

MIRELLA TRINDADE SILVA

**PRINCIPAIS ADITIVOS ZOOTÉCNICOS UTILIZADOS NA DIETA DE
BOVINOS DE CORTE TERMINADOS EM CONFINAMENTO: REVISÃO DE
LITERATURA**

SÃO PAULO

2019

MIRELLA TRINDADE SILVA

**PRINCIPAIS ADITIVOS ZOOTÉCNICOS UTILIZADOS NA DIETA DE
BOVINOS DE CORTE TERMINADOS EM CONFINAMENTO: REVISÃO DE
LITERATURA**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Clínica e Cirurgia de Ruminantes da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cláudia Araripe Sucupira

SÃO PAULO

2019

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: SILVA, Mirella Trindade

Título: **Principais aditivos zootécnicos utilizados na dieta de bovinos de corte terminados em confinamento:** revisão de literatura

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Clínica e Cirurgia de Ruminantes da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr^a Maria Claudia Araripe Sucupira
Instituição: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP
Julgamento: _____

Prof. Dr. Enrico Lippi Ortolani
Instituição: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP
Julgamento: _____

Médico Veterinário Msc. Ronaldo Gomes Gargano
Instituição: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP
Julgamento: _____

“Que nada nos limite, que nada nos defina, que nada nos sujeite. Que a liberdade
seja nossa própria substância (...) “

Simone de Beauvoir

SILVA, M.T. **Principais aditivos zootécnicos utilizados na dieta de bovinos de corte terminados em confinamento: revisão de literatura.** 2018. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Clínica e Cirurgia de Ruminantes) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

RESUMO

Atualmente, o desafio da exploração pecuária de bovinos de corte é estabelecer sistemas de produção eficientes e rentáveis de maneira sustentável, que atendam as demandas atuais por proteína de origem animal, que respeitem o bem-estar animal e cujos produtos e resíduos não representem risco à saúde do consumidor ou ao meio ambiente. Tradicionalmente o Brasil produz carne bovina a pasto, porém, nos últimos anos, devido às demandas do mercado, o confinamento surgiu como estratégia importante para viabilizar a maximização da produção, encurtando o ciclo produtivo, melhorando a utilização dos espaços físicos, distribuindo a renda ao longo do ano, além de produzir carcaças mais pesadas, padronizadas e com melhor qualidade. As dietas fornecidas nesses sistemas possuem alta inclusão de grãos, compostos por 60 a 80% de amido, visando assim aumentar a densidade energética da alimentação e diminuição da estadia do animal na terminação. No entanto, dietas com altos teores de concentrado (carboidratos solúveis), quando fornecidas para bovinos, podem sobrecarregar a fisiologia digestiva favorecendo a ocorrência de distúrbios metabólicos que comprometem potencialmente a saúde e a produtividade animal. Com o intuito de contornar esses possíveis distúrbios metabólicos, elevar a eficiência na utilização do alimento e ainda amenizar o impacto ambiental da atividade agropecuária, os aditivos zootécnicos têm sido utilizados como importante ferramenta para manipulação da fermentação ruminal. Nesse contexto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de contextualizar, listar e caracterizar o uso dos principais aditivos utilizados na terminação de bovinos de corte em confinamento. Os ionóforos são os aditivos mais utilizados nos confinamentos, assim como os antibióticos não ionóforos, como a virginamicina. A grande adesão à esses tipos de aditivos está fortemente atrelada aos bons resultados obtidos em estudos e vistos também pelo produtor, como melhora da conversão alimentar (CA) e menor consumo de matéria seca (CMS) sem afetar o ganho médio diário (GMD). Por outro lado, a Organização Mundial de Saúde (OMS) considera o uso de antibióticos um

risco crescente para a saúde humana devido a possível presença de resíduos nos produtos de origem animal. Desde 2006, a União Europeia banuiu o uso desse tipo de aditivo e a pressão para a proibição do uso desses melhoradores de desempenho é cada vez mais crescente. Diante desse cenário, diversas pesquisas têm concentrado esforços no estudo de alternativas que possibilitem minimizar a dependência de antibióticos na produção animal. Assim, probióticos, enzimas, tamponantes e extratos de plantas têm sido propostos como alternativas a fim de garantir maior segurança e qualidade dos alimentos sem comprometer o desempenho animal. Porém, os resultados obtidos são ainda muito controversos. O desafio da pesquisa está em distinguir os compostos que melhoram realmente a fermentação ruminal e o desempenho dos animais na mesma proporção dos antibióticos, sendo também acessíveis e de fácil implementação na produção. A ampliação dos estudos com esses compostos também devem visar à definição de protocolos, minimização de resultados contraditórios e manutenção de resultados tanto *in vitro* como *in vivo*.

Palavras-chave: ácidos graxos de cadeia curta; acidose metabólica; nutrição de precisão; melhoradores de desempenho; terminação de bovinos.

SILVA, M.T. **Additives used in diet of feedlot beef cattle: a review.** 2018. 56f. Conclusion Paper of Course (Specialization in Ruminant Medicine). School of Veterinary Medicine and Animal Science, University of São Paulo, São Paulo, 2018.

ABSTRACT

Currently, the challenge of beef cattle ranching is to establish sustainable and cost-effective production systems that meet current demands for animal protein, that respect animal welfare and whose products and waste do not pose a risk to consumer health or the environment. Traditionally Brazil produces beef cattle on pasture, but in recent years, due to market demands, confinement has emerged as an important strategy to maximize production, shortening the production cycle, improving the use of physical spaces, distributing income to throughout the year, in addition to producing heavier, standardized and better quality carcasses. The diets provided in these systems have high inclusion of grains, composed of 60 to 80% of starch, thus aiming to increase the energy density of the feed and decrease the stay of the animal in finishing. However, high concentrate diets (easily fermentable carbohydrates) when fed to cattle can overload digestive physiology favoring the occurrence of metabolic disorders that potentially compromise animal health and productivity. In order to circumvent these possible metabolic disturbances, increase the efficiency in the use of food and also soften the environmental impact of agricultural activity, zootechnical additives have been used as an important tool for manipulating rumen fermentation. In this context, this work was developed in order to contextualize, list and characterize the use of the main additives used in the finishing of feedlot cattle. Ionophores are the most commonly used feed additives, as are non-ionophoric antibiotics such as virginamycin. The high adherence to these types of additives is strongly linked to the good results obtained in studies and also seen by the producer, such as improved feed conversion (FD) and lower consumption of dry matter (CDM) without affecting the average daily gain (ADG). On the other hand, the World Health Organization (WHO) considers the use of antibiotics an increasing risk to human health due to the possible presence of residues in animal products. The European Union has banned the use of this additive since 2006 and the pressure to ban the use of these performance enhancers is increasing. Within this scenario,

several studies have focused efforts on the study of alternatives that minimize the dependence of antibiotics on animal production. Thus, probiotics, enzymes, buffers and plant extracts have been proposed as alternatives in order to ensure greater food safety and quality without compromising animal performance. However, the results obtained are still very controversial. The challenge of the research is to distinguish compounds that actually improve ruminal fermentation and animal performance in the same proportion as antibiotics, being also affordable and easy to implement in production. The expansion of studies with these compounds should also aim at protocol definition, minimization of contradictory results and maintenance of results both in vitro and in vivo.

