

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v20n2e1904>

Classes antibióticas influentes na perturbação da microbiota ruminal: revisão

Fabrizio dos Santos Dias^{1*}, Erico da Silva Lima²

¹Discente do Curso de Medicina Veterinária, Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, São Paulo, Brasil.

²Docente Doutor do curso de Medicina Veterinária, Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, São Paulo, Brasil.

*Autor para correspondência, e-mail: fabriciodias428@gmail.com

Resumo. Disbioses ocasionadas por antibióticos resultam em perturbações da microbiota do rúmen e do intestino bovino. Bactérias, fungos e protozoários presentes nesses órgãos desempenham funções essenciais na degradação do bolo alimentar, convertendo alimentos fibrosos de baixo valor nutricional para monogástricos, como o capim, em produtos de interesse zootécnico. Esses microrganismos simbióticos, por meio da complementariedade de suas funções, atuam de forma intra e interespecífica, promovendo a conversão de substratos em produtos finais, como os ácidos graxos voláteis (AGVs), a exemplo do propionato e do acetato, os quais são utilizados pelo animal como fonte de energia. Dessa forma, o objetivo desta revisão foi identificar classes farmacológicas responsáveis por alterações na composição e funcionalidade da microbiota ruminal bovina. A busca bibliográfica foi realizada de forma cronológica, abrangendo o período de 2000 a 2025, sendo descritas as seguintes classes de antibióticos: tetraciclina (oxitetraciclina e doxiciclina), fluoroquinolonas (enrofloxacina e danofloxacina) e macrolídeos (tulatromicina), as quais demonstraram, por meio dos estudos analisados, elevado potencial de modular negativamente a microbiota ruminal.

Palavras-chave: Antibióticos, bovinos, disbiose, microrganismos ruminais.

Antibiotic classes influencing rumen microbiota disruption: review

Abstract. Antibiotic-induced dysbiosis results in disturbances in the bovine ruminal and intestinal microbiota. Bacteria, fungi and protozoa present in these compartments play essential roles in the degradation of the feed bolus, converting low-value feedstuffs, such as grass, which cannot be digested by humans, into zootechnical productivity. These symbiotic microorganisms, through complementary functions, act intra- and interspecifically, promoting the conversion of substrates into end products such as volatile fatty acids (VFAs), including propionate and acetate, which are used by the animal as sources of energy. Therefore, the objective of this review was to identify pharmacological classes responsible for disrupting the bovine ruminal microbiota. The literature search followed a chronological order, covering the period of 2000 to 2025, and described the following antibiotic classes: tetracyclines (oxytetracycline and doxycycline); fluoroquinolones (enrofloxacin and danofloxacin) and macrolides (tulathromycin). Studies indicate that these compounds exhibit a high potential to cause damage to the ruminal microbiota of cattle.

Keywords: Antibiotics, cattle, dysbiosis, ruminal microorganisms.

Introdução

Os bovinos possuem o trato digestivo extremamente complexo, quando comparados aos animais domésticos não ruminantes, composto por boca, esôfago e um estômago multicavitário com quatro compartimentos de origem embrionária comum de um estômago simples, sendo, rúmen, retículo, omaso

e abomaso, seguindo até o intestino posterior ([Jane et al., 2017](#); [Oliveira et al., 2019](#); [Parish et al., 2017](#); [Santos et al., 2024](#)).

O rúmen é o maior dos compartimentos do trato digestório dos ruminantes, sendo fermentativo, anaeróbico e metanogênico, com capacidade para comportar mais de 100 litros de conteúdo ruminal, de acordo com o porte do animal adulto ([Ashdown & Done, 2011](#); [Matthews et al., 2019](#); [Oliveira et al., 2019](#)). Nesse compartimento abriga-se um amplo ecossistema de microrganismos, composto por bactérias, fungos e protozoários ([Berchielli et al., 2011](#); [Hobson & Stewart, 2012](#); [Van Soest, 1994](#); [Wlodarski et al., 2017](#)). As bactérias e os fungos representam, em conjunto, aproximadamente 80% da população microbiana e exercem o papel principal de agentes degradadores ([Hobson & Stewart, 2012](#)). As bactérias estão presentes em concentrações que variam de 10^{10} a 10^{11} células por grama de conteúdo ruminal, o que as torna os microrganismos predominantes nesse ambiente. Os protozoários correspondem a cerca de 20% da biomassa microbiana, sendo majoritariamente ciliados ([Berchielli et al., 2011](#); [Cammack et al., 2018](#); [Hobson & Stewart, 2012](#); [Santos et al., 2024](#); [Van Soest, 1994](#); [Wlodarski et al., 2017](#)). Estudos indicam que a microbiota ruminal pode ser considerada um “segundo genoma”, apresentando relação direta com o peso corporal, a eficiência digestiva, o desenvolvimento do epitélio ruminal e a redução do risco de enfermidades e doenças autoimunes ([Chen et al., 2020](#); [Santos et al., 2024](#)).

