

ADITIVOS UTILIZADOS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES: CARACTERÍSTICAS E PARTICULARIDADES

Andressa Radtke Baungratz*; Tiago Venturini**; Emilyn Midori Maeda***

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), zootecnistaandressa@gmail.com.

**Programa de pós-graduação em Zootecnia (UNIOESTE/UTFPR), venturini_tiago@hotmail.com.

***Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), maedazoo@gmail.com.

INFORMAÇÕES

Histórico de submissão:

Recebido em: 15 fev. 2024.

Aceite: 29 abr. 2024.

Publicação online: maio 2024.

RESUMO

A produção de ruminantes representa boa parte da cadeia produtiva e econômica do Brasil, contando com produção local e destinada à exportação, a qualidade do produto final deve ser motivo de agrado e atração de consumidores. Tal objetivo somente será alcançado quando utilizando-se uma alimentação de qualidade, que supra todas as necessidades animais e seja de baixo custo e fácil acesso ao criador. Atualmente, a nutrição animal conta com inúmeros suprimentos disponíveis para utilização, produtos que visam melhorar características como a digestibilidade e aproveitamento do alimento fornecido pelos microrganismos ruminais. Dessa forma, objetivou-se nesta revisão bibliográfica relatar a importância de processos simples como a fermentação ruminal, bem como as principais substâncias utilizadas como modificadores desta.

Palavras-chave: digestibilidade da fibra; fermentação ruminal; microrganismos ruminais; produção de ruminantes.

ABSTRACT

The production of ruminants represents a significant portion of Brazil's productive and economic chain, both for local consumption and exportation. The quality of the final product should be a reason for consumer satisfaction and attraction. This objective will only be achieved by using high-quality feed that meets all animal needs while being low-cost and easily accessible to breeders. Currently, animal nutrition benefits from numerous available supplies aimed at improving characteristics such as digestibility and the utilization of feed by ruminal microorganisms. Thus, this literature review aims to highlight the importance of simple processes like ruminal fermentation, as well as the main substances used as modifiers in this process.

Keywords: fiber digestibility; ruminal fermentation; ruminal microorganisms; ruminant production.

Copyright © 2024, Andressa Radtke Baungratz; Tiago Venturini; Emilyn Midori Maeda. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citação: BAUNGRATZ, Andressa Radtke; VENTURINI, Tiago; MAEDA, Emilyn Midori. Aditivos utilizados na nutrição de ruminantes: características e particularidades. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguauçu, v. 2, n. 3, p. 48-59, maio 2024.

INTRODUÇÃO

O principal objetivo a ser alcançado no sistema produtivo animal é a manipulação do ambiente ruminal, visando melhorar a eficiência da conversão alimentar para a produção de produtos de origem animal de qualidade. Essa eficiência é comumente obtida com a utilização de dietas formuladas e a

utilização de aditivos que modifiquem o ambiente ruminal dos animais (GERACI et al., 2012).

Os ruminantes possuem algumas particularidades quando comparados a outros animais. São herbívoros, se alimentam principalmente de fibras, e possuem um sistema digestório composto por rúmen, retículo, omaso e abomaso (GOMES-SILVA, 2016).

O sistema digestório desses animais é rico em diferentes microrganismos, responsáveis pela degradação de carboidratos e proteínas, principalmente. O processo de fermentação é responsável pela degradação, gerando nutrientes necessários para o crescimento deles. Ácidos graxos de cadeia curta e proteína microbiana, são alguns dos produtos resultantes da fermentação, além de produtos não utilizados, como calor, metano (CH₄) e amônia (NH₃). Estes, representam perdas de energia e proteína, reduzindo o desempenho produtivo e contribuindo para a liberação de poluentes para o meio ambiente (KOZLOSKI, 2011).

Visando o aumento da eficiência na síntese microbiana, diferentes produtos vêm sendo amplamente utilizados. O uso de antibióticos com função de promotores de crescimento, amplamente utilizados em tempos anteriores, tem sido vetado pela organização Mundial da Saúde, considerando os mesmos como um possível risco para a saúde humana (OMS, 2012).

A resistência bacteriana e possíveis resíduos são outros problemas ocasionados pela ampla utilização de aditivos como os antibióticos. Grandes mercados compradores de proteína animal, a exemplo do europeu, restringem a utilização desse produto na alimentação animal (OJEU, 2013).

Dessa forma, objetiva-se nesta revisão bibliográfica, abordar os diferentes produtos utilizados como moduladores da fermentação ruminal, suas características e principais vantagens e desvantagens. Assim, reforçando a contribuição e importância dessas informações para a produção de ruminantes em geral.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Antimicrobianos ionóforos como moduladores de fermentação animal

Muito utilizados visando melhorar a eficiência do metabolismo energético e proteico, e diminuir a incidência de distúrbios digestivos, a exemplo da acidose ruminal e o timpanismo, os ionóforos tem por característica deprimir ou inibir os microrganismos gram-positivos, produtores primários de ácido láctico, e, posteriormente, melhorar a eficiência da utilização de bactérias gram-negativas, como *Megasphaera elsdenii* e *Selenomonas ruminantium* (NAGARAJA-TAYLOR, 1987). Isso porque, a maioria das bactérias gram-negativas possuem uma membrana externa com canais de proteína, as porinas, com um tamanho limite de 600 daltons (Da). Como o tamanho dos ionóforos em geral é maior que esse, eles não passam através das porinas (NAGARAJA et al., 1997).

O mecanismo de ação dos ionóforos está relacionado com a habilidade deles em alterar o fluxo de cátions por meio da membrana. Cada ionóforo é capaz de se ligar a cátions de tamanhos apropriados, formando assim um complexo cátion-ionóforo, que se pode difundir pelo interior da membrana (McGUFFEY, 2001).

De acordo com Nagaraja et al. (1997), existem em torno de 120 ionóforos descritos, no entanto, somente quatro são aprovados e liberados para uso em dietas de ruminantes, sendo: monoensina, lasalocida, salinomicina e laidomicinapropionato.

O uso de ionóforos na alimentação animal promove alterações em relação a fermentação ruminal. Têm-se um aumento na produção de propionato quando comparado ao acetato, ocasionando um aumento da retenção de energia fermentada no rúmen. Os ionóforos também proporcionam uma diminuição da perda de energia na formação de gases, principalmente o metano. Menor produção de amônio e maior escape de proteína, produto esse da fermentação ruminal. Além disso, a utilização de ionóforos proporciona uma melhor conversão alimentar (POSSAMAI et al., 2011).