Keywords: short chain fatty acids; metabolic acidosis; precision nutrition; performance enhancers; finishing beef cattle in feedlot.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 FISIOLOGIA E SAÚDE RUMINAL	3
3 NUTRIÇÃO DE PRECISÃO	9
4 ADITIVOS.....	13
4.1. IONÓFOROS	14
4.2. ANTIBIÓTICOS NÃO IONÓFOROS	18
4.3. PROBIÓTICOS (DFMs)	21
4.3.1. BACTÉRIAS.....	22
4.3.2. LEVEDURAS	23
4.4. TAMPONANTES.....	25
4.5. ENZIMAS EXÓGENAS	27
4.5.1. ENZIMAS AMILOLÍTICAS	29
4.5.2. ENZIMAS FIBROLÍTICAS	30
4.6. ÓLEOS ESSENCIAIS	32
5 CONCLUSÃO.....	35

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o novo relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) Perspectivas Mundiais de População 2019, lançado neste ano, a população mundial deve crescer em 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, passando dos atuais 7,7 bilhões de indivíduos para 9,7 bilhões em 2050, exigindo maior oferta de alimentos. Em 2017, uma estimativa de 821 milhões de pessoas - aproximadamente uma em cada nove pessoas - no mundo ainda não tinham comida suficiente para conduzir uma vida ativa e saudável (FAO, 2018).

As projeções de crescimento populacional, o aumento do consumo *per capita*, da expansão das cidades e das restrições no uso de terra nas próximas décadas fazem mais presente o debate sobre a incapacidade de atender às necessidades humanas por alimentos. No mundo, o Brasil se apresenta como importante produtor mundial de alimentos e com grande potencial de expansão da oferta. No entanto, diante das restrições sobre a expansão do uso de terra para uso agropecuário, o aumento da produtividade se apresenta como caminho necessário para a ampliação da oferta brasileira (SAATH; FACHINELLO, 2018).

No ano de 2018 a pecuária de corte registrou crescimento de 6,9% no número de abates, em comparação ao ano anterior, chegando a 44,23 milhões de cabeças. Desse total, 12,6% (5,58 milhões de cabeças) dos animais abatidos foram terminados em confinamentos (ABIEC, 2019). Tradicionalmente o Brasil produz carne bovina a pasto, em sistema extensivo, sendo o gado zebu e os mestiços europeus frequentemente utilizados. No entanto, nos últimos anos, devido às demandas do mercado, o confinamento surgiu como estratégia importante para viabilizar a maximização da produção, encurtando o ciclo produtivo, melhorando a utilização dos espaços físicos, distribuindo a renda ao longo do ano, além de produzir carcaças mais pesadas, padronizadas e com melhor qualidade (SILVA, 2017).

As dietas fornecidas para animais confinados em geral possuem maior inclusão de grãos inclusão de concentrado, fabricados com grande concentração de grãos, visando aumentar a densidade energética da alimentação e diminuição da estadia do animal na terminação (SILVA, 2017). Contudo, as dietas, a base de carboidratos de rápida fermentação, podem comprometer a fisiologia ruminal. Dessa

forma, o ecossistema ruminal pode ser afetado por meio da seleção de alguns microrganismos em detrimento de outros, alterando o padrão de fermentação ruminal (ASCHENBACH *et al.*, 2011).

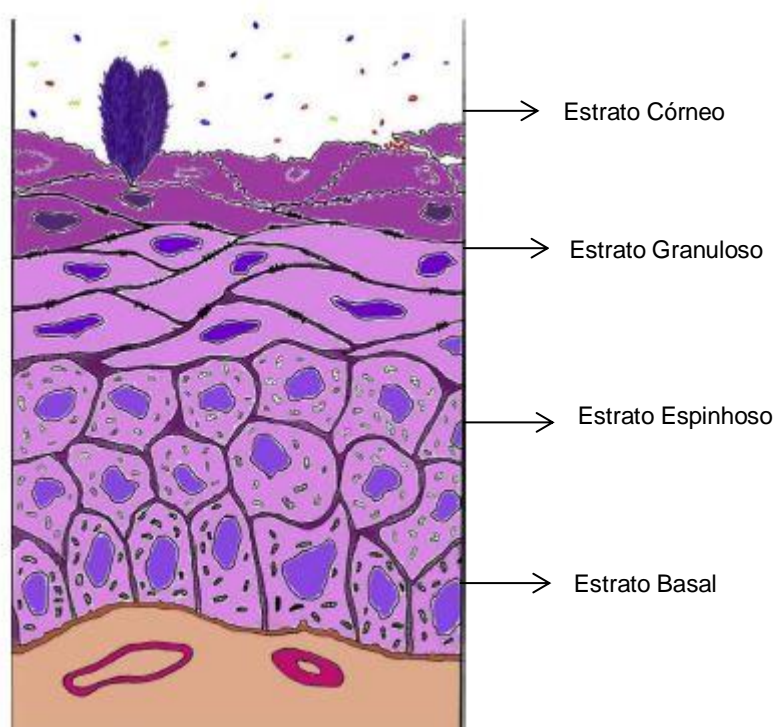
Nesse sentido, o desenvolvimento de estratégias para a manipulação da fermentação ruminal é de extrema importância para melhorar os processos benéficos, minimizar, neutralizar ou alterar os processos ineficientes e minimizar, reverter ou alterar os processos prejudiciais para o desempenho dos bovinos (POSSAMAI *et al.*, 2011). O uso de aditivos é uma das estratégias nutricionais proposta com a finalidade de produzir uma resposta favorável para melhoria da sanidade e desempenho animal seja por aumentos quantitativos e/ou qualitativos dos nutrientes disponíveis, ou pela eficiência da utilização desses.