Após a ingestão pelo animal, o alimento fibroso alcança o rúmen, onde ocorre a ação de bactérias celulolíticas, que se proliferam sobre o bolo alimentar e promovem a degradação da celulose e da hemicelulose, constituintes da parede vegetal. Em dietas com maior concentração de amido, observa-se aumento da atividade de bactérias amilolíticas, lipolíticas e proteolíticas ([Berchielli et al., 2011](#); [Santos et al., 2024](#); [Van Soest, 1994](#)).

Os fungos ruminais, apesar de apresentarem crescimento mais lento e população inferior à das bactérias, desempenham função essencial na ruptura dos segmentos físicos mais resistentes das fibras vegetais, atuando principalmente sobre a cutícula vegetal por meio da produção de enzimas ([Nagpal et al., 2011](#)). Já os protozoários participam do controle da comunidade bacteriana ao ingerirem bactérias ativamente, além de absorverem vitaminas, aminoácidos e ácidos nucleicos como fontes de energia, contribuindo para a estabilidade do microbioma ruminal ([Hobson & Stewart, 2012](#); [Matthews et al., 2019](#); [Park et al., 2017](#); [Santos et al., 2024](#)).

Esses microrganismos simbiossiontes, por meio da complementariedade de suas funções, atuam de forma intra e interespecífica, promovendo a conversão de substratos fermentáveis em produtos finais da fermentação, como os ácidos graxos voláteis (AGVs), a exemplo do propionato e do acetato, que são utilizados pelo animal como fonte de energia ([Yanza et al., 2021](#)). Além disso, observa-se a produção de outros metabólitos, como metano (CH_4), ácido fórmico, hidrogênio (H_2), dióxido de carbono (CO_2), vitaminas e moléculas bioativas, fundamentais para vias metabólicas subsequentes ([Cammack et al., 2018](#); [Hobson & Stewart, 2012](#); [Paula et al., 2019](#); [Pedreira et al., 2011](#); [Valadares Filho & Pina, 2011](#); [Zeoula et al., 2011](#); [Zotti & Paulino, 2009](#)).

O desequilíbrio ou a perturbação dessa comunidade microbiana, ocasionados pelo uso de antibióticos, pode impactar diretamente a cadeia produtiva de leite, carne e reprodução bovina, em decorrência de falhas no processo fermentativo ([Mourthe et al., 2011](#); [Rangel et al., 2008](#)). Considerando que os antibióticos são amplamente utilizados na pecuária, destacam-se como principais classes empregadas as quinolonas, penicilinas, macrolídeos, tetraciclina e aminoglicosídeos, administradas tanto com finalidade clínica quanto alimentar ([Bretschneider et al., 2008](#); [Torres & Zarazaga, 2002](#)). Esses fármacos atuam sobre alvos bacterianos específicos, como síntese proteica ou replicação do DNA, podendo secundariamente alterar a produção microbiana de vitaminas e metabólitos, exercendo ação sobre bactérias patogênicas oportunistas. Entretanto, como efeito adverso, também afetam bactérias comensais e simbióticas do rúmen ([Demirtaş et al., 2018](#); [Percio et al., 2019](#); [Silvestro et al., 2025](#)). Estudos demonstram que o rúmen e o intestino posterior apresentam comunidades bacterianas distintas; contudo, existem interações entre esses compartimentos. Assim, em situações de disbiose no ambiente ruminal, ambas as regiões podem ser afetadas pelo uso de antibióticos ([Ji et al., 2018](#)).

Por serem substâncias exógenas ao organismo animal, os antibióticos são administrados com objetivos terapêuticos, profiláticos, metafiláticos e como promotores de crescimento animal por

modulação da fermentação ruminal ([Demirtaş et al., 2018](#); [Silvestro et al., 2025](#)). Embora os termos profiláticos e metafiláticos sejam frequentemente confundidos, apresentam distinções conceituais: a metafilaxia consiste no tratamento de um grupo de animais após a identificação dos primeiros sinais clínicos, aparentes ou inaparentes, de determinada enfermidade; já a profilaxia envolve a administração de antibióticos a um grupo ou a um único indivíduo com o objetivo de prevenir a ocorrência da doença, antes do surgimento de quaisquer sinais clínicos ([Kamwa, 2010](#)). Os antibióticos descritos na literatura como potenciais perturbadores da microbiota ruminal e intestinal bovina incluem a oxitetraciclina e a doxiciclina (tetraciclinas), a enrofloxacina e a danofloxacina (fluoroquinolonas) e a tulatromicina (macrolídeos) ([Chen et al., 2020](#); [Cruz & Sampaio, 2016](#); [Ferguson et al., 2018](#); [Ji et al., 2018](#); [Repik et al., 2021](#)).

Embora diversos estudos descrevam alterações na microbiota ruminal e intestinais associadas ao uso de antibióticos em bovinos, observa-se elevada heterogeneidade metodológica quanto à via de administração, dose, idade dos animais, compartimento avaliado (rúmen, intestino posterior ou fezes) e tempo de acompanhamento ([Guimarães et al., 2010](#); [Kim & Cha, 2021](#); [Nicolini et al., 2008](#); [Oliveira et al., 2025](#); [Wannmacher, 2004](#)). Ademais, parte das pesquisas infere alterações ruminais a partir de análises fecais, o que limita a extrapolação dos resultados. Dessa forma, torna-se necessária a integração crítica das evidências disponíveis, comparando classes farmacológicas e contextualizando seus impactos sob diferentes condições de uso.