Animais recebendo dietas ricas em grãos, quando enriquecidas com ionóforos, apresentam uma diminuição no consumo de alimento, sem apresentar queda no ganho de peso. Isso ocorre devido ao mecanismo quimiostático da ingestão, já que o uso de ionóforos proporciona um aumento da disponibilidade de energia. Em animais alimentados com dietas de alta energia, onde o mecanismo quimiostático já está presente, um menor consumo é capaz de suprir a mesma quantidade de energia necessária. Em situações onde os animais são alimentados com maiores quantidades de forragem e uma menor densidade energética, o aumento energético não proporciona redução no consumo. Nessas situações, o ganho de peso é superior e a conversão alimentar melhorada, já que a quantidade de energia disponível para ser aproveitada nesse momento é maior (LANNA, 1998).

Antimicrobianos não ionóforos - Virginiamicina (VM)

Produzido a partir da bactéria *Streptomyces virginiae*, foi descoberta por meio de um isolado no ano de 1854, em uma amostra de solo Belga (DeSOMER; VAN DIJCK, 1955). É composta por dois peptídeos, conhecidos por fator M (C₂₈H₃₅N₃O) e S (C₄₃H₄₉N₇O₇), com um tamanho médio de 525 e 823 Da, respectivamente (PAGE, 2003).

Sua atividade é efetiva somente sobre bactérias gram-negativas, devido questões de permeabilidade celular (COCITO, 1979; PAGE, 2003). Esta, depende da

interação sinérgica de seus componentes, possibilitando a penetração pela parede celular das bactérias e ligação a uma unidade cromossomal, inibindo assim a formação de uma ligação peptídica durante o processo de síntese proteica bacteriana (VANDERHAEGHE; PARMENTIER, 1960). Essa inibição irá romper diferentes processos metabólicos dentro da célula bem como a atividade de reprodução das bactérias, levando a mesma à morte (COCITO, 1979; Di GIAMBATTISTA et al., 1989; MINGOTI, 2013).

A VM é conhecida como inibidor eficiente de bactérias produtoras de ácido láctico, proporcionando uma diminuição da produção de metano entérico e sendo utilizada na prevenção de acidoses ruminais, devido ao fato de facilitar períodos de transição entre dietas com altos níveis de forragem e concentrado, por exemplo (COE et al., 1999).

Em resumo, sabe-se que sua utilização proporciona redução na ingestão de matéria seca, melhoria da eficiência alimentar, diminuição da degradação proteica e produção de amônia, além do aumento do pH ruminal pela inibição de bactérias produtoras de ácido láctico (MINGOTI, 2013).

Leveduras com funções de probióticos

Fungos unicelulares, leveduras a exemplo da *Saccharomyces cerevisiae*, considerada resíduo da indústria sucro-alcooleira, são tradicionalmente usadas na alimentação humana e como suplemento na nutrição animal, devido à sua ação muito parecida com os ionóforos, melhorando o ganho de peso e a produção de leite, em resposta ao aumento no consumo de matéria seca (BERTO, 1985; REIS et al., 2006). Enquanto os probióticos, culturas vivas de microrganismos, são conhecidos pelo seu efeito no equilíbrio ecológico da microbiota intestinal, beneficiando atividades de saúde e crescimento dos animais (FULLER, 1989).

Em geral, as leveduras são obtidas após um processo de centrifugação na fermentação alcóolica de produtos como o melaço, que após secas e moídas são destinadas à suplementação de animais (BERTO, 1985). De acordo com Martin e Nisbet (1992), atuam modificando a fermentação ruminal de duas formas: fornecendo espécies de estímulos para as bactérias do rúmen, e absorvendo o oxigênio que adentra no ambiente ruminal.

Pesquisas indicam que a utilização de leveduras ocasiona alterações no equilíbrio acetato/propionato a partir do crescimento das bactérias ruminais, em maior proporção as celulolíticas. Tal mecanismo pode provocar um aumento da utilização de amônia ruminal e um aumento no desvio de proteína microbiana para o duodeno (NEWBOLD et al., 1996).

No entanto, esses efeitos dependem diretamente do fornecimento contínuo de quantidades suficientes de células vivas para o organismo animal (MANTOVANI; BENTO, 2013). As leveduras possuem capacidade de melhorar a atividade metabólica e a viabilidade microbiana, fornecendo nutrientes e liberando fatores de crescimento, a exemplo de algumas enzimas essenciais, vitaminas e aminoácidos, durante o processo de digestão (MARTIN; NISBET, 1992). Além disso, estimulam o crescimento de bactérias celulolíticas e utilizadoras de lactato (CHAUCHEYRAS et al., 1997).

Quitosana

De estrutura muito similar à celulose, pode ser utilizada como alimento funcional (SENEL et al., 2004), uma vez que a quitosana não é formada por um único composto, mas sim, por uma gama de componentes, cada um com peso molecular e grau de acetilação diferentes (DIAS, 2016).

Estudos indicam que o termo “quitosana” foi originado no ano de 1859, quando um processo de desacetilação da quitina, em uma solução concentrada de hidróxido de potássio resultou em um produto novo, a quitosana. É conhecida na forma de pó incolor, não apresentando solubilidade em água e composta por solventes orgânicos que permitem sua dissolução em ácidos minerais concentrados (ROBERTS, 1992).

Sua utilização é difundida devido ao grande potencial de aplicação em diferentes áreas e baixo custo de produção (DIAS, 2016). Goiri et al., (2009) propuseram a utilização da quitosana como moduladora da fermentação ruminal pela primeira vez em ruminantes. Devido a sua atividade microbiana ser reconhecida em fungos e bactérias, os pesquisadores acreditavam que ela teria um comportamento semelhante ao observado em monogástricos, pelo fato de selecionar microrganismos benéficos para o ecossistema ruminal.

O mecanismo de ação da quitosana como antimicrobiano ainda não é bem conhecido. Estudos sugerem que o mesmo ocorre por meio de uma mudança na permeabilidade celular, promovendo uma interação com a superfície lipopolissacarídea (LPS) das bactérias gram negativas e com a fração peptidoglicana em gram-positivas. No entanto, bactérias gram positivas são mais susceptíveis que as gram negativas (WANG, 1992; NO et al., 2002; SENEL et al., 2004, KUMAR et al., 2005).

Estudos realizados por Raafat et al. (2009) indicam que a quitosana quando utilizada como antimicrobiano, se liga aos polímeros da parede celular bacteriana e causa efeitos secundários celulares por meio da desestabilização e interrupção

da membrana. Além disso, quando ligada à membrana, a quitosana afeta as vias de geração de energia, comprometendo a cadeia de transporte de elétrons, reduzindo as quantidades necessárias de oxigênio e forçando às células à mecanismos de anaerobiose, levando a disfunções do sistema celular. O acúmulo de polímeros nas proximidades da membrana também ocasiona efeitos negativos, desencadeando respostas ao estresse devido à queda do pH local.

