebanhos. Animais com sistema imune equilibrado apresentam menor ocorrência de doenças, melhor aproveitamento dos nutrientes e maior eficiência alimentar. A relação entre nutrição, microbiota gastrointestinal e sistema imunológico tem recebido destaque crescente na medicina veterinária e nutrição animal, especialmente devido ao reconhecimento do trato gastrointestinal como importante órgão imunológico. A integridade intestinal está diretamente relacionada à absorção eficiente de nutrientes, prevenção da translocação bacteriana e modulação de mediadores inflamatórios sistêmicos. Dessa forma, estratégias alimentares capazes de preservar a estabilidade microbiana do rúmen e intestino podem reduzir processos inflamatórios crônicos subclínicos frequentemente observados em sistemas intensivos de produção, favorecendo melhor eficiência metabólica e desempenho produtivo (Plaizier *et al.*, 2008; Khafipour *et al.*, 2009; Uyeno; Shigemori; Shimosato, 2015).

A utilização de imunoestimulantes pode refletir positivamente no ganho de peso, conversão alimentar, produção de leite e índices reprodutivos. Além disso, a redução da incidência de enfermidades diminui gastos com medicamentos, tratamentos veterinários e perdas produtivas, contribuindo para maior rentabilidade da atividade pecuária.

Assim, a associação entre manejo sanitário, nutrição funcional e imunomodulação alimentar apresenta potencial para reduzir perdas produtivas e econômicas na bovinocultura contemporânea. Em sistemas de produção envolvendo Nelore, cruzamentos Angus × Nelore e Girolando, a utilização racional de leveduras, β -glucanos, MOS, probióticos e minerais orgânicos pode contribuir para manutenção da homeostase fisiológica, maior resiliência frente a desafios sanitários e melhor eficiência produtiva, desde que integrada a práticas adequadas de biossegurança, vacinação, ambiência e manejo nutricional (Cooke, 2017; Bernanbucci *et al.*, 2010; Baruselli *et al.*, 2019).

Conclui-se que a intensificação da bovinocultura brasileira exige estratégias capazes de reduzir impactos sanitários e metabólicos que comprometem produtividade, reprodução e sustentabilidade econômica dos sistemas produtivos. Nesse contexto, a imunomodulação via alimentação apresenta potencial relevante como ferramenta complementar ao manejo sanitário, especialmente por meio do uso de culturas de leveduras, β -glucanos, MOS, probióticos e minerais orgânicos. Embora os efeitos observados na literatura demonstrem variações decorrentes de fatores genéticos, nutricionais e ambientais, evidências científicas indicam que tais compostos podem contribuir para manutenção da homeostase fisiológica, suporte imunológico, estabilidade digestiva e melhoria do desempenho produtivo em bovinos Nelore, cruzamentos Angus $\times$ Nelore e Girolando, sobretudo quando integrados a programas adequados de biossegurança, vacinação, nutrição balanceada e manejo zootécnico (Cooke, 2017; Sordillo, 2016; Nocek et al., 2011).

4.9 Limitações e desafios

Apesar dos benefícios observados, os resultados obtidos com a utilização de imunoestimulantes podem variar de acordo com diversos fatores, como tipo de aditivo utilizado, dose fornecida, manejo nutricional, genética dos animais e condições ambientais. Em sistemas com baixo desafio sanitário, os efeitos desses compostos podem ser menos evidentes, dificultando a avaliação de seus benefícios econômicos. Além disso, ainda existem divergências na literatura científica quanto à eficiência de alguns produtos, principalmente devido às diferenças metodológicas entre os estudos.