O presente artigo tem como objetivo demonstrar o impacto do uso de antibióticos na cadeia produtiva bovina, no que se refere às bactérias ruminais e intestinais, destacando os efeitos negativos desses fármacos sobre a conversão zootécnica dos animais.

Metodologia

As bases de dados utilizadas para elaboração desta revisão foram PubMed, SciELO e Google acadêmico considerando publicações no período de 2000 a 2025, totalizando um período de 25 anos, também foram usadas as seguintes palavras-chave nas buscas “disbiose bovina”, “perturbação”, “microbiota”, “rúmen”, “impactos dos antibióticos no rúmen”, “tulatromicina”, “oxytetracycline”, “bovine dysbiosis”, “enrofloxacin”, “danofloxacin” além do operador booleano AND, que tem por função cruzar duas ou mais palavras. Dentre os estudos encontrados, foram inicialmente identificadas mais de 100 publicações por meio da leitura de títulos e resumos. Após análise detalhada e criteriosa quanto à relevância temática, 64 artigos foram selecionados para compor a presente revisão.

Desenvolvimento

Factualmente os antibióticos são utilizados no tratamento de doenças contra agentes patogênicos já conhecidos na medicina veterinária a campo, entretanto é importante apontar, todavia que os microrganismos ruminais acabam afetados pela administração destes medicamentos ([Silvestro et al., 2025](#)). Contextualizando, a oxitetraciclina comumente utilizada no tratamento de doenças respiratórias bovinas, e outras afecções ([Fernandes et al., 2012](#); [Holman et al., 2019](#)), tem como contra ponto, a inibição de bactérias do rúmen e até mesmo da microbiota fecal, estudos realizados com bezerros demonstraram que após administração de oxitetraciclina, houve uma diminuição nas espécies bacterianas de *Streptococcus*, *Bifidobacterium*, *Alloprevotella* e *Faecalibacterium* e um aumento das espécies *Bacteroidales*, *Peptococcus*, *Prevotella* e *Lactobacillus*, espécies bacterianas produtoras de ácido láctico, como *Lactobacillus* sp, quando em elevada proliferação no ambiente ruminal, tornam-se um fator predisponente à acidificação. Em condições normais O pH ruminal fisiológico varia entre 5,8 e 6,8, dependendo da dieta e da taxa de fermentação ([Goodrich & Thompson, 1980](#); [Keijser et al., 2019](#); [Rodrigues, 2016](#); [Sabes, 2020](#); [Scanlan & Hathcock, 1983](#); [Van Soest, 1994](#)).

Com esta alteração detemos um pH entre 5,2 e 5,6 caracterizando acidose ruminal subaguda (SARA); valores inferiores a 5,0 estão associados à acidose ruminal aguda, com o aumento da concentração de ácido láctico no interior do rúmen temos a elevação da pressão osmótica, tendo como consequência o sequestro do líquido da corrente sanguínea para a luz do rúmen, com progressão para inflamação do epitélio e hiperqueratinização devido ao dano persistente, desta forma reduzindo a capacidade de absorção ([Enemark, 2008a, 2008b](#); [Ogunade et al., 2019](#); [Ramos et al., 2022](#); [Sabes, 2020](#)). As bactérias comensais benéficas como o *Bifidobacterium*, quando em níveis deficientes, podem acarretar quedas

sob a produção de leite ([Brulin et al., 2024](#)). O gado de leite é extremamente beneficiado por este gênero, no que tange rendimento zootécnico, uma vez que são responsáveis por realizar a hidrólise de carboidratos complexos, por intermédio de enzimas de glicosil hidrolases, que elevam a eficiência alimentar e produtividade.

Segundo [Liu et al. \(2016\)](#), bactérias do intestino posterior também dão continuidade na fermentação do alimento, e que apesar de lenta, fornecem vitaminas essenciais ao hospedeiro sendo elas: vitamina K, riboflavina e tiamina. Estudos realizados com gado de corte, mostraram que ao administrar oxitetraciclina por via parenteral 27% de sua dose foi excretada por via não renal, desta forma expondo também a microbiota do trato gastrointestinal inferior ao fármaco ([Cammack et al., 2018](#); [Holman et al., 2019](#)).

Outrossim, a doxiciclina, pertencente ao grupo das tetraciclina, é amplamente empregada no tratamento de infecções dos sistemas respiratório, urinário e hepatobiliar. Estudos conduzidos por [Chen et al. \(2020\)](#) demonstraram que a administração oral do fármaco em bovinos de corte promoveu modulação da microbiota ruminal, com redução da família Prevotellaceae e aumento do gênero *Stenotrophomonas*. Este último tem sido discutido por [Hu et al. \(2022, 2024\)](#) no contexto do eixo intestino/rúmen – glândulas mamárias, como possível participante de processos inflamatórios mamários. Contudo, tal mecanismo permanece como hipótese emergente, carecendo de evidências conclusivas que estabeleçam relação causal direta entre alterações ruminais e mastite de origem endógena.