Metabólitos secundários de plantas – extratos vegetais e óleos essenciais

As plantas em geral produzem grandes quantidades de metabólitos secundários. Estes, não apresentam nenhuma função direta no crescimento e desenvolvimento das plantas, mas sim, de atuar como defesa contra herbívoros e barreira química. Essa proteção se dá na forma de atrativos e agentes de competição entre plantas e microrganismos (BALANDRIN et al., 1985; TAIZ; ZEIGER, 2004; WINA et al., 2005). Estes, podem ser classificados em terpenos, compostos fenólicos e alcaloides, variando conforme a via de origem e estrutura química (PERES, 2004).

Os terpenos podem ser observados em diferentes formas, conforme variação de cadeia, terpenoides, monoterpênicos, sesquiterpenos, diterpenos e triterpenos. Estes, de forma química C_{30} , são amplamente distribuídos no reino vegetal e muito utilizados em farmacologia geral. Esteroides, saponinas triterpênicas ou esteroidais e glicosídeos cardiotônicos são os compostos mais importantes desta categoria (BODAS et al., 2012).

As saponinas são formadas por 27 carbonos, e consistem em três compostos básicos: esteroides, triterpenoides glicosilados e alcaloides esteroidais (WINA et al., 2005). Estas, possuem capacidade de interagir com esteróis da membrana plasmática das células, ocasionando mudanças na conformação e estrutura das mesmas, aumentando a permeabilidade permitindo a entrada de íons e água para o interior da célula, ocasionando sua ruptura (KARABALIEV; KOCHEV, 2003).

De acordo com Souza et al., (2016), as saponinas apresentam grande potencialidade na inibição de protozoários ciliados do rúmen, melhorando a síntese proteica por meio do aumento do fluxo de proteínas para o duodeno, pela redução da predação bacteriana pelos protozoários. Estudos realizados por Wallace et al. (1994) e Castro-Montoya et al. (2012) indicam que as saponinas foram eficientes em diminuir o desenvolvimento de bactérias gram-positivas, principalmente as celulolíticas, inibindo assim o crescimento de bactérias como *Butyrivibrio fibrisolvens* e *Streptococcus bovis*.

A defaunação de protozoários pode promover o aumento da população de bactérias do rúmen em até quatro vezes, provando assim a atividade de maximização de proteína bacteriana pelas saponinas (NEWBOLD; HILMAN, 1990). Além disso, extratos vegetais contendo saponinas são ferramentas eficientes em reduzir a produção de metano, devido à sua ação sobre os protozoários (WANAPAT et al., 2013).

No entanto, alguns estudos indicam que a microbiota ruminal possa desenvolver mecanismos de adaptação às saponinas (IVAN et al., 2004), além de influenciar no perfil de ácidos graxos conforme a dieta e dose de saponina fornecidos ao animal (WINA et al., 2005). Isso porque o efeito das saponinas sobre o metabolismo ruminal é dose-dependente, assim, altas inclusões desse componente na dieta podem influenciar negativamente o desempenho animal, representando assim um desafio para a produção animal (LI; POWERS, 2012).

Outra classe de metabólito secundário, os taninos, podem se apresentar nas formas condensados (TC) ou hidrolisáveis (TH). Os TC são polímeros de flavonoides, principalmente catequina e galocatequina, com formas antocianidinas. Já os TH são compostos por polímeros de ácido gálico ou egálico esterificados (galotaninos e elagitaninos) ligados a uma molécula de açúcar ou polifenol (PATRA; SAXENA, 2010).

Na nutrição de ruminantes, os taninos atuam inibindo protozoários e bactérias metanogênicas, reduzindo assim a produção de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e metano (CH₄) e a proporção acetato:propionato (LIU et al., 2011; DSCHAAK et al., 2011; CIESLAK et al., 2012).

Acredita-se que os taninos podem atuar sobre os microrganismos de três formas diferentes (SCALBERT, 1991), sendo:

- Pela inibição de enzimas bacterianas e fúngicas e/ou pela complexação com os substratos destas enzimas;
- Pela atuação sobre as membranas celulares dos microrganismos, ocasionando modificações no metabolismo dos mesmos;
- Diminuindo a disponibilidade de íons essenciais para o metabolismo microbiano, por meio da complexação dos taninos com íons metálicos.

De acordo com Leinmuller et al., (1991) e Frutos et al., (2004), o pH favorável para a complexação dos taninos varia de 3,5 até 7. Quando acima de 8, o complexo tende a se desfazer e em pH de 1,0 a 3,0, quase que a totalidade de proteína se encontra livre.

A formação de complexos é mais facilitada no rúmen que no abomaso, onde as ligações são

quebradas quando encontram um pH em torno de 2. São os mecanismos de afinidade entre tanino, proteína e outras moléculas que determinam a quebra ou não das ligações (MAKKAR, 2003).

Assim, alguns complexos podem passar intactos pelo trato gastrointestinal e excretados nas fezes, como as ligações tanino-proteínas e tanino-polímeros (celulose, hemicelulose e pectina) (McNEILL et al., 1998). Situações como esta ocorrem quando os taninos são administrados em altas doses, prejudicando a digestão e degradação dos alimentos, principalmente as frações fibrosas e proteicas (McSWEENEY et al., 2001).

Conforme Souza et al., (2016), os TC também podem ser utilizados como proteção da proteína dietética, na forma *by-pass*, objetivando um aporte maior de aminoácidos para absorção duodenal. Baixas concentrações de TC reduzem a degradação proteica a nível de rúmen, devido a complexação com a proteína dietética ou ainda pelo fato de reduzir a população de microrganismos proteolíticos (MIN et al., 2003).

Os óleos essenciais podem ser caracterizados como compostos aromáticos voláteis, extraídos de diferentes partes de plantas (KUNG et al., 2008). Suas propriedades antibacterianas, antifúngicas e antioxidantes são utilizadas como aditivos naturais em rações para animais – uma vez que seus componentes ativos possuem a capacidade de desestabilizar a membrana de protozoários e bactérias gram-positivas, com um mecanismo muito semelhante aos ionóforos (CASTILLEJOS et al., 2006).

Em geral, os óleos essenciais apresentam uma variedade de compostos de baixo peso molecular (DORMAN; DEANS, 2000). Os compostos ativos encontrados em maiores proporções nestes produtos são os terpenoides e fenilpropanoides, e destes, têm-se uma variação de componentes químicos (BENCHAAR et al., 2007; CALSAMIGLIA et al., 2007; SOUZA et al., 2016).