Outro desafio importante está relacionado ao custo de suplementação e à necessidade de maior padronização das pesquisas para definição de protocolos mais eficientes. Apesar do crescente número de estudos envolvendo aditivos imunomoduladores na nutrição de bovinos, os resultados observados na literatura ainda demonstram variações importantes relacionadas à categoria animal, genética, sistema produtivo, composição da dieta, desafio sanitário e manejo empregado. Em alguns experimentos, a suplementação com culturas de leveduras, β -glucanos, prebióticos e probióticos foi associada à melhora do desempenho produtivo,

estabilidade ruminal, eficiência alimentar e parâmetros fisiológicos ligados à saúde digestiva e imunológica. Entretanto, outros estudos relatam respostas discretas ou inconsistentes, sugerindo que os benefícios desses aditivos dependem da interação entre fatores nutricionais, ambientais e sanitários, não podendo ser interpretados como substitutos das práticas convencionais de biossegurança, vacinação e manejo sanitário (Krehbiel *et al.*, 2003; Nocek *et al.*, 2011; Cooke, 2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescente interesse por sistemas de produção mais sustentáveis e pela redução do uso de antibióticos tem impulsionado o desenvolvimento de novas estratégias nutricionais voltadas à saúde animal. Nesse cenário, os imunoestimulantes surgem como alternativas promissoras para melhorar a imunidade e o desempenho produtivo dos bovinos.

O avanço da biotecnologia, associado ao desenvolvimento de aditivos naturais, extratos vegetais e produtos derivados de microrganismos, tende a ampliar as possibilidades de utilização desses compostos na pecuária moderna.

Além disso, novas pesquisas deverão contribuir para melhor compreensão dos mecanismos de ação dos imunoestimulantes, permitindo o desenvolvimento de produtos mais eficientes, seguros e adaptados às diferentes condições de criação.

5.1 Crítica de ponto de vista

A partir da análise dos estudos selecionados, observou-se que os aditivos imunoestimulantes têm recebido destaque crescente na nutrição de ruminantes devido à sua relação com a melhoria da saúde animal e da eficiência produtiva. Os trabalhos avaliados demonstraram que esses compostos podem atuar de maneira positiva sobre diferentes mecanismos fisiológicos, principalmente em animais submetidos a condições de estresse metabólico, comuns em sistemas intensivos de produção.

Os resultados encontrados na literatura indicaram que substâncias como leveduras, prebióticos, probióticos, β -glucanas, minerais orgânicos e vitaminas

antioxidantes apresentaram efeitos importantes na modulação da resposta imune. Em muitos estudos, a suplementação com esses aditivos esteve associada à melhoria da capacidade de defesa do organismo, favorecendo maior equilíbrio imunológico e reduzindo a ocorrência de alterações inflamatórias excessivas.

Durante o período de transição de vacas leiteiras, considerado uma das fases mais críticas do ciclo produtivo, diversos autores relataram que os aditivos imunoestimulantes auxiliaram na manutenção do equilíbrio metabólico dos animais. Nessa fase, devido ao aumento da exigência energética e às alterações fisiológicas relacionadas ao parto e ao início da lactação, ocorre maior predisposição a doenças metabólicas e imunossupressão. A utilização de aditivos com ação imunomoduladora demonstrou potencial para reduzir esses efeitos negativos, contribuindo para melhor adaptação dos animais.

Outro aspecto frequentemente observado foi a relação entre esses aditivos e a saúde ruminal. Alguns estudos mostraram que a inclusão de leveduras e probióticos favoreceu maior estabilidade do ambiente ruminal, promovendo melhor aproveitamento dos nutrientes e auxiliando na manutenção do pH ruminal em níveis adequados. Esse efeito é relevante principalmente em dietas com elevada concentração de carboidratos fermentáveis, nas quais há maior risco de ocorrência de acidose ruminal subaguda.

Além dos efeitos sobre a saúde, os trabalhos analisados também apontaram reflexos positivos no desempenho produtivo. Em diferentes pesquisas, foram observados aumentos na produção de leite, melhoria da eficiência alimentar e redução da incidência de enfermidades, como mastite e distúrbios metabólicos. Esses resultados sugerem que a melhora da resposta imunológica e do equilíbrio metabólico pode influenciar diretamente a produtividade e a longevidade dos animais.

Em relação ao bem-estar animal, os estudos evidenciaram que animais suplementados com determinados aditivos apresentaram melhor comportamento ingestivo, maior tempo de ruminação e menores sinais fisiológicos associados ao estresse. Esses parâmetros são importantes indicadores da estabilidade metabólica e da adaptação dos ruminantes às condições de produção intensiva.