Quando analisadas em conjunto, as tetraciclina demonstram potencial relevante de perturbação da microbiota ruminal e intestinal, sobretudo pela redução de bactérias comensais associadas à eficiência fermentativa ([Spinosa, 2011](#)). Contudo, os efeitos observados variam de acordo com a via de administração, sendo mais pronunciados quando há exposição direta do lúmen ruminal ou intestinal. Além disso, parte das alterações descritas apresenta caráter transitório, sugerindo capacidade de resiliência do microbioma, especialmente em animais adultos e sob dieta balanceada, o que deve ser considerado na interpretação dos impactos produtivos ([Alós, 2015](#); [Baptista, 2013](#); [Calderón & Ulate, 2017](#); [Kim & Cha, 2021](#)).

A enrofloxacin pertencente a classe antibiótica das fluoroquinolonas, ao ser utilizada em pesquisas com novilhos demonstrou-se causar perturbação transitória de bactérias habitantes do rúmen como: *Erysipelotrichaceae*, *Prevotellaceae*, *Christensenellaceae* e *Rikenellaceae* ([Ferguson et al., 2018](#)). Da mesma forma, estudos realizados com bezerros, após a administração da enrofloxacin observou-se a diminuição dos filos: *Euryarchaeota*, *Cyanobacteria*, *Actinobacteria* e um aumento exponencial dos filos: *Spirochaetes*, *Tenericutes*, *Verrucomicrobia*, *Kiritimatiellaeota* desta forma sendo considerado um fármaco causador da disfunção da comunidade bacteriana ([Beyi et al., 2021a,b](#)). Não obstante a danofloxacin (fluoroquinolona), regularmente aplicada em bezerros de corte como profilaxia e metafilaxia, na prevenção e controle da doença respiratória bovina (DRB), também é descrita por ([Beyi et al., 2021](#)) como uma quinolona que exerce pressão seletiva sobre a microbiota gastrointestinal quando administrada por via parenteral, neste estudo foram observadas variações na carga bacteriana após dois dias do início dos testes, sendo para *Firmicutes* 51,93%, *Bacteroidetes* 36,13%, *Proteobacteria* 3,00%, *Tenericutes* 2,18%, *Spirochaetes* 1,94%, *Actinobacteria* 1,33%, *Verrucomicrobia* 1,03%.

Além do mais, nos ensaios realizados por [Ferguson et al. \(2018\)](#) com enrofloxacin, foram observados também em partes do intestino posterior, concentrações no íleo 4,5 a 4,9 vezes superiores às concentrações plasmáticas e 280 - 380% no colón de novilhos, acredita-se que possa haver uma proteína de transporte ou de excreção biliar, que esteja envolvida na alta perfusão desta fluoroquinolona sob o intestino animal. ([Beyi et al., 2021a,b](#)) afirmam a hipótese de que, antibióticos usualmente aplicados via parenteral no tratamento de afecções, tem difusão do plasma para o lúmen gastrointestinal, afetando os microrganismos comensais.

Apesar de administradas majoritariamente por via parenteral, as fluoroquinolonas demonstram elevada capacidade de impactar a microbiota gastrointestinal, possivelmente em decorrência da excreção biliar e difusão plasmática para o lúmen intestinal ([Leyva & Leyva, 2008](#); [Leyva-Ramos & Hernández-Lopes, 2017](#)). No entanto, os estudos indicam que tais alterações tendem a ser predominantemente transitórias, levantando a necessidade de diferenciar perturbações funcionais reversíveis de disbioses clinicamente relevantes ([Leyva & Leyva, 2008](#); [Leyva-Ramos & Hernández-](#)

[Lopes, 2017](#)). Ademais, parte dos efeitos descritos pode estar mais relacionada à seleção de genes de resistência do que à perda funcional da fermentação ruminal.

Dentre a classe dos macrolídeos temos a tulatromicina, um antibiótico semi-sintético integrante da subclasse dos triamilídeos, molécula desenvolvida para uso exclusivo na produção animal, com uso no tratamento de afecções respiratórias em bovinos e suínos ([Bartolomeu et al., 2022](#); [Muraro et al., 2008](#)). Contudo ([Martin, 2017](#)) relatou em suas pesquisas realizadas com bezerras hígdas, efeitos negativos ao administrar por via parenteral tulatromicina, aos quais resultaram em diminuições em bactérias benéficas cuja função é probiótica, os gêneros afetados foram *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*. O *Bifidobacterium* exerce o papel probiótico, com ação antibacteriana na diminuição dos perfis enteropatógenos, por intermédio da produção de compostos ácidos que impedem o desenvolvimento de patógenos através da redução do pH no ambiente gastrointestinal, desta forma contribuem também, inibindo a aderência de bactérias patobióticas como *Escherichia coli* por meio da competição por receptores, do mesmo modo, bactérias ácido lácticas como *Lactococcus*, também estão associadas como probióticas no controle de agentes patogênicos como *Salmonella* ssp. e *Escherichia coli* ([Martin, 2017](#)). O autor conclui em sua pesquisa, que apesar da dose metafilática de tulatromicina ao nascimento ter beneficiado as bezerras com diminuição de inflamações umbilicais e a prevalência de broncopneumonias, a mesma corroborou para o surgimento de doenças gastroentéricas mais intensas. Embora os achados indiquem impacto negativo sobre gêneros bacterianos considerados benéficos, é importante contextualizar que os efeitos adversos observados ocorreram em paralelo a benefícios clínicos significativos, como a redução de enfermidades respiratórias e inflamatórias. Dessa forma, o uso da tulatromicina deve ser analisado sob uma perspectiva de risco-benefício, considerando dose, momento de administração e estado fisiológico do animal.