Essa revisão teve como objetivo contextualizar, listar e caracterizar o uso dos principais aditivos utilizados na terminação de bovinos de corte em confinamento.

2 FISIOLOGIA E SAÚDE RUMINAL

O processo digestivo dos ruminantes compreende uma das mais bem sucedidas relações de simbiose entre seres vivos. O rúmen, principal órgão de digestão desses animais, é considerado um ecossistema microbiano único, altamente adaptativo, diversificado e competitivo em constante estado de fluxo. Seu epitélio é responsável por várias funções, como absorção, transporte, metabolismo de ácidos graxos de cadeia curta e proteção. O epitélio ruminal é escamoso estratificado e composto por quatro estratos: basal, espinhoso, granuloso e córneo (Figura 1). As camadas celulares em cada um deles variam bastante em função da dieta, estágio de desenvolvimento ruminal e padrão de alimentação (BALDWIN; CONNOR, 2017; MCCANN; ELOLIMY; LOOR, 2017).

Figura 1. Esquema dos estratos celulares do epitélio ruminal.



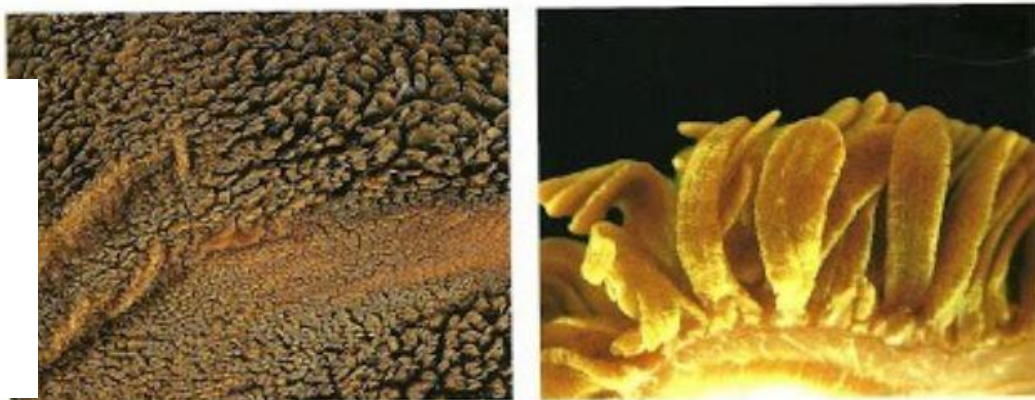
Fonte: BALDWIN (2017).

As células do estrato basal contêm mitocôndrias totalmente funcionais e outras organelas que contribuem de maneira significativa para as propriedades metabólicas do tecido. Os estratos granuloso e espinhoso contemplam as células

intermediárias, sem uma divisão distinta, diminuindo gradativamente a quantidade de mitocôndrias. No estrato granuloso, as células mantem a integridade do gradiente de metabólitos por meio da parede ruminal através de junções comunicantes. As células do estrato córneo, as quais estão em contato com o lúmen ruminal, possuem uma camada queratinizada formando uma barreira protetora contra o ambiente físico do rúmen (BALDWIN; CONNOR, 2017).

A mucosa ruminal é recoberta por inúmeras papilas (Figura 2). O crescimento e a densidade dessas papilas podem ser aumentados em função da proporção de concentrado e teor de energia da dieta. Além de participarem do processo de movimentação da digesta, as papilas aumentam a área de superfície ruminal o que leva, conseqüentemente, ao aumento na absorção dos produtos finais da fermentação. Os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) são estímulo importante para o desenvolvimento das papilas ruminiais (BALDWIN; CONNOR, 2017).

Figura 2. Epitélio ruminal recoberto por papilas em diferentes aumentos.



Fonte: KONIG; LIEBICH (2011).

O ambiente ruminal é anaeróbico, com temperatura em torno de 39 a 42°C, pH que varia normalmente entre 5,5 a 7,0, umidade entre 85-90%, osmolaridade 260-340mOsm e atua como uma câmara de fermentação em que comunidades microbianas interagem sinergicamente umas com as outras (KOZLOSKI *et al.*, 2009; ZEINELDIN *et al.* 2018). Essas comunidades podem produzir grande variedade de enzimas com funções específicas na decomposição de plantas lignocelulósicas e carboidratos não estruturais (amido, açúcares), compostos nitrogenados (proteínas vegetais, aminoácidos, ureia) e lipídeos (MCCANN; ELOLIMY; LOOR, 2017).

O rúmen bovino abriga populações diversas e complexas de bactérias, arqueas, protozoários ciliados, fungos anaeróbios, bacteriófagos e metanogênicos (MORGAVI, et al., 2013). Dentro deste ecossistema, as populações bacterianas são predominantemente responsáveis pela digestão e transformação da fibra vegetal em AGCCs, proteína microbiana e gases (KRAUSE *et al.*, 2013).

Os AGCCs são a principal fonte de energia para os ruminantes. A energia presente nesses compostos representa em torno de 75 a 80% da energia originalmente presente nos carboidratos fermentados e contribuem em 50 a 70% da energia digestível do alimento (KOZLOSKI *et al.*, 2002). A remoção-absorção dos AGCCs ocorre por dois processos: absorção passiva, através das paredes do complexo rúmen-retículo e passagem com a fase fluida para o omaso (TAMMIGA; VAN VUUREN, 1988). Os principais AGCCs produzidos no rúmen são o acetato, o propionato e o butirato (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011). Além de fornecerem ATP para o crescimento microbiano, são fonte de energia e substrato para a síntese de lipídeos, glicose e proteínas para o animal. A massa microbiana fornece até 50% dos requerimentos proteicos, o que inclui a maior parte dos aminoácidos essenciais. (HUNGATE, 1966; ZEINELDIN *et al.*, 2018).

As proporções molares de acetato, propionato e butirato são variáveis, sendo encontrados valores de 75:15:10, em dietas ricas em carboidratos fibrosos, até 40:40:20 em dietas ricas em carboidratos não fibrosos, com o total de AGCCs entre 60 e 150mM/mL de líquido ruminal, sendo estes ácidos reflexo da atividade microbiana e da absorção por meio da parede ruminal (GOULARTE *et al.*, 2011). Em uma situação de desequilíbrio microbiano, a taxa de produção de AGCCs excede a de remoção levando ao acúmulo desses ácidos no rúmen, propiciando alto risco de ocorrência de distúrbios ruminais e sistêmicos e com efeitos negativos sobre o desempenho e a saúde dos animais.