Pesquisas indicam que a atividade antibacteriana dos óleos essenciais não é atribuída a um único fator ou mecanismo. As interações vão desde alterações na membrana citoplasmática, mudança no fluxo de elétrons, alterações no transporte ativo, desnaturação e coagulação do conteúdo celular. Por isso, um mecanismo pode depender ou até mesmo vir a ocasionar outro subsequente (CHAO et al., 2000; DORMAN; DEANS, 2000; BURT, 2004).

Os efeitos observados na nutrição de ruminantes são ocasionados pelas diferentes estruturas químicas presentes nos óleos, é ela quem irá determinar o tipo de mecanismo e a potencialidade da ação (SOUZA et al., 2016).

Estudos comprovam que determinados componentes químicos dos óleos essenciais são

capazes de modificar favoravelmente a fermentação ruminal, ocasionando alterações no perfil de ácidos graxos, na metanogênese e no metabolismo de proteínas (CALSAMIGLIA et al., 2007).

A utilização destes produtos também pode ser favorável para a digestibilidade dos alimentos. Compostos ativos como a capsaicina, eugenol e cinamaldeído vem se mostrando eficazes em estimular enzimas pancreáticas e intestinais, tornando o processo digestivo mais eficiente (BRUGALLI, 2003).

Além destes, limoneno e timol são outros dois compostos com grande atuação sobre a nutrição, tendo ação sobre bactérias gram-positivas e gram-negativas alterando assim o metabolismo proteico e o perfil de ácidos graxos, de forma positiva (SOUZA et al., 2016).

Própolis

Produzida pelas abelhas, a partir de exsudatos resinosos de diferentes partes das plantas e secreções, a própolis é um material lipofílico, resinoso, de aroma acentuado e com coloração variável conforme a floração polinizada pelas abelhas (BONVEHÍ et al., 1994; MARCUCCI, 1995; PARK et al., 2002; SFORCIN, 2009).

Sua composição química é bastante variável, consistindo basicamente em resina e bálsamos, cera, óleos vegetais e pólen (PAULINO, 2004). Flavonoides, ácidos aromáticos, ácidos graxos, fenóis, aminoácidos, diferentes vitaminas e minerais são os principais constituintes químicos desse produto natural (SILVA, 2009).

Os relatos envolvendo a utilização da própolis na nutrição animal são escassos, não existem estudos efetivos sobre a aplicabilidade da própolis como aditivo nutricional para animais ruminantes nem sobre seus efeitos propriamente ditos, no entanto, estudos realizados indicam que a mesma possui capacidade em inibir bactérias gram-positivas, principalmente quando relacionadas à problemas de mastite em bovinos leiteiros (PINTO, 2000; STRADIOTTI Jr et al., 2004).

Estudos confirmam que a própolis possui efeitos sobre a permeabilidade da membrana citoplasmática bacteriana aos íons, promovendo assim a dissipação do potencial da mesma, dando à ela a característica de substância ionófora (MIRZOEVA et al., 1997).

Além da atuação como ionóforo, acredita-se que a própolis possa atuar inibindo o crescimento de bactérias proteolíticas (HINO; RUSSELL, 1986). Com respeito aos ácidos graxos voláteis, têm-se um aumento na produção de propionato, levando a uma redução na relação acetato:propionato no rúmen.

Essa diminuição da relação acetato:propionato é benéfica, devido ao fato de disponibilizar uma menor quantidade de carbono e hidrogênio no rúmen, diminuindo então a produção de metano. Sabendo que eficiência energética elevada está totalmente associada à uma menor produção de metano, e animais que produzem quantidades menores deste gás apresentam um desempenho animal elevado (STRADIOTTI Jr et al., 2004).

Além disso, a própolis promove uma redução no processo de desaminação dos aminoácidos, possibilitando uma economia de energia para o animal, além de um incremento na produção de leite (FREITAS et al., 2009).

Bacteriocinas – Nisina e Bovicina HC5

Conhecidas por serem peptídeos sintetizados de forma ribossomal e por possuírem ação antimicrobiana contra organismos filogeneticamente relacionados, as bacteriocinas são produzidas por microrganismos dos domínios *Bacteria* e *Archaea* (NES et al., 2007).

Estes peptídeos vêm sendo muito estudados devido ao fato de apresentarem algumas facilidades em relação à outros produtos, por desempenharem atividade antimicrobiana em concentrações nanomolares, sendo eficazes no combate de patógenos e serem livres de resíduos para segurança alimentar (COTTER et al., 2013).

As bactérias presentes no rúmen podem produzir uma gama muito grande de bacteriocinas, incluindo *S. equinus* HC5, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Ruminococcus albus*, *Enterococcus faecium* e demais (RUSSELL; RYCHLIK, 2001, MANTOVANI et al., 2002, HAN et al., 2015).

O mecanismo de atuação da nisina e da bovicina são semelhantes. Ambas ligam-se ao precursor da síntese de peptideoglicano inibindo a formação da parede celular. Os peptídeos utilizam o peptideoglicano como sítio de ligação para a formação de poros na membrana citoplasmática, promovendo um extravasamento do conteúdo celular (BREUKINK; KRUIJFF, 1999; MANTOVANI et al., 2011; PAIVA et al., 2012).

Estudos relacionados à utilização de nisina na alimentação animal indicam que esta foi eficiente em diminuir as concentrações de amônia, metano, ácidos voláteis e hidrogênio, além de influenciar negativamente a relação acetato:propionato inibindo assim a fermentação de celulose, amido e aminoácidos (CALLAWAY et al., 1997; OEZTUERK et al., 2010).

No entanto, o fornecimento de doses baixas de nisina à ruminantes tem acarretado mecanismos de resistência, o que inviabiliza a aplicação e

manipulação do produto na fermentação ruminal (RUSSELL, 2001).

A bacteriocina surge como uma alternativa de utilização para animais que criaram mecanismos de resistência à nisina (LIMA et al., 2009; MANTOVANI et al., 2002; MANTOVANI; RUSSELL, 2008). Além disso, estudos realizados à cerca de sua utilização em bovinos leiteiros, indicam a potencialidade do peptídeo em reduzir a produção de metano pelos animais (LEE et al., 2002).

Enzimas fibrolíticas

As enzimas fibrolíticas utilizadas na nutrição animal são de origem bacteriana ou fúngica, *Bacillus* sp. e *Trichoderma aspergillus* spp., respectivamente. Estas, são incluídas na dieta em um percentual de 0,01 até 1% na MS total, podendo contribuir em até 15% da atividade fibrolítica total do fluxo ruminal (CHIZZOTTI et al., 2006).