Apesar dos benefícios descritos na maior parte da literatura, alguns autores relataram respostas variáveis entre os experimentos. Em determinados trabalhos, os efeitos observados foram discretos ou não apresentaram diferença significativa em relação aos grupos controle. Essas divergências podem estar relacionadas a fatores

como composição da dieta, categoria animal, condições ambientais, duração da suplementação e tipo de aditivo utilizado.

Também foi possível observar que ainda existem limitações relacionadas à padronização metodológica dos estudos. A diversidade de protocolos experimentais dificulta comparações diretas entre os resultados, tornando necessária a realização de novas pesquisas que permitam melhor compreensão dos mecanismos de ação e dos efeitos desses aditivos em diferentes condições de criação.

De forma geral, os dados analisados demonstraram que os aditivos imunoestimulantes representam uma alternativa relevante dentro da nutrição de ruminantes, principalmente por contribuírem para a manutenção da saúde, da resposta imunológica e do desempenho produtivo dos animais. Assim, sua utilização pode auxiliar na redução dos impactos causados pelo estresse metabólico, favorecendo sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que os aditivos imunoestimulantes representam ferramentas promissoras para a bovinocultura, especialmente diante das exigências atuais por sistemas produtivos mais sustentáveis, eficientes e com menor utilização de antimicrobianos. Contudo, sua eficiência depende da correta associação com boas práticas de manejo, nutrição equilibrada e adequado controle sanitário, sendo fundamental que sua utilização seja baseada em critérios técnicos e científicos.

REFERÊNCIAS

ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H.; PILLAI, S. *Imunologia celular e molecular*. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. Beef report 2026: profile of the Brazilian cattle industry. São Paulo: ABIEC, 2026. Disponível em: <<https://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2026/>>. Acesso em: 8 ago. 2026.

ALAYANDE, K. A.; AIYEGORO, O. A.; ATEBA, C. N. Probiotics in animal husbandry: applicability and associated risk factors. *Sustainability, Basel*, v. 12, n. 3, p. 1087, 2020.

ALUGONGO, G. M. et al. Utilization of yeast products in ruminants: effects and mechanisms of action. *Animal Nutrition*, v. 3, n. 4, p. 322-330, 2017.

BARROS, C. S. L.; FIGHERA, R. A. *Tristeza parasitária bovina*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

BARUSELLI, P. S. et al. Challenges to increase the AI and ET market in Brazil. *Animal Reproduction*, v. 16, n. 3, p. 394-403, 2019.

BERNABUCCI, U. et al. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, v. 4, n. 7, p. 1167-1183, 2010.

CALDER, P. C. Feeding the immune system. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 72, n. 3, p. 299-309, 2013.

CELI, P. et al. Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health. *Animal Feed Science and Technology*, v. 234, p. 88-100, 2017.

CHASE, C. C. L. et al. Bovine neonatal immunology: challenges and opportunities. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, v. 24, n. 1, p. 1-17, 2008.

COOKE, R. F. Nutritional and management considerations for beef cattle experiencing stress-induced inflammation. *The Professional Animal Scientist*, v. 33, n. 1, p. 1-11, 2017.

CORBETT, R. B. Trace mineral nutrition in confinement dairy cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, v. 39, n. 3, p. 425-438, 2023.

DUFF, G. C.; GALYEAN, M. L. Board-invited review: recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v. 85, n. 3, p. 823-840, 2007.

ESTEVEES, G. B. et al. Estudo de dose-resposta de beta-glucana em bezerros: resultados iniciais. In: WORKSHOP DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA

GADO DE LEITE, 27., 2023, Juiz de Fora. Anais [...]. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2024. p. 68-72.

ESTEVEES, G. I. F. et al. Effects of β -glucan supplementation on immune response in dairy calves. *Animals*, v. 14, 2024.

FEITOSA, F. L. F. *Semiologia veterinária: a arte do diagnóstico*. 3. ed. São Paulo: Roca, 2014.