Dietas com altos teores de concentrado (carboidratos solúveis), quando fornecida para bovinos, podem diminuir a atividade de mastigação e ruminação, diminuindo o fluxo de saliva alcalina e, portanto, o sistema tampão de equilíbrio do pH do rúmen (ASCHENBACH *et al.*, 2011). Por outro lado, a escassez de forragem influencia negativamente na efetividade da fibra em promover a atividade física motora do trato gastrointestinal, pois o atrito dessas partículas na parede ruminal é importante para estimular a atividade de ruminação. Consequentemente, o

ecossistema ruminal é afetado por meio da sobrevivência e seleção de bactérias nesse ambiente modificado.

O aumento da inclusão dietética de carboidratos não estruturais (CNE) estimula o crescimento de determinados gêneros em detrimento a outros e, conseqüentemente, a atividade de fermentação e a quantidade de AGCCs livres no rúmen. As alterações bacterianas associadas à acidose ruminal incluem principalmente mudança nas populações de bactérias fermentadoras de amido e açúcar solúvel e de bactérias fermentadoras de ácido láctico.

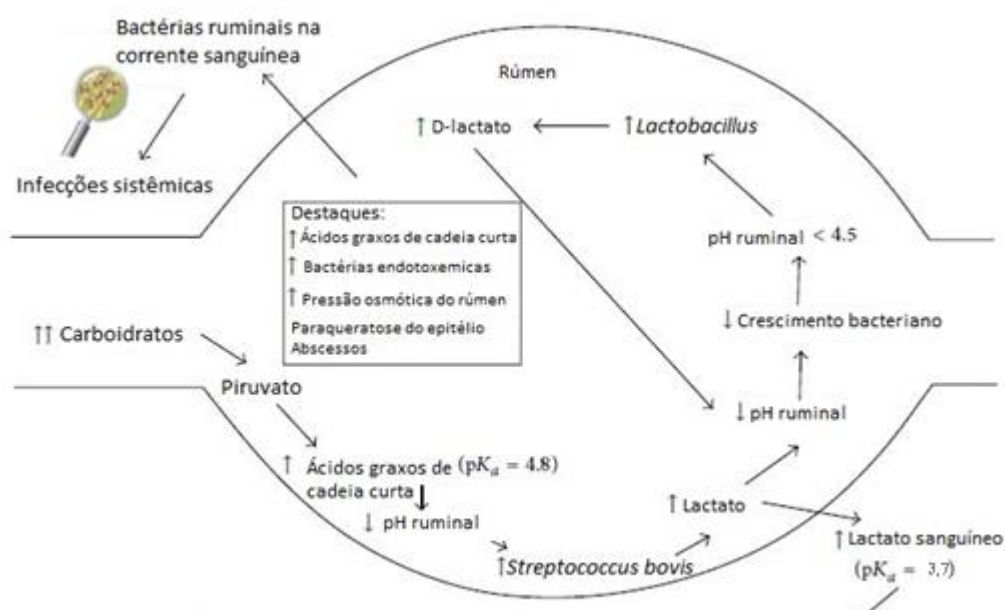
Resumidamente, em uma situação fisiológica, carboidratos estruturais e não estruturais chegarão ao rúmen e serão fermentados por bactérias de diferentes gêneros, cada um responsável por uma parte da hidrólise da parede celular do alimento, produzindo piruvato e, finalmente AGCCs. No entanto, após o consumo de dietas ricas em grãos, sem adaptação ou com grande intensificação, ocorre o aumento da população de bactérias amilolíticas e produção em maior quantidade de AGCCs dissociando e produzindo queda de pH ruminal.

Esse pH mais baixo implica no desaparecimento de bactérias gram negativas fermentadoras de lactato, responsáveis por converter lactato em piruvato. Espécies bacterianas ruminais que fermentam ácido láctico incluem *Anaerovibrio lipolytica*, *Fusobacterium necrophorum*, *Megasphaera elsdenii*, *Peptostreptococcus asaccharolyticus*, *Selenomonas ruminantium subsp lactilytica*, *Propionibacterium acnes* e *Veillonella parvula*. Destes, *M. elsdenii* e *S. ruminantium subsp lactilytica* são os fermentadores predominantes em animais alimentados com grãos (HUBER *et al.*, 1976; MACKIE *et al.*, 1978). Por outro lado, há aumento da população de algumas bactérias gram positivas, especialmente *Streptococcus bovis*, conhecido por ser um grande produtor de lactato, promovendo assim uma segunda mudança na população bacteriana ruminal, decorrida de nova queda do pH devido ao aumento de lactato disponível. O sucesso relativo de *S. bovis* resulta da sua rápida taxa de crescimento e rápida hidrólise do amido de grãos de cereais (NAGARAJA *et al.*, 2007; HERNANDEZ *et al.*, 2014).

Apesar de *S. bovis* ser tolerante a ácidos, sua taxa de crescimento é reduzida se o pH for menor que 6,0. Essa condição leva ao crescimento de bactérias resistentes ao baixo pH (acidófilas), como *Lactobacillus spp.*, grande produtora de lactato, conduzindo nova queda de pH ruminal até 3,8. Duas espécies

predominantemente identificadas e bem caracterizadas incluem *Lactobacillus ruminis* e *Lactobacillus vitulinus*. A primeira produz primariamente o isômero L – lactato e a segunda produz somente o isômero D. Nesse momento, o ácido não consegue mais ser dissociado e atravessa a parede ruminal até a corrente sanguínea, provocando acidose metabólica (Figura 3) (HERNANDEZ *et al.*, 2014).

Figura 3. Cascata de eventos decorrentes da ingestão de dieta rica em grãos com desequilíbrio do ambiente ruminal.