Embora os estudos quantitativos com a temática: classes farmacológicas perturbadoras da microbiota ruminal, sejam exíguos na comunidade científica, podemos observar na [tabela 1](#) onde é elucidado por intermédio da união das bases de dados, os principais grupos bacterianos do rúmen/intestino bovino, afetados por meio das classes farmacológicas já abordadas.

Tabela 1. Classes farmacológicas e grupos bacterianos impactados

Fármaco	Grupo bacteriano	Autores
Oxitetraciclina Doxiciclina	<i>Lactobacillus</i>	(Keijser et al., 2019) (Chen et al., 2020) (Hu et al., 2022, 2024)
	<i>Stenotrophomonas</i>	
	<i>Bifidobacterium</i>	
	<i>Streptococcus</i>	
	<i>Alloprevotella</i>	
Enrofloxacin Danofloxacin	<i>Euryarchaeota</i>	(Ferguson et al., 2018) (Beyi et al., 2021a) (Beyi et al., 2021b)
	<i>Cyanobacteria</i>	
	<i>Actinobacteria</i>	
	<i>Spirochaetes</i>	
	<i>Tenericutes</i>	
	<i>Verrucomicrobia</i>	
	<i>Kiritimatiellaeota</i>	
	<i>Firmicutes</i>	
Tulatromicina	<i>Bacteroidetes</i>	(Bartolomeu et al., 2022) (Martin, 2017)
	<i>Proteobacteria</i>	
	<i>Bifidobacterium</i>	
	<i>Lactobacillus</i>	

A síntese apresentada na [tabela 1](#) evidencia que, embora diferentes classes antibióticas afetem grupos bacterianos distintos, observa-se convergência na redução de microrganismos associados à estabilidade fermentativa e eficiência alimentar. No entanto, a magnitude e persistência dessas alterações variam amplamente entre os estudos, reforçando a influência de fatores como idade, dieta e via de administração.

Considerações finais

Diante do exposto nesta revisão, pode-se considerar que os antibióticos oxitetraciclina, doxiciclina, enrofloxacin, danofloxacin e tulatromicina usados na produção animal, afetam a microbiota do rúmen/intestino bovino, tendo potencial para interferir na conversão zootécnica desses animais, devido ao potencial de perturbação microbiana associado ao uso desses fármacos.

Apesar das evidências de perturbação microbiana associadas ao uso de antibióticos, os dados disponíveis ainda são insuficientes para estabelecer relações causais diretas entre disbiose ruminal e perdas produtivas em longo prazo. Assim, futuros estudos devem priorizar delineamentos controlados, análises funcionais do microbioma e avaliação da resiliência microbiana, de modo a subsidiar protocolos terapêuticos mais seguros.