O mecanismo de ação das enzimas pode ser explicado pela facilidade na aderência de outros microrganismos à parede celular, provocada pela liberação de açúcares solúveis ou alterações na superfície da fibra, ocasionando uma atração quimiotática (NEWBOLD, 1997). O mecanismo de aderência é facilitado por meio de enzimas polissacaridases (xilanasases e celulasases) nos extratos, proporcionando a manipulação do ambiente ruminal (POSSAMAI et al., 2011).

Quanto mais ativa for a população ruminal de fungos, maior será a secreção de enzimas que irão promover um maior contato dos fungos com determinados componentes das plantas, resultando assim em uma maior infiltração dos rizoides dos fungos. A invasão bacteriana é acelerada e as camadas interiores das plantas acessadas com maior rapidez e facilidade (POSSAMAI et al., 2011).

Conforme Lee et al. (2000), o fornecimento de enzimas fibrolíticas para ruminantes pode resultar em um aumento da digestibilidade dos nutrientes e na retenção de nitrogênio (N). Isso ocorre devido ao aumento do número de bactérias e fungos no rúmen e alterações no perfil de ácidos graxos voláteis produzidos.

Muitos complexos enzimáticos, formados por um conjunto de enzimas fibrolíticas, amilolíticas e proteolíticas vem sendo utilizados em combinação com inoculantes bacterianos no processo de ensilagem, buscando melhores valores nutritivos do alimento conservado. No entanto, estudos indicam que este fator está intimamente ligado às características do material ensilado, a taxa de aplicação do produto e o tempo de ensilagem (REIS et al., 2015a; REIS et al., 2015b).

Lipídios

Os lipídios são amplamente utilizados na nutrição animal devido à sua capacidade de aumentar a densidade energética da dieta. No entanto, o uso incorreto como quando em altas dosagens, provoca alterações na digestibilidade e absorção de nutrientes (POSSAMAI et al., 2011).

Sua inclusão na dieta acarreta uma diminuição da fermentação ruminal de carboidratos estruturais, além da diminuição na concentração de amônia produzida pela proteólise e reciclagem de bactérias (POSSAMAI et al., 2011). Conforme Nagaraja et al. (1997), os efeitos dos lipídios na fermentação ruminal ocorrem pelo aumento do fluxo de proteína microbiana devido à redução na concentração de protozoários, o que proporciona uma maior eficiência microbiana. Assim, pode-se ter um aumento da produção ruminal de propionato e redução da metanogênese.

Podem apresentar um comportamento muito semelhante ao dos ionóforos na dieta, assim, a gordura apresenta elevado potencial de utilização, visando principalmente a diminuição da emissão de gases do efeito estufa (MEDEIROS et al., 2015).

Dietas contendo gordura como suplemento proporcionam uma fermentação ruminal mais eficiente, uma vez que se têm maior produção de ácido propiônico e maior retenção de carbono. No entanto, a utilização desse produto na alimentação animal deve ser tratado com cuidado, recomenda-se que a dieta não contenha mais que 6% na MS de inclusão de lipídios (60 gramas de lipídios para cada kg de MS), evitando assim a não degradação da fibra e efeitos tóxicos às bactérias ruminais (MEDEIROS et al., 2015).

Tamponantes

A utilização de tamponantes na dieta é dependente do sistema em que os animais são criados e da alimentação fornecida. Ruminantes à pasto em geral não necessitam da utilização de tampões, uma vez que a base da sua alimentação, pastagem, é rica em fibra, estimulando assim a produção de grandes quantidades de saliva, que por sua vez é rica em substâncias de caráter tamponante (ORTOLAN, 2010).

Diversos são os produtos com características tamponantes disponíveis no mercado para utilização na alimentação animal, dentre eles: bicarbonato de sódio (NaHCO_3), óxido de magnésio (MgO) e carbonato de cálcio (CaCO_3). Suas concentrações e recomendações de fornecimento variam conforme o tipo, marca comercial, concentração e demais.

São utilizados visando reduzir a incidência de problemas de acidose ruminal em animais alimentados com dietas contendo alto teor de grão, ou ainda, para melhorar a digestibilidade da fibra em dietas à base de silagem de milho. Problemas estes ocasionados pela elevada quantidade de ácidos orgânicos produzidos no rúmen durante o processo de fermentação microbiana (SIMIONI, 2010).

Em geral, tampões ruminais devem ter alta solubilidade em água e possuir um ponto de equivalência (pKa) próximo ao valor do pH ruminal (6,2 a 6,8) (POSSAMAI et al., 2011).

Sabe-se que o uso de tampões na dieta ocasiona modificações na fermentação ruminal. Seus principais efeitos são ao aumento e/ou resistência a mudanças de pH e ao aumento da taxa de diluição ruminal. Este, ocorre pelo aumento da osmolaridade, que ocasiona de forma indireta um aumento no consumo de água e influxo pela parede do rúmen (NAGARAJA et al., 1997).

Uma dieta com alta densidade de fibras com baixa concentração de carboidratos não-estruturais (CNE), reduz a necessidade da utilização de aditivos com ação tamponante, visto que a fibra estimula a ruminação a qual mantém o pH do rúmen estável e consequente saudável (ORTOLAN, 2010).

CONCLUSÕES

- A população microbiana ruminal pode ser manipulada com facilidade por meio da utilização de aditivos.

- A fermentação ruminal, processo indispensável para que o alimento fornecido seja digerido e aproveitado da melhor forma possível, pode ocorrer intermediada por diferentes fatores.

- A manipulação da população de microrganismos ruminais é de extrema importância, afinal, a partir dela pode-se presumir as melhores dietas para determinados objetivos finais – produção de carne, leite, entre outros.

REFERÊNCIAS

- BALANDRIN, M.F.; KLOCKE, J.A.; WURTELE, E.S.; BOLLINGER, W.H. Natural plant chemicals: sources of industrial and medicinal materials. **Science**, v. 228, n. 4704, p. 1154-1160, 1985.
- BENCHAAR, C.; CHAVES, A.V.; FRASER, G.R.; BEACHEMIN, K.A.; McALLISTER, T.A. Effects of essential oils and their components on in vitro rumen microbial fermentation. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 87, n. 3, p. 413-419, 2007.