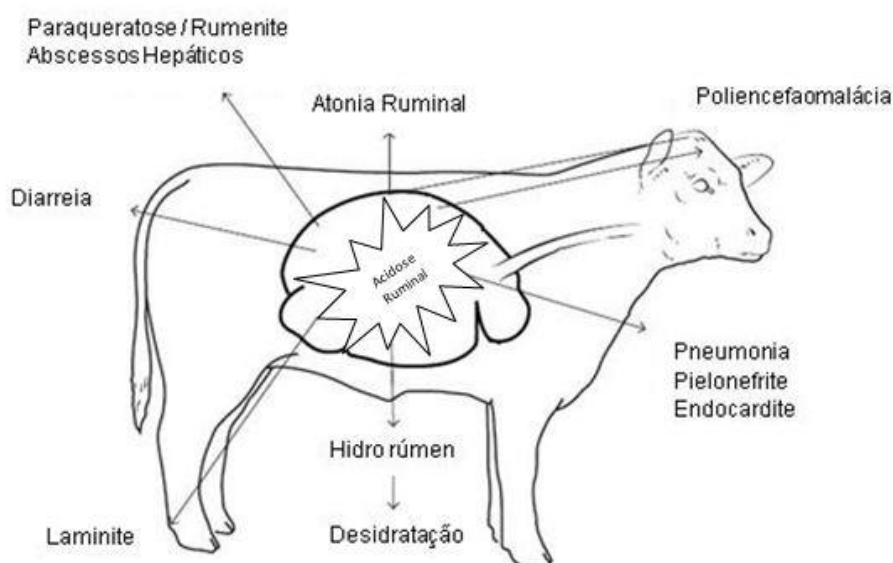
Fonte: HERNANDEZ (2014).

Os protozoários ciliados sejam muito mais sensíveis do que as bactérias às flutuações e reduções no pH ruminal; portanto, o pH ruminal também é fator crítico na manutenção de protozoários ciliados e equilíbrio do ambiente ruminal. Esses micro-organismos captam açúcares e amido decorrentes da fermentação bacteriana para seu metabolismo basal. Além disso, a depuração de lactato é aumentada na presença de protozoários entodiniomorfos. Devido à atividade predatória que exercem sobre as bactérias, os protozoários ainda podem influenciar indiretamente a produção ou acúmulo de ácido láctico, a partir da redução da densidade bacteriana. A redução na atividade bacteriana é responsável pelo efeito moderador sobre a fermentação que protozoários ciliados exercem em animais alimentados com dietas ricas em grãos (NAGARAJA *et al.*, 1986; NAGARAJA *et al.*, 2007).

O pH também muda o metabolismo bacteriano em direção à produção de aminas biogênicas, incluindo histamina, a qual tem potente efector hemodinâmico e é um dos principais fatores causadores de laminite. Além disso, ao fornecer condições de crescimento desfavoráveis para a maioria das bactérias gram negativas, leva à liberação de grandes quantidades de LPS (lipopolissacarídeo) no líquido ruminal devido à morte bacteriana. O LPS é um componente da parede celular de todas as bactérias gram negativas, independentemente de serem patogênicas ou não, porém possui potencial inflamatório e tóxico quando em excesso (NAGARAJA *et al.*, 2007; VAN CLEEF *et al.*, 2009). Inflamação epitelial por histamina e LPS, baixa motilidade ruminal e hipóxia podem agravar o dano epitelial. Histamina, LPS e possivelmente bactérias vivas atravessam a barreira epitelial danificada e atingem o fígado pela circulação portal, onde provocam inflamação e formação de abscessos hepáticos (VECHIATTO *et al.*, 2011).

A produção excessiva de AGCCs e de ácido láctico, diminuição de pH e o aumento no volume ruminal devido às alterações de osmolaridade danificam o epitélio ruminal progressivamente ao longo do tempo. Além disso, se a capacidade de absorção da parede ruminal é prejudicada por papilas ruminais anormais ou rumenite, a capacidade do animal de manter um pH ruminal estável é afetada. O pH ruminal é ainda fator crítico na função normal e estável do rúmen não só por seu profundo impacto nas populações microbianas e nos produtos de fermentação, mas também nas funções fisiológicas ruminais, principalmente motilidade e absorção (ASENBANCH *et al.*, 2019). Portanto, o acúmulo não fisiológico de ácidos orgânicos e consequentes desequilíbrios do ambiente ruminal tem impacto significativo na função na produtividade e saúde do animal (Figura 4).

Figura 4. Possíveis quadros clínicos decorrentes do desequilíbrio da microbiota ruminal com consequente acidose ruminal.



Fonte: Adaptado de HERNANDEZ *et al.* (2014)

Ainda assim, mesmo que esse processo fermentativo ocorra adequadamente ele é por natureza insuficiente. Até 12% da energia contida no alimento é convertida em calor e metano, produtos finais da fermentação que não são utilizados pelos bovinos, e até 50% da proteína dietética pode ser degradada a amônia e perdida na urina (NEGRÃO; DANTAS, 2010). Portanto, ao se formular dietas para bovinos o objetivo número um deve ser sempre o de maximizar a eficiência da fermentação ruminal e diminuir as perdas de nutrientes envolvidas nesse processo.

3 NUTRIÇÃO DE PRECISÃO

A demanda quantitativa e qualitativa para a produção de proteína animal, as exigências dos novos nichos de mercado (qualidade, segurança e sustentabilidade) e o impacto que os diferentes sistemas de produção exercem no meio ambiente são assuntos amplamente discutidos no âmbito da produção animal atualmente. A população global, os recursos e a dinâmica climática sugerem que devemos melhorar a sustentabilidade da produção pecuária porque se antecipa que parcela significativa dos aumentos projetados na demanda global de alimentos provenha do gado (THORTON, 2010; KLEINMAN *et al.*, 2018; LIEBE; WHITE, 2019).

Os ruminantes, devido ao processo digestivo de fermentação, são reconhecidos como importante fonte de emissão de metano (CH₄) para a atmosfera. Além disso, a produção desse gás, que pode variar em função do sistema de alimentação, é considerada parte perdida da energia do alimento, refletindo em ineficiência na produção animal (PEDREIRA *et al.*, 2005). Assim sendo, minimizar as perdas que ocorrem durante a digestão e o metabolismo de nutrientes pode ser um recurso tanto para aumentar o retorno do capital investido como para diminuir os impactos ambientais atribuídos à atividade pecuária (COSTA *et al.*, 2007).

Segundo FRAGALLE (2015), as pesquisas apontam que as principais tecnologias para garantir o desenvolvimento sustentável da pecuária englobam, dentre outras, a recuperação de pastagens degradadas, boas práticas de manejo da água, da planta forrageira e do animal, uso adequado de insumos, melhoramento genético animal, adoção de sistemas integrados de produção manejo racional dos dejetos e, não menos importante, balanceamento correto da dieta animal para máxima eficiência alimentar (Figura 5).