Referências

- Alós, J.-I. (2015). Resistencia bacteriana a los antibióticos: una crisis global. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 33(10), 692–699. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2014.10.004>.
- Ashdown, R. R., & Done, S. (2011). *Atlas colorido de anatomia veterinária dos ruminantes*. Elsevier.
- Baptista, M. G. F. M. (2013). Mecanismos de Resistência aos Antibióticos. In *Ciências Farmacêuticas*.
- Bartolomeu, L., Cavalieri, F., Andreazzi, M., Freire, S., & Santos, J. (2022). Tulatromicina: Uma abordagem analítica das publicações científicas. *Enciclopédia Biosfera*, 19(42). https://doi.org/10.18677/encibio_2022d29.
- Berchielli, T. T., Pires, A. V., & Oliveira, S. G. (2011). *Nutrição de Ruminantes* (616). FUNEP.
- Beyi, A. F., Brito-Goulart, D., Hawbecker, T., Ruddell, B., Hassall, A., Dewell, R., Dewell, G., Sahin, O., Zhang, Q., & Plummer, P. J. (2021). Enrofloxacin alters fecal microbiota and resistome irrespective of its dose in calves. *Microorganisms*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102162>.
- Beyi, A. F., Brito-Goulart, D., Hawbecker, T., Slagel, C., Ruddell, B., Hassall, A., Dewell, R., Dewell, G., Sahin, O., Zhang, Q., & Plummer, P. J. (2021). Danofloxacin treatment alters the diversity and resistome profile of gut microbiota in calves. *Microorganisms*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102023>.
- Bretschneider, G., Elizalde, J. C., & Pérez, F. A. (2008). The effect of feeding antibiotic growth promoters on the performance of beef cattle consuming forage-based diets: A review. *Livestock Science*, 114(2–3), 135–149. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.12.017>.
- Brulin, L., Ducrocq, S., Even, G., Sanchez, M. P., Martel, S., Merlin, S., Audebert, C., Croiseau, P., & Estellé, J. (2024). Short communication: Bifidobacterium abundance in the faecal microbiota is strongly associated with milk traits in dairy cattle. *Animal*, 18(8), 101243. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101243>.
- Calderón, G. R., & Ulate, L. A. (2017). Resistencia antimicrobiana: microorganismos más resistentes y antibióticos con menor actividad. *Revista Medica de Costa Rica y Centroamerica*, 73(621), 757–763.
- Cammack, K. M., Austin, K. J., Lamberson, W. R., Conant, G. C., & Cunningham, H. C. (2018). Ruminant nutrition symposium: Tiny but mighty: The role of the rumen microbes in livestock production. *Journal of Animal Science*, 96(2), 4481. <https://doi.org/10.1093/jas/skx053>.
- Chen, F., Cheng, G., Xu, Y., Wang, Y., Xia, Q., & Hu, S. (2020). Rumen Microbiota Distribution Analyzed by High-Throughput Sequencing After Oral Doxycycline Administration in Beef Cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00251>.
- Cruz, P. L. B., & Sampaio, S. F. (2016). As práticas terapêuticas não convencionais nos serviços de saúde: revisão integrativa. *Revista de APS*, 19(3), 483–494.
- Dehority, B. A., & Tirabasso, P. A. (2000). Antibiosis between ruminal bacteria and ruminal fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(7), 2921–2927. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.7.2921-2927.2000>.
- Demirtaş, A., Öztürk, H., & Pişkin, İ. (2018). Overview of plant extracts and plant secondary metabolites as alternatives to antibiotics for modification of ruminal fermentation. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 65(2), 213–217.
- Enemark, J. M. D. (2008a). The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. *The Veterinary Journal*, 176(1), 32–43. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.021>.
- Enemark, J. M. D. (2008b). The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): a review. (Special Issue: Production diseases of the transition cow.). *Veterinary Journal*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.021>

- Ferguson, K. M., Jacob, M. E., Theriot, C. M., Callahan, B. J., Prange, T., Papich, M. G., & Foster, D. M. (2018). Dosing regimen of enrofloxacin impacts intestinal pharmacokinetics and the fecal microbiota in steers. *Frontiers in Microbiology*, 9(SEP), 2190. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02190>.
- Fernandes, C. A. C., Palhão, M. P., Ribeiro, J. R., Viana, J. H. M., Gioso, M. M., Figueiredo, A. C. S., Oba, E., & Costa, D. S. (2012). Associação entre oxitetraciclina e cloprostenol no tratamento de vacas leiteiras com retenção de placenta. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 19(3), 178–182.
- Goodrich, R. D., & Thompson, W. R. (1980). Rumensin in the winter. *Feedlot Manage*, 22(3), 24.
- Guimarães, D. O., Momesso, L. S., & Pupo, M. T. (2010). Antibióticos: importância terapêutica e perspectivas para a descoberta e desenvolvimento de novos agentes. *Química Nova*, 33(3), 667–679. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000300035>.
- Hobson, P. N., & Stewart, C. S. (2012). *Rumen microbial ecosystem* (2nd ed.). Blackie Academic & Professional.
- Holman, D. B., Yang, W., & Alexander, T. W. (2019). Antibiotic treatment in feedlot cattle: A longitudinal study of the effect of oxytetracycline and tulathromycin on the fecal and nasopharyngeal microbiota. *Microbiome*, 7(1), 86. <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0696-4>.
- Hu, X., He, Z., Zhao, C., He, Y., Qiu, M., Xiang, K., Zhang, N., & Fu, Y. (2024). Gut/rumen-mammary gland axis in mastitis: Gut/rumen microbiota-mediated “gastroenterogenic mastitis.” *Journal of Advanced Research*, 55, 159–171. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2023.02.009>.
- Hu, X., Li, S., Mu, R., Guo, J., Zhao, C., Cao, Y., Zhang, N., & Fu, Y. (2022). The Rumen Microbiota Contributes to the Development of Mastitis in Dairy Cows. *Microbiology Spectrum*, 10(1), e0251221. <https://doi.org/10.1128/spectrum.02512-21>.
- Jane, A. P., Daniel, J. R., & Holly, T., B. (2017). Understanding the ruminant animal digestive system. *Mississippi State University*.
- Ji, S., Jiang, T., Yan, H., Guo, C., Liu, J., Su, H., Alugongo, G. M., Shi, H., Wang, Y., Cao, Z., & Li, S. (2018). Ecological restoration of antibiotic-disturbed gastrointestinal microbiota in foregut and hindgut of cows. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 8(MAR). <https://doi.org/10.3389/fcimb.2018.00079>.
- Kamwa, E. B. (2010). *Biosseguridade, higiene e profilaxia: abordagem teórico-didática e aplicada*. Nandyala.
- Keijser, B. J. F., Agamennone, V., Van Den Broek, T. J., Caspers, M., Van De Braak, A., Bomers, R., Havekes, M., Schoen, E., Van Baak, M., Mioch, D., Bomers, L., & Montijn, R. C. (2019). Dose-dependent impact of oxytetracycline on the veal calf microbiome and resistome. *BMC Genomics*, 20(1), 65. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-5419-x>.
- Kim, D.-W., & Cha, C.-J. (2021). Antibiotic resistome from the One-Health perspective: understanding and controlling antimicrobial resistance transmission. *Experimental & Molecular Medicine*, 53(3), 301–309. <https://doi.org/10.1038/s12276-021-00569-z>.
- Leyva, S., & Leyva, Elisa. (2008). Fluoroquinolonas. Mecanismos de acción y resistencia, estructura, síntesis y reacciones fisicoquímicas importantes para propiedades medicinales. *Sociedad Química de México*, (May).
- Leyva-Ramos, S., & Hernández-Lopes, H. (2017). Fluoroquinolonas: Perspectivas no antibacterianas. *Revista Espanhola de Quimioterapia*, 30(1).
- Liu, J. hua, Zhang, M. ling, Zhang, R. yang, Zhu, W. yun, & Mao, S. yong. (2016). Comparative studies of the composition of bacterial microbiota associated with the ruminal content, ruminal epithelium and in the faeces of lactating dairy cows. *Microbial Biotechnology*, 9(2), 257–268. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12345>.
- Martin, C. C. (2017). *Influência do uso precoce de antibiótico no desenvolvimento da microbiota intestinal, resposta imune e incidência de diarreias em bezerras recém-nascidas*. Universidade Estadual de São Paulo.
- Matthews, C., Crispie, F., Lewis, E., Reid, M., O’Toole, P. W., & Cotter, P. D. (2019). The rumen microbiome: a crucial consideration when optimising milk and meat production and nitrogen utilisation efficiency. *Gut Microbes*, 10(2), 115–132. <https://doi.org/10.1080/19490976.2018.1505176>.
- Mourthe, M. H. F., Reis, R. B., Ladeira, M. M., Souza, R. C., Coelho, S. G., & Saturnino, H. M. (2011). Suplemento múltiplo com ionóforos para novilhos em pasto: consumo, fermentação ruminal e