- BERTO, D. A. **Levedura seca de destilaria de álcool de cana-de-açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) na alimentação de leitões em recria**. 1985. 132 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura - Luiz de Queiroz), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.
- BODAS, R.; PRIETO, N.; GARCIA=GONZÁLEZ, R.; ANDRÉS, S.; GIRÁLDEZ, F.J.; LÓPEZ, S. Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, n. 1-4, p. 78-93, 2012.
- BONVEHI, J.S.; COLL, F.V.; JORDÁ, R.E. The composition, active components and bacteriostatic activity of propolis in dietetics. **Journal of American Oil Chemists Society**, v. 71, n. 5, p. 529-532, 1994.
- BREUKINK, E.; DE KRUIJFF, B. The lantibiotic nisin, a special case or not? **Biochimica et Biophysica Acta - Biomembranes**, v. 1462, n. 1-2, p. 223-234, 1999.
- BRUGALLI, I. Alimentação alternativa: a utilização de fitoterápicos ou nutracêuticos como moduladores da imunidade e desempenho animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2003. p.167-182.
- BURT, S. Essential Oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 233-253, 2004.
- CALLAWAY, T.R.; CARNEIRO DE MELO, A.M.S.; RUSSELL, J.B. The effect of nisin and monensin on ruminal fermentations in vitro. **Current Microbiology**, v. 35, n. 2, p. 90-96, 1997.
- CALSAMIGLIA, S.; BUSQUET, M.; CARDOZO, P.W.; CASTILLEJOS, L.; FERRET, A. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 6, p. 2580-2595, 2007.
- CASTILLEJOS, L.; CALSAMIGLIA, S.; FERRET, A. Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. **Journal Dairy Science**, v. 89, n. 7, p. 2649-2658, 2006.
- CASTRO-MONTOYA, J.; CAMPENEERE, S.; VAM RANST, G.; FIEVEZ, V. Interactions between methane mitigation additives and basal substrates on in vitro methane and VFA production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, n. 1-4, p. 47-60, 2012.
- CHAO, S.C.; YOUNG, D.G.; OBERG, C.J. Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses. **Journal of Essential Oil Research**, v. 12, n. 5, p. 639-649, 2000.
- CHAUCHEYRAS, F.; FONTY, G.; BERTIN, G.; GOUET, P. Effects of live *Saccharomyces cerevisiae* cells on zoospore germination, growth, and cellulolytic activity on the rumen anaerobic fungus, *Neocallimastix frontalis* MCH3. **Current Microbiology**, v. 31, n. 4, p. 201-205, 1997.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. Consumo, digestibilidade e excreção de ureia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1813-1821, 2006.
- CIESLAK, A.; ZMORA, P.; PERS-KAMCZYK, E.; SZUMACHER-STRABEL, M. Effects of tannins source (*Vaccinium vitis idaea* L.) on rumen microbial fermentation in vivo. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, n. 1-4, p. 102-106, 2012.
- COCITO, C. Antibiotics of the virginiamycin Family, inhibitors which contain synergistic components. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 43, n. 2, p. 145-192, 1979.
- COE, M.L.; NAGARAJA, T.G.; SUN, Y.D.; WALLACE, N.; TOWNW, E.G.; KEMP, K.E.; HUTCHESON, J.P. Effect of virginiamycin on ruminal fermentation in cattle during adaptation to a high concentrate diet and during an induced acidosis. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 8, p. 2259-2268, 1999.
- COTTER, P.D.; ROSS, R.P.; HILL, C. Bacteriocins - a viable alternative to antibiotics? **Nature reviews. Microbiology**, v. 11, n. 2, p. 95-105, 2013.
- DE SOMER, P.; VAN DIJCK, P. A preliminary report on antibiotic number 899, a streptogramin-like substance. **Antibiotics Chemother**, v. 5, n. 11, p. 632-639, 1955.
- DIAS, A.O.C. **Qitosana em suplementos para bovinos em pastejo**. 2016. 38 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016.
- Di GIAMBATTISTA, M.; CHINALI, G.; COCITO, C. The molecular basis of the inhibitory activities of type A and B synergimycins and related antibiotics on

- ribosomes. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 24, n. 4, p. 485-507, 1989.
- DORMAN, H.J.D.; DEANS, S.G. Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal Applied Microbiology**, v. 88, n. 2, p. 308-316, 2000.
- DSCHAAK, C.M.; WILLIAMS, C.M.; HOLT, M.S.; EUN, J.S.; YOUNG, A.J.; MIN, B.R. Effects of supplementing condensed tannin extract on intake, digestion, ruminal fermentation, and milk production of lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 94, n. 5, p. 2508-2519, 2011.
- FREITAS, J.A.; ANTONAGELO, R.O. RIBEIRO, J.L.; JOSLIN, M.; NOGUEIRA, S.R.P. Extrato etanólico de própolis na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 2, p. 333-343, 2009.
- FRUTOS, P.; RASO, M.; HERVÁS, G.; MANTECÓN, Á.R. PÉREZ, V.; GIRÁLDEZ, F.J. Is there any detrimental effect when a chestnut hydrolysable tannin extract is included in the diet of finishing lambs? **Animal Research**, v. 53, n. 2, p. 127-136, 2004.
- FULLER, R. Probiotics in man and animals. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 66, n. 5, p. 365-378, 1989.
- GERACI, J.I.; GARCIARENA, A.D.; GAGLIOSTRO, G.A.; BEACHEMIN, K.A.; COLOMBATTO, D. Plant extracts containing cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin added to feedlot cattle diets: Ruminal environment, short term intake pattern and animal performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, n. 1-4, p. 123-130, 2012.
- GOIRI, I.; GARCIA-RODRIGUEZ, A.; OREGUI, L. M. Effects of chitosans on in vitro rumen digestion and fermentation of maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 148, n. 2-4, p. 276-287, 2009.
- GOMES-SILVA, M. **Influência de bacteriocinas e antibióticos sobre a fermentação ruminal, digestibilidade de fibra e produção de metano in vitro**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.
- HAN, X.; YANG, Y.; YAN, H.; WANG, X.; QU, L.; CHEN, Y. Ruminal Bacterial Diversity of 80 to 110-Day-Old Goats Using 16S rRNA Sequencing. **PLoS One**, v. 10, n. 2, p. e0117811, 2015.
- HINO, T.; RUSSELL, J.B. Relative contributions of ruminal and protozoa to the degradation of protein in vitro. **Journal of Animal Science**, v. 64, n. 1, p. 261-270, 1986.
- IVAN, M.; KOENIG, K.M.; TEFEREDEGNE, B.; NEWBOLD, C.J.; ENTZ, T.; RODE, L.M.; IBRAHIM, M. Effects of the dietary *Enterolobium cyclocarpum* foliage on the population dynamics of rumen ciliate protozoa in sheep. **Small Ruminant Research**, v. 52, n. 1-2, p. 81-91, 2004.
- KARABALIEV, M.; KOCHEV, V. Interaction of solid supported thin lipid films with saponin. **Sensors and Actuators B**, v. 88, n. 1, p. 101-105, 2003.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica de ruminantes**. Santa Maria, RS: UFSM, 2011. 216 p.
- KUMAR, A.B.V.; VARADARAJ, M.C.; GOWDA, L.R.; THARANATHAN, R.N. Characterization of chito-oligosaccharides prepared by chitosanolysis with the aid of papain and Pronase, and their bactericidal action against *Bacillus cereus* and *Escherichia coli*. **The Biochemical Journal**, v. 15, n. 391, p. 167-175, 2005.
- KUNG Jr., L.; WILLIAMS, P.; SCHMIDT, R.J.; HU, W. A blend of essential plant oils used as an additive to alter silage fermentation or used as a feed additive for lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 91, n. 12, p. 4793-4800, 2008.
- LANNA, D.P.D.; FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O. Exigências nutricionais de gado de corte: o sistema NRC. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1998. p.138-67.
- LEE, S.S.; HA, J.K.; CHENG, K.J. Influence of anaerobic fungal culture administration on in vivo ruminal fermentation and nutrient digestion. **Animal Feed Science and Technology**, v. 88, n. 3-4, p. 201-217, 2000.
- LEE S.S.; HSU, J.T.; MANTOVANI, H.C.; RUSSEL, J.B. The effect of bovicin HC5, a bacteriocin from *Streptococcus bovis* HC5, on ruminal methane production in vitro. **FEMS Microbiology Letters**, v. 217, n. 1, p. 51-55, 2002.
- LEINMÜLLER E.; STEINGASS H.; MENKE K.H. Tannins in ruminant feedstuffs. **Biannual Collection of Recent German Contributions Concerning Development through Animal Research**, v. 33, p. 9-62, 1991.