Figura 5. Estratégias importantes para otimização e sustentabilidade do sistema pecuário.



Fonte: TROW NUTRITION (2017).

No seio dessa discussão, o termo nutrição de precisão em bovinos de corte surge como uma maneira de aproveitar ao máximo o alimento ingerido pelo animal, aumentar o desempenho e melhorar a conversão alimentar, reduzir os custos com a alimentação e diminuir os impactos ambientais, ao mesmo tempo em que se agrega valor e preço ao produto final (PEDROSO, 2013; SAMAIÓ, 2019).

O confinamento de bovinos é o sistema de criação em que lotes de animais são engordados em piquetes ou currais de área restrita, nos quais se fornecem alimentos em cochos e água em bebedouros (CARDOSO, 1996). Nos confinamentos, pode-se alimentar toda e qualquer categoria animal, mas no Brasil se utilizam, com maior proporção, novilhos recriados não castrados, ditos comumente como “boi magro para a engorda” (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Esse tipo de manejo intensivo tornou-se uma ferramenta indispensável para os produtores que buscam produtividade, volume, qualidade e padronização do produto. Caracteriza-se por um sistema, que se trabalhado adequadamente, pode ser altamente eficiente e sustentável, proporcionando redução da idade do abate do animal, através do melhor desempenho e conversão alimentar, propiciando maiores taxas de ganho de peso, liberação de pastagens para outras categorias animais e cultivo de outras fontes de alimento, elevação de retorno do capital investido, flexibilidade de comercialização, carcaças mais acabadas e permite manejo integrado do esterco produzido (LANNA, 2005; TOSETI, 2017). Por outro lado, a arroba do animal produzido em um sistema como esse é mais cara que em regime de pastejo. Segundo RAUPP e FUGANTI (2014), ao se considerar um lote de cem animais, o custo para a engorda de um boi em pastagens, sem se considerar o custo de aquisição, é de R\$380,52, enquanto que no confinamento este valor passa a ser de R\$474,26, ou seja, 24,63% maior.

Os insumos alimentares, mesmo quando adquiridos a preços mais atrativos, representam parcela significativa na composição de custos. Há trabalhos que estimam tais custos entre 75% e 80% dos custos da operação, dependendo da composição e proporção de grãos na dieta, não considerando nos custos a aquisição dos animais (SARTORELLO, 2016). As dietas fornecidas nesses sistemas em geral possuem alta inclusão de concentrado, geralmente fabricados com grande concentração de grãos, os quais possuem em sua composição valores entre 60-80% de amido, visando assim aumentar a densidade energética da alimentação e diminuição da estadia do animal na terminação. Consequentemente, quanto melhor for aproveitada a alimentação, menor será o consumo do alimento, aumentando a lucratividade do sistema (SILVA, 2017).

O equilíbrio do ambiente e da microbiota ruminal é de extrema importância para que os animais confinados consigam expressar seu máximo potencial produtivo, através do melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta, obtendo assim desempenho satisfatório, além de evitar perdas com distúrbios metabólicos que

podem afetar a saúde e consequentemente a *performance* do animal. Os avanços nos estudos do microbioma ruminal e a caracterização de interações sinérgicas entre a microbiota do trato gastrointestinal e o ruminante são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de manipulação da fermentação ruminal que possibilitem aumentar a eficiência da produção animal, uma vez que a microbiota desempenha papel central na digestão dos componentes da dieta e fornecimento de energia e nitrogênio para o animal (HERNANDEZ-SANABRIA *et al.*, 2010).

A manipulação da fermentação ruminal objetiva aumentar a eficiência alimentar e a produtividade animal em dietas devidamente balanceadas reduzindo as perdas de nutrientes durante a fermentação e amenizando o impacto ambiental da atividade agropecuária através da maximização ou minimização de reações no rúmen. Dentre os processos que devem ser maximizados estão a hidrólise da fibra, a utilização do lactato (retirando-o do meio ruminal e diminuindo riscos de acidose láctica) e conversão de compostos nitrogenados não proteicos em proteína microbiana. Em contrapartida, processos como a produção de metano, a hidrólise de proteína em nível ruminal e a absorção de amônia deverão ser minimizados (RUSELL *et al.*, 2003; POSSAMAI *et al.*, 2011).

O uso de aditivos é umas das estratégias nutricionais propostas por diversos pesquisadores para realizar a “manipulação ruminal” e atingir esses objetivos. No entanto, é importante ressaltar que os aditivos vieram para somar com os outros componentes importantes dentro da nutrição animal. Antes de usá-los, é fundamental que se tenha um sistema de produção com um excelente plano nutricional nos níveis estratégicos, táticos e operacionais, em que não haja restrição ou deficiência de nutrientes (BEEGLE; CARTON; BAILEY, 2000; MANTOVANI; BENTO, 2013).

Além disso, os ganhos com aditivos não serão maiores do que as perdas relacionadas com um manejo geral inadequado. É importante garantir instalações e cochos com dimensões e proporções que atendam todos os animais evitando competitividade e má distribuição do alimento. A limpeza e o manejo dos cochos também são fundamentais para evitar a proliferação de patógenos e o desperdício da comida. A garantia do bem-estar dos animais e o controle sanitário também são pontos importantes para que o desempenho do rebanho seja expresso à altura do seu potencial genético.

4 ADITIVOS

A Instrução Normativa (IN) Nº13 de 30 de novembro de 2004 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), define aditivo como substância, microrganismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizado como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios ou atenda às necessidades nutricionais. Ainda de acordo com suas propriedades e funções, os aditivos são incluídos em quatro categorias distintas: aditivos tecnológicos, sensoriais, nutricionais e zootécnicos.

Os aditivos tecnológicos referem-se a qualquer substância adicionada à alimentação animal com fins tecnológicos, como conservantes, antioxidantes, emulsificantes, estabilizantes, reguladores de acidez, adsorventes, aglomerantes, antiaglomerantes, umectantes, antiumectantes, espessantes e gelificantes. Os aditivos sensoriais englobam as substâncias adicionadas ao alimento para melhorar ou modificar as propriedades organolépticas ou visuais como os corantes e pigmentantes, aromatizantes e palatabilizantes. Já os aditivos nutricionais são as substâncias incluídas com o objetivo de manter ou melhorar as propriedades nutricionais do produto, como as vitaminas e provitaminas.