FRANCIS, J.; CALLAWAY, T. R. Invited review: probiotic approaches to improving dairy production: reassessing direct-fed microbials. *Journal of Dairy Science*, v. 106, p. 1-23, 2023.

FRANKLIN, S. T. et al. Influence of yeast cell wall products on immune responses of cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 88, p. 338-347, 2005.

GATTASS, C. B. A. et al. Consumo, digestibilidade aparente e ganho de peso em bovinos de corte confinados suplementados com cultura de levedura (*Saccharomyces cerevisiae* cepa 1026). *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v. 9, n. 3, p. 535-542, 2008.

GATTASS, C. B. A. et al. Efeito da suplementação com cultura de levedura na fermentação ruminal de bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 4, 2008.

HASUNUMA, T. et al. Effects of *Lactobacillus* supplementation on growth performance of calves. *Animal Science Journal*, v. 82, p. 790-795, 2011.

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal Reproduction Science*, v. 82-83, p. 349-360, 2004.

KESSLER, R. H. et al. Aspectos epidemiológicos da tristeza parasitária bovina no Brasil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 63-68, 1998.

KHAFIPOUR, E. et al. Effects of a subacute ruminal acidosis challenge on ruminal microbiota and endotoxin release in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 92, n. 3, p. 1060-1074, 2009.

KREHBIEL, C. R. et al. Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets. *Journal of Animal Science*, v. 81, p. E120-E132, 2003.

LEITE, R. G. et al. Organic additives used in beef cattle feedlot: effects on metabolic parameters and animal performance. *Animal Science Journal*, v. 90, n. 5, p. 628-636, 2019.

LEMOS, Ricardo Antônio Amaral de et al. *Tristeza parasitária bovina*. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Nota Técnica n. 02/2022, 2022. ISSN 2965-2421. Disponível em: <https://ppgcivet.ufms.br/files/2023/04/Nota-tecnica-02-2022-TPB.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2026.

LESMEISTER, K. E.; HEINRICHS, A. J.; GABLER, M. T. Effects of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, v. 87, n. 6, p. 1832-1839, 2004.

LEY, R. E. et al. Worlds within worlds: evolution of the vertebrate gut microbiota. *Nature Reviews Microbiology*, v. 6, n. 10, p. 776-788, 2008.

LUO, J. et al. Immunomodulatory effects of β -glucans in livestock animals: a review. *Animals*, v. 12, n. 4, p. 489, 2022.

MACKIE, R.; AMINOV, R.; WHITE, B.; MCSWEENEY, C. Molecular ecology and diversity in gut microbial ecosystems. In: CRONJÉ, P. B. (ed.). *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction*. Wallingford: CAB International, 2000. p. 61-77.

MADRUGA, C. R. et al. Avaliação da resposta imunológica de bovinos contra *Anaplasma marginale* e *Babesia* spp. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 175-182, 2001.

MALAFIA, P. et al. Distúrbios metabólicos e minerais em bovinos de corte e leite. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 34, p. 191-202, 2014.

MARQUES, R. S. et al. Effects of vitamin supplementation on health and performance of beef cattle. *Journal of Animal Science*, v. 94, p. 112-120, 2016.

MACHADO, V. S. et al. The effect of organic trace minerals on dairy cattle health and immunity. *Journal of Dairy Science*, v. 96, p. 1495-1505, 2013.

MCALLISTER, T. A. et al. Review: the use of direct-fed microbials to mitigate pathogens and enhance production in cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 91, n. 2, p. 193-211, 2011.

NOCEK, J. E.; HOLT, M. G.; OPPY, J. Effects of supplementation with yeast culture and enzymatically hydrolyzed yeast on performance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 94, n. 8, p. 4046-4056, 2011.

OKOREN, P. et al. Role of vitamin E and antioxidant supplementation in bovine health and immunity. *Animals*, v. 13, n. 18, p. 2894, 2023.

ORTOLANI, E. L. Deficiência de vitamina A em bovinos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BUIATRIA, 2002, Campo Grande. *Anais [...]*. Campo Grande: Associação Brasileira de Buiatria, 2002.