- LI, W.; POWERS, W. Effects of saponin extracts on air emissions from steers. **Journal Animal Science**, v. 90, n. 11, p. 4001-4013, 2012.
- LIMA, J.R.; RIBON, A.D.OB.; RUSSEL, J.B.; MANTOVANI, H.C. Bovicin HC5 inhibits wasteful amino acid degradation by mixed ruminal bacteria in vitro. **FEMS Microbiology Letters**, v. 292, n. 1, p. 78-84, 2009.
- LIU, H.; VADDELLA, V.; ZHOU, D. Effects of chestnut tannins and coconut oil on growth performance, methane emission, ruminal fermentation, and microbial populations in sheep. **Journal Dairy Science**, v. 94, n. 12, p. 6069-6077, 2011.
- MAKKAR, H.P.S. Effect and fate of tannins in ruminant animals, adaptation tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, v. 49, n. 3, p. 241-256, 2003.
- MANTOVANI, H.C.; HU, H.; WOROBO, R.W.; RUSSEL, J.B. Bovicin HC5, a bacteriocin from *Streptococcus bovis* HC5. **Microbiology**, v. 148, n. 11, p. 3347-3352, 2002.
- MANTOVANI, H.C.; CRUZ, A.M.O.; PAIVA, A.D. Bacteriocin activity and resistance in livestock pathogens. In: **Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances**. A. Méndez-Vilas (Ed.). Formatex, 2011.
- MANTOVANI, H.C., BENTO, C.B.P. Manipulação da Fermentação microbiana ruminal para máxima eficiência animal. In: II SIMBOV – II SIMPÓSIO MATOGROSSENSE DE BOVINOCULTURA DE CORTE. 2013. **Anais...** Cuiabá, 2013. p.1-31.
- MANTOVANI, H.C.; RUSSELL, J.B. Bovicin HC5, a lantibiotic produced by *Streptococcus bovis* HC5, catalyzes the efflux of intracellular potassium but not ATP. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 52, n. 6, p. 2247-2249, 2008.
- MARCUCCI, M.C. Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. **Apidologie**, v. 26, n. 2, p. 83-99, 1995.
- MARTIN, A.S.; NISBET, D.J. Effect of direct-feed microbial on rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 6, p. 1736-1744, 1992.
- McGUFFEY, R.K.; RICHARDSON, L.F.; WILJINSON, J.I. D. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 84, sup. p. 194-203, 2001.
- McNEILL, D.M.; OSBORNE, N.; KOMOLONG, M.K.; NANKERVIS, D. Condensed tannins in the Genus *Leucena* and their nutritional significance for ruminants. In: SHELTON, H. M. et al (Ed.). **Leucena-Adaptation quality and farming system**. (Ed.) Canberra: ACIAR, 1998. p. 205-214.
- McSWEENEY, C.A.; PALMER, B.; McNEILL, D.M.; KRAUSE, D. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, n. 1-2, p. 83-93, 2001.
- MEDEIROS, S.R.; GOMES, R.C.; BUNGENSTAB, D.J. (ed.). **Nutrição de bovinos de corte – Fundamentos e aplicações**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2015. 176 p.
- MIN, B.R.; BARRY, T.N.; ATTWOOD, G.T.; McNABB, W.C. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 106, n. 1-4, p. 3-19, 2003.
- MINGOTI, R.D. **Desempenho produtivo, digestão e metabolismo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes concentrações de quitosana nas dietas**. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.
- MIRZOEVA, O.K.; GRISHANIN, R.N.; CALDER, P.C. Antimicrobial action of propolis and some of its components: the effects on growth, membrane potential and motility of bacteria. **Microbiology Research**, v. 152, n. 3, p. 239-246, 1997.
- NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Manipulation of ruminal fermentation, In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. (Eds). **The rumen microbial ecosystem**. London: Blackie Academy & professional, 1997. p.523.
- NAGARAJA, T.G.; TAYLOR, M.B. Susceptibility and resistance of ruminal bacteria to antimicrobial feed additives. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 53, n. 7, p. 1620-1625, 1987.
- NES, I.F.; DIEP, D.B.; HOLO, H. Bacteriocin diversity in *Streptococcus* and *Enterococcus*. **Journal of Bacteriology**, v. 189, n. 4, p. 1189-1198, 2007.