Os aditivos zootécnicos referem-se a qualquer substância utilizada para melhoria do desempenho dos animais e são divididos nas seguintes subcategorias: digestivos (enzimas), equilibradores da flora (probióticos, prebióticos, simbióticos,

ácidos orgânicos e nutracêuticos), melhoradores de desempenho (substâncias que melhoram os parâmetros de produtividade, excluindo-se os antimicrobianos) e outros aditivos zootécnicos.

Com o intuito de contornar possíveis distúrbios metabólicos e elevar a eficiência na utilização do alimento, diversos aditivos melhoradores de desempenho têm sido estudados. A utilização estratégica de aditivos em dietas de confinamento tem sido crescente no Brasil, sendo que 99,2% dos confinamentos utilizam algum tipo de aditivo na formulação de suas dietas (MILLEN *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2014). Os principais aditivos utilizados no Brasil são antibióticos ionóforos e não ionóforos, probióticos e tamponantes. Novas tendências vem surgindo no cenário nacional como o uso de enzimas e de produtos naturais, como os óleos essenciais.

4.1. IONÓFOROS

Os ionóforos constituem a principal classe de aditivos utilizados na nutrição de ruminantes, sendo os mais pesquisados e usados desde 1976 em gado de corte confinado (NICODEMO, 2001). Existem mais de 120 tipos de ionóforos, destacando-se a monensina sódica, a lasalocida, nasarina e salinomicina. Todos eles são produzidos a partir de diversas linhagens de *Streptomyces sp.*, por meio da fermentação metabólica dessas bactérias (Tabela 1).

Tabela 1- Principais ionóforos utilizados nas dietas de bovinos de corte.

IONÓFOROS	Organismos produtores	Peso molecular daltons	Dose mg/Kg de Matéria Seca
Monensina	<i>Streptomyces cinamonensis</i>	671	20-30
Lasalocida	<i>Streptomyces lasaliensis</i>	591	13
Narasina	<i>Streptomyces aureofaciens</i>	765	10-20
Salinomicina	<i>Streptomyces albus</i>	751	10-15

Fonte: Adaptado e Valadares e Filho (2011).

Os ionóforos são antibióticos de caráter bacteriostático, com peso molecular maior que 500 Daltons e que promovem modificações no ambiente ruminal a partir da seleção da microbiota em longo prazo. Seleciona as bactérias Gram-negativas, fermentadoras de ácido láctico e produtoras de ácido succínico, e inibe as Gram-positivas, produtoras de ácido acético, ácido butírico, ácido láctico e H₂, melhorando a eficiência digestiva. Dessa forma, espera-se maior efeito dos ionóforos em dietas

com maior participação do concentrado do que em dietas com mais volumoso, uma vez que os ionóforos atuam principalmente sobre as bactérias Gram positivas (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011; PIRES, 2010; THOMPSON *et al.*, 2016).

As bactérias Gram-negativas possuem maior resistência à ação dos ionóforos, em relação às Gram-positivas, devido a seu invólucro constituído por parede celular e membrana externa de proteção formada por lipoproteínas e lipopolissacarídeos. Essa camada externa possui porinas (canais de proteína) que não permitem a passagem dos ionóforos, cujas moléculas ultrapassam 500 Daltons (SOUZA *et al.*, 2018).

O mecanismo de ação dos ionóforos nas bactérias ruminais está relacionado com a bomba iônica a qual regula o balanço químico entre os meios intra e extracelular. Para manter seu potencial elétrico a célula bacteriana precisa de uma baixa concentração de Na^+ e de uma elevada concentração de K^+ no seu interior. Ao se ligarem à membrana celular das bactérias, os ionóforos facilitam o movimento dos cátions através da membrana celular. Cada ionóforo possui um cátion de maior afinidade. A monensina, por exemplo, possui afinidade 10 vezes maior ao Na^+ do que ao K^+ (PRESSMAN, 1976). Desse modo, há rápida perda de K^+ intracelular, maior concentração de Na^+ intracelular e influxo de H^+ , o que altera o potencial elétrico e leva à diminuição do pH. Para tentar reestabelecer o equilíbrio, as bactérias Gram-positivas são forçadas a utilizar os sistemas de transporte celular via bomba iônica (Na^+/K^+ ATPase ou próton-ATPase), porém com custo energético. Esse processo, juntamente com a baixa concentração de K^+ intracelular, reduz as reservas energéticas e as taxas de síntese proteica com consequente diminuição da capacidade de divisão celular bacteriana. Então, as bombas iônicas não operam com eficiência provocando desequilíbrio intracelular de cátions e, consequentemente, aumento da pressão osmótica, o que permite a entrada em excesso de água na célula tendendo ao rompimento e morte celular. Com a diminuição da competição por substratos energéticos, devido ao desaparecimento das Gram-positivas, as bactérias Gram-negativas dominam o meio (SALMAN *et al.*, 2006; BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011; MORIEL, *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2018).

Os ionóforos melhoram a eficiência do metabolismo de energia alterando as proporções de AGCCs produzidos no rúmen, de modo a aumentar a produção de propionato em detrimento da produção de acetato e butirato. Além do propionato ser

a principal fonte de glicose para ruminantes, durante seu processo fermentativo há captação de hidrogênio do meio, o que consequentemente diminui a captação do mesmo por parte de bactérias metanogênicas (*Methanobrevibacter*, *Methanobacterium*, *Methanomicrobium* e *Methanosarcina*). Paralelamente, a redução da produção de acetato e butirato diminui a grande liberação de hidrogênio decorrente do processo fermentativo desses AGCCs, o que diminui a oferta de hidrogênio para as bactérias metanogênicas e, portanto, a produção de metano. Desse modo, o melhor desempenho animal é resultado da diminuição dos custos energéticos para a gliconeogênese e redução da energia perdida durante o processo fermentativo, fazendo com que haja maior retenção de energia durante o processo (NEGRÃO *et al.*, 2010; MELCHIOR, *et al.* 2018).

A redução da hidrólise de proteína e da síntese de proteína microbiana por parte desses antibióticos aumenta a quantidade de proteína de origem alimentar que chega ao intestino delgado. Os ionóforos ainda reduzem a incidência de distúrbios metabólicos que possam prejudicar o desempenho dos animais, como acidose e meteorismo, por meio do aumento do pH ruminal e inibição de bactérias produtoras de ácido láctico (NICODEMO, 2001).