- degradabilidade in situ. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 63, 129–135. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000100020>.
- Muraro, M., Basano, F. S., Nazzari, R., & Franzini, G. (2008). Efficacia della tulatromicina nella prevenzione delle forme respiratorie del bovino (BRD) nell'allevamento del bovino da ingrasso in Italia. *Large Animal Review*, 14(6).
- Nagpal, R., Puniya, A. K., Sehgal, J. P., & Singh, K. (2011). In vitro fibrolytic potential of anaerobic rumen fungi from ruminants and non-ruminant herbivores. *Mycoscience*, 52(1), 31–38. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/S10267-010-0071-6>
- Nicolini, P., Nascimento, J. W. L., Greco, K. V., & Menezes, F. G. de. (2008). Fatores relacionados à prescrição médica de antibióticos em farmácia pública da região Oeste da cidade de São Paulo. *Ciência & Saúde Coletiva*, 13, 689–696. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232008000700018>.
- Ogunade, I., Pech-Cervantes, A., & Schweickart, H. (2019). Metatranscriptomic analysis of sub-acute ruminal acidosis in beef cattle. *Animals*, 9(5), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ani9050232>.
- Oliveira, G. S., Pereira, L. P. G., Lima, L. C. S., Oliveira, G. B., & Bragança, D. R. (2025). Efeitos dos resíduos de antibióticos e hormônios em produtos de origem animal na saúde pública: Revisão. *PUBVET*, 19(6), 1–9.
- Oliveira, V. S., Santos, A. C. P. dos, & Valença, R. de L. (2019). Desenvolvimento e fisiologia do trato digestivo de ruminantes. *Ciência Animal*, 29(3), 114–132.
- Parish, J. A., Rivera, J. D., & Boland, H. T. (2017). Understanding the ruminant animal digestive system. *Mississippi State University*.
- Park, T., Meulia, T., Firkins, J. L., & Yu, Z. (2017). Inhibition of the rumen ciliate *Entodinium caudatum* by antibiotics. *Frontiers in Microbiology*, 8(JUN), 1189. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01189>.
- Paula, K. G. S. A., Pessoa, M. S., & Abrão, F. O. (2019). Emissão de metano na pecuária: Relação causa-efeito e mecanismos modulatórios. *PUBVET*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n01a259.1-11>.
- Pedreira, M. S., Berchielli, T. T., & FUNEP. (2011). Minerais. In T. T. Berchielli, A. V. Pires, & S. G. Oliveira (Eds.), *Nutrição de Ruminantes* (Vol. 1, Number 2th ed., pp. 345–368). FUNEP.
- Percio, C., Barreta, D. A., Silva, E. R., & Zotti, C. A. (2019). Bovinocultura de corte brasileira sem o uso de antibióticos: Consequências e alternativas. *Horizontes Das Ciências Sociais Rurais*, 2, 306–321. <https://doi.org/10.22533>.
- Ramos, T. R., Prado, R. M., Ornaghi, M. G., Stuari, O. F., Penha, G. P., & Prado, I. N. (2022). SARA (Subacute Ruminal Acidosis) sua caracterização e consequências em bovinos: Revisão. *PUBVET*, 16(6), 1–11. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n06a1135.1-11>.
- Rangel, A. H. N., Leonel, F. P., Simplício, A. A., & Mendonça Júnior, A. F. (2008). Utilização de ionóforos na produção de ruminantes. *Revista de Biologia e Ciências Da Terra*, 8(1), 264–273.
- Repik, C. F., Lisboa, A. C. L. C., Tukasan, B. C., & Girio, R. J. S. (2021). A resistência antimicrobiana na produção animal: Alerta no contexto da saúde única. *PUBVET*, 16(4), 1–6. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n04a1084.1-6>.
- Rodrigues, P. H. M. (2016). *Rumenology: Chapter 6 - Control and Manipulation of Ruminal Fermentation*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30533-2>
- Sabes, A. F. (2020). Acidose ruminal subaguda: Aspectos clínicos, diagnóstico e prevenção. *Revista Interdisciplinar de Saúde e Educação*, 1(1), 90–106. <https://doi.org/10.56344/2675-4827.v1n1a20206>.
- Santos, M. L., Oliveira, C. A., Sousa, G. F. S., Araújo, M. C. N., Rabassa, V., Barbosa, T. C., Londero, U. S., Pino, F. A. B., & Corrêa, M. N. (2024). Processo digestivo em ruminantes e tecnologias de monitoramento utilizadas em rebanhos leiteiros: Revisão. *PUBVET*, 18(10), 1–16. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v18n10e1670>.
- Scanlan, C. M., & Hathcock, T. L. (1983). Bovine rumenitis-liver abscess complex: a bacteriological review. *The Cornell Veterinarian*, 73(3), 288–297.
- Silvestro, S., Biondo, C., Midiri, A., Lucia, B., & Mancuso, G. (2025). The Role of Livestock Antibiotic Use in Microbiota Dysbiosis and Neuroinflammation. *Antibiotics*, 14(6), 608. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14060608>.
- Spinosa, H. S. (2011). Antibióticos bacteriostáticos que interferem na síntese proteica: Macrolídios, Lincosamidas, Pleuromutilinas, Estreptograminas, Tetraciclínas, Cloranfenicol e Derivados. In H. S.