- NEWBOLD, C.J.; HILLMAN, K. The effect of ciliate protozoa on the turnover of bacterial and fungal protein in the rumen of sheep. **Letters in Applied Microbiology**, v. 11, n. 2, p. 100-102, 1990.
- NEWBOLD, C.J.; WALLACE, R.J.; MCINTOSH, F.M. Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. **British Journal Nutrition**, v. 76, n. 2, p. 249-261, 1996.
- NEWBOLD, J. Proposed mechanisms for enzymes as modifiers of ruminal fermentation. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 16, 1997, Gainesville. Proceedings... Gainesville: 1997. p. 3-17.
- NO, H.K.; PARK, N.Y.; LEE, S.H.; MEYERS, S.P. Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. **International Journal of Food Microbiology**, v. 74, n. 1-2, p. 65-72, 2002.
- OEZTUERK H.; EMRE B.; VEDAT S.; PISKIN I.; REHA F.U.I.; PEKCAN M. **M66-Nisin_Propolis.pdf**, 2010.
- OJEU. Regulation (EC) N° 1831/2003 of the European parliament and the council of 22 september 2003 on additives for use in animal nutrition. **Official Journal of the European Union**, L268, p. 29-43, 2003. Disponível em: <<http://irmm.jrc.ec.europa.eu/SiteCollectionDocuments/EC-1831-2003.pdf>>. Acesso em: 25 jan 2024.
- OMS. A crescente ameaça da resistência antimicrobiana: Opções de ação. Organização Mundial da Saúde. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/75389/3/OMS_IER_PSP_2012.2_por.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2024.
- ORTOLAN, J.H. **Efeito de aditivos no metabolismo ruminal e parâmetros sanguíneos**. 2010. 66 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.
- PAGE, S.W. Mode of action. In: _____. **The role of enteric antibiotics in livestock production**, Cambera: Avcare Limited, 2003. p. 1-2, 2-14.
- PAIVA, A.D.; OLIVEIRA, M.D.; PAULA, S.O.; BARACAT-PEREIRA, M.C.; BREUKINK, E.; MANTOVANI, H.C. Toxicity of bovicin HC5 against mammalian cell lines and the role of cholesterol in bacteriocin activity. **Microbiology**, v. 158, p. 2851-2858, 2012.
- PARK Y.K.; ALENCAR, S.M.; SCAMPARINI, A.RP.; AGUIAR, C.L. Própolis produzida no sul do Brasil, Argentina e Uruguai: evidências fitoquímicas de sua origem vegetal. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 997-1003, 2002.
- PATRA, A.K.; SAXENA, J. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. **Phytochemistry**, v. 71, n. 11-12, p. 1198-1222, 2010.
- PAULINO, F.D.G. Produtos da colmeia. In: SOUZA, D. C. (Ed.). **Apicultura: manual do agente de desenvolvimento rural**. Brasília: SEBRAE, 2004. 187p.
- PERES, L.E.P. **Metabolismo Secundário**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. p. 1-10.
- PINTO, M.S. **Efeito antimicrobiano de própolis verde do Estado de Minas Gerais sobre bactérias isoladas do leite de vacas com mastite**. 2000. 92 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- POSSAMAI, A.P.S.; LALA, B.; PEREIRA, V.; GOMES, L.; SILVA, S. Modificadores da fermentação ruminal: uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 5 n. 2, p. 108-116, 2011.
- RAAFAT, D.; SAHL, H.G. Chitosan and its antimicrobial potential – a critical literature survey. **Microbial Biotechnology**, v. 2, n. 2, p. 186-201, 2009.
- REIS, R.A.; MORAES, J.A.S.; SIQUEIRA, G.R. Aditivos alternativos para a alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL 2, São Paulo. **Anais...** São Paulo, SP: CBNA, 2006. p. 1-40.
- REIS, R.A.; LARA, E.C.; RABELO, C.H.S. An overview about the role of silage inoculants in Brazil: a good strategy to improve the silage quality. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 52, 2015, Belo Horizonte. **Anais...** Brasília: SBZ, 2015a. p. 1-43.
- REIS, R.A.; LARA, E.C.; RABELO, C.H.S. Enzimas na nutrição de ruminantes. In: X CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2015, Teresina. **Anais...** Teresina, PI: SNPA, 2015b. p. 55-76.
- ROBERTS, G.A.F. **Chitin chemistry**. London: Mc Millan Press, 1992. p. 350.

- RUSSELL, J.B.; RYCHLIK, J.L. Factors that alter rumen microbial ecology. **Science**, v. 292, n. 5519, p. 1119–1122, 2001.
- SCALBERT, A. Antimicrobial properties of tannins. **Phytochemistry**, v. 30, n. 12, p. 3875-3883, 1991.
- SENEL, S.; McCLURE, S.L. Potential applications of chitosan in veterinary medicine. **Advanced Drug Delivery Review**, v. 56, n. 10, p. 1467-1480, 2004.
- SFORCIN, J.M. **Própolis e imunidade**. São Paulo: Editora UNESP. 2009. p. 72.
- SILVA A.F. **Própolis: caracterização físico-química, atividade antimicrobiana e antioxidante**. 2009. 145 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- SIMIONI, L.C. **Utilização de probióticos na alimentação de ovelhas lactantes e cordeiros em fase crescimento**. 2010. 75 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Bacharelado em Medicina Veterinária) – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2010.
- SOUZA, F.M.; LOPES, F.B.; EIFERT, E.D.C.; MAGNABOSCO, C.D.U.; COSTA, M.; BRUNES, L.C. (ed.). Extratos vegetais como moduladores da fermentação ruminal. Planaltina, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2016. 42 p.
- STRADIOTTI JR, D.; QUEIROZ, A.C.D.; LANA, R.D.P.; PACHECO, C.G.; EIFERT, E.D.C.; NUNES, P.M.M. Ação da própolis sobre a desaminação de aminoácidos e a fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 1086-1092, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Metabólitos secundários e defesa vegetal. In: _____. **Fisiologia vegetal**. Artmed, Porto Alegre, 2004, p. 309-334.
- VANDERHAEGHE, H.; PARMENTIER, G. The structure of factor S of *Staphylomycin*. **Journal of the American Chemical Society**, v. 82, n. 16, p. 4414-4422, 1960.
- WALLACE, R.J. Ruminant microbiology, biotechnology, and ruminant nutrition: progress and problems. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 11, p. 2992-3003, 1994.
- WANAPAT, M.; KANG, S.; POLYORACH, S. Development of feeding systems and strategies of supplementation to enhance rumen fermentation and ruminant production in the tropics. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2013.
- WANG, G.H. Inhibition and inactivation of five species of foodborne pathogens by chitosan. **Journal of Food Protection**, v. 55, n. 11, p. 916–919, 1992.
- WINA, E.; MUETZEL, S.; BECKER, K. The Impact of saponins or saponin-containing plant materials on ruminant productions: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 21, p. 8093-8105, 2005.