Segundo POSSAMAI (2011), outros efeitos importantes que ocorrem devido ao uso de ionóforos são o aumento da digestibilidade da matéria orgânica e do amido e a melhor conversão alimentar, devido diminuição do consumo de matéria seca (CMS) sem prejudicar o ganho de peso médio diário (GMD). De acordo com um estudo de meta-análise realizada por Duffield e colaboradores (2012), a utilização de monensina, um dos ionóforos mais pesquisados em dietas de crescimento e terminação de bovinos, reduziu o CMS em 0,27 kg/dia e aumentou o ganho médio diário em 0,029 kg, resultando em melhora na conversão alimentar em 6,4% (sendo observadas entre 2,5 e 3,5% nas últimas duas décadas). Em outra meta-análise realizada por Golder e colaboradores (2016), a utilização de lasalocida aumentou o GMD (+40g/dia), e melhorando a conversão alimentar, sem afetar o consumo. Neumann e colaboradores (2018) concluíram que o uso de monensina reduziu o CMS em função do peso vivo (2,36% vs. 2,55%) e melhorou a conversão alimentar (8,61 vs. 10,06kg/kg), peso vivo (511 vs. 494 kg) e aumentou a espessura de gordura (4,97mm vs. 4,25mm) nos bovinos de corte que receberam monensina na dieta quando comparado ao grupo controle.

O impacto da utilização de ionóforos também pode ser observado na economia de alimento a ser utilizado em confinamentos comerciais. Tedeschi e colaboradores (2003) verificaram esse efeito em confinamentos comerciais nos Estados Unidos mediante ao uso de monensina. Os autores calcularam que se 26 milhões de cabeças confinadas no ano de 2001 deixassem de ser alimentados com o aditivo em questão, o CMS aumentaria em 52,9 kg por animal durante o ciclo de confinamento, resultando na necessidade de aumentar a área de produção de milho dos EUA em mais de 135 mil hectares para atender a essa demanda.

Além dos benefícios à saúde e ao desempenho animal, que em última análise se convertem em maior lucratividade dos sistemas de produção, o uso de ionóforos em dietas de gado de corte pode melhorar a qualidade do ar, devido à menor produção de gás metano (relacionado com o efeito estufa) originado na fermentação entérica e da quantidade de nitrogênio excretado (e volatilizado), bem como a qualidade da água, pelo seu potencial em reduzir a quantidade de nitrogênio no esterco (fezes + urina), que pode atingir os lençóis freáticos por lixiviação (TEDESCHI; FOX; TYLUTKI, 2003). Isso pode ser conseguido pelos efeitos anteriormente discutidos dos ionóforos na melhoria da eficiência da digestão ruminal dos alimentos e pela menor quantidade de alimento consumido para cada unidade de carne produzida. Estudos (DONOHO, 1984) comprovam que a monensina é completamente biodegradável num período de trinta dias no esterco e no solo, o que se soma ao seu perfil de segurança ao meio ambiente. Esses efeitos são condizentes com os de boas práticas agrícolas e o desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis no que se refere ao meio ambiente (TEDESCHI; FOX; TYLUTKI, 2003).

Nesse contexto, a utilização dos ionóforos em dietas para ruminantes possui grande apelo, principalmente com relação à eficiência do sistema produtivo. Por outro lado, a União Europeia banuiu o uso desse tipo de aditivo desde 2006 justificado pela detecção de resíduos de monensina na carne e no leite e coprodutos de origem animal, o que representa uma ameaça para o consumo humano. Assim, o uso de antibiótico na produção animal é considerado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) um risco crescente para a saúde humana (SOARES *et al.*, 2015).

Contudo, alguns estudos realizados mostram que a resistência dos humanos aos antibióticos não está ligada à resistência a ionóforos em ruminantes, uma vez que essas substâncias não são utilizadas no tratamento de doenças humanas

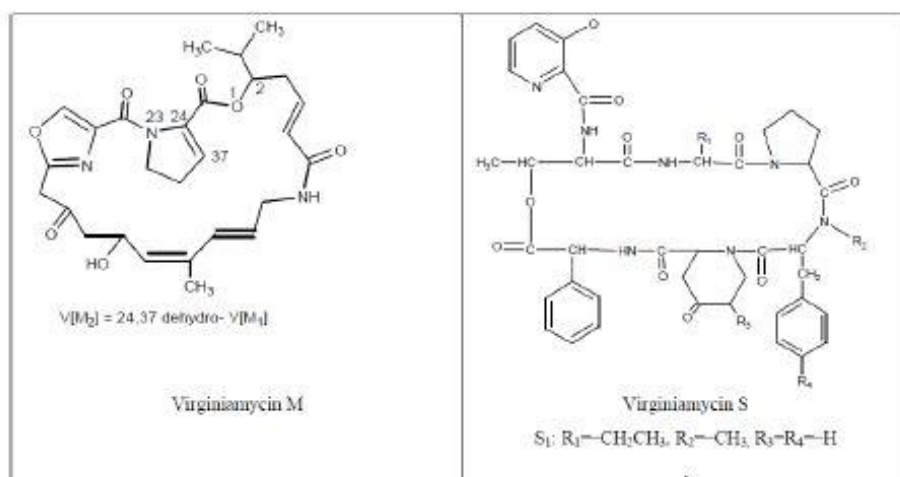
(RUSSELL *et al.*, 2008). A inocuidade da carne também foi garantida em dois estudos realizados por NEUMMAN e colaboradores em 2016 e 2018, onde os animais foram alimentados com dietas contendo monensina e salinomicina. Em ambos, as concentrações de ionóforos nos órgãos e tecidos comestíveis apresentaram valores muito abaixo dos permitidos na legislação (10µg/Kg para monensina e 15µg/Kg para salinomicina) em período de carência de 16 horas antes do abate.

4.2. ANTIBIÓTICOS NÃO IONÓFOROS

Os antibióticos autorizados para uso como aditivos alimentares são geralmente aqueles com baixa absorção pela mucosa intestinal, pois levam à menor concentração de resíduos nos alimentos (carne e leite) e ao menor período de carência para o abate (MANTOVANI, 2016). Antibióticos são incluídos na alimentação animal em concentrações subterapêuticas com o objetivo de melhorar a conversão alimentar e, conseqüentemente, diminuir a quantidade de alimento ingerido sem afetar o ganho de peso (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

A virginiamicina é o antibiótico não-ionóforo mais utilizado na nutrição de ruminantes nos últimos anos no Brasil, sendo autorizado seu uso pelo MAPA