- Spinosa, S. L. Górnaiak, & M. M. Bernardi (Eds.), *Farmacologia aplicada à medicina veterinária* (5a ed., pp. 464–473). Koogan Guanabara.
- Torres, C., & Zarazaga, M. (2002). Antibióticos como promotores del crecimiento en animales; Vamos por el buen camino? *Gaceta Sanitaria*, 16(2), 109–112.
- Valadares Filho, S. C., & Pina, D. S. (2011). Fermentação ruminal. In T. T. Berchielli, A. V Pires, & S. G. Oliveira (Eds.), *Nutrição de Ruminantes* (Number 2th ed., pp. 161–192). FUNEP.
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. In *Nutritional Ecology of the Ruminant* (Vol. 1, Number 2). Cornell University Press. <https://doi.org/10.7591/9781501732355>
- Wannmacher, L. (2004). Uso indiscriminado de antibióticos e resistência microbiana: Uma guerra perdida? *ISSN 1810-0791*, 1(4), 1–6.
- Wlodarski, L., Maeda, E. M., Fluck, A. C., & Gilioli, D. (2017). Ruminal microbial: Diversity, importance and Characterization. *Revista Electronica de Veterinaria*, 18(11).
- Yanza, Y. R., Szumacher-Strabel, M., Jayanegara, A., Kasenta, A. M., Gao, M., Huang, H., Patra, A. K., Warzych, E., & Cieślak, A. (2021). The effects of dietary medium-chain fatty acids on ruminal methanogenesis and fermentation in vitro and in vivo: A meta-analysis. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(5), 874–889. <https://doi.org/10.1111/jpn.13367>.
- Zeoula, L. M., & Geron, L. J. V. (2011). Vitaminas. In T. T. Berchielli, A. V Pires, & S. G. Oliveira (Eds.), *Nutrição de Ruminantes* (Vol. 1, Number 2th ed., pp. 369–414). FUNEP.
- Zotti, C. A., & Paulino, V. T. (2009). *Metano na produção animal: emissão e minimização de seu impacto*. Instituto de Zootecnia.

Histórico do artigo:**Recebido:** 12 de janeiro de 2026**Aprovado:** 8 de fevereiro de 2026**Licenciamento:** Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.