OVERTON, T. R.; YASUI, T. Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *Journal of Animal Science*, v. 92, n. 2, p. 416-426, 2014.

PALOMARES, R. A. Trace minerals supplementation with great impact on beef cattle immunity and health. *Animals*, v. 12, n. 20, p. 2839, 2022.

PAULETTI, P. et al. Transferência de imunidade passiva em bezerros por meio do colostro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 6, p. 655-660, 2003.

PEIXOTO, P. V. et al. Deficiências minerais em animais de produção. Rio de Janeiro: Helianthus, 2005.

PILATI, C. et al. Deficiências minerais em bovinos no Brasil: revisão de literatura. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 48, n. 3, p. 321-330, 1996.

PLAIZIER, J. C. et al. Review: enhancing gastrointestinal health in dairy cows. *Animal*, v. 12, supl. 2, p. S399-S418, 2018.

POPPY, G. D. et al. A meta-analysis of the effects of feeding yeast culture produced by anaerobic fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* on milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 95, n. 10, p. 6027-6041, 2012.

QUEIROZ, R. C. et al. Uso de produto à base de enzima e levedura na dieta de bovinos: digestibilidade dos nutrientes e desempenho em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1548-1556, 2004.

SARTORI, E. et al. The effect of live yeast supplementation on beef cattle performance: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Agricultural Science*, v. 9, n. 4, p. 21-31, 2017.

SEO, J. K. et al. Direct-fed microbials for ruminant animals. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 23, n. 12, p. 1657-1667, 2010.

SORDILLO, L. M. Nutritional strategies to optimize dairy cattle immunity. *Journal of Dairy Science*, v. 99, n. 6, p. 4967-4982, 2016.

SORDILLO, L. M.; AITKEN, S. L. Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, v. 128, n. 1-3, p. 104-109, 2009.

SPEARS, J. W.; WEISS, W. P. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *The Veterinary Journal*, v. 176, n. 1, p. 70-76, 2008.

SPRING, P. et al. The effects of dietary mannanoligosaccharides on cecal parameters and the concentration of enteric bacteria. *Poultry Science*, v. 79, n. 2, p. 205-211, 2000.

STEIN, D. R. et al. Effects of feeding *Propionibacterium* on milk production, milk components, and reproduction in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 89, n. 1, p. 111-125, 2006.

STOVER, M. G.; WATSON, R. R.; COLLIER, R. J. Pre- and probiotic supplementation in ruminant livestock production. In: WATSON, R. R.; PREEDY, V. R. (ed.). *Probiotics, prebiotics, and synbiotics: bioactive foods in health promotion*. Amsterdam: Elsevier, 2015. p. 343-353.

TIAN, X. et al. Dietary β -glucan supplementation improves growth performance, immune response, and intestinal health in calves. *Animals*, v. 11, n. 8, p. 2244, 2021.

TIMMERMAN, H. M. et al. Health and growth of veal calves fed milk substitutes with or without probiotics. *Journal of Dairy Science*, v. 88, n. 6, p. 2154-2165, 2005.

TIZARD, I. R. *Imunologia veterinária*. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

TIZARD, I. R. Nutrition and ruminant immunity. In: TIZARD, I. R. *The immunology of the domestic ruminants: cattle, sheep, and goats*. London: Academic Press, 2025. cap. 23, p. 453-465.

TOKARNIA, C. H. et al. *Deficiências minerais em animais de produção*. 2. ed. Rio de Janeiro: Helianthus, 2010.

UYENO, Y.; SHIGEMORI, S.; SHIMOSATO, T. Effect of probiotics/prebiotics on cattle health and productivity. *Microbes and Environments*, v. 30, n. 2, p. 126-132, 2015.

VOLMAN, J. J. et al. Dietary modulation of immune function by β -glucans. *Physiology & Behavior*, v. 94, p. 276-284, 2008.

WEST, J. W. Effects of heat stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p. 2131-2144, 2003.

ZEOULA, L. M. et al. Aditivos microbianos na nutrição de ruminantes. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, p. 367-386, 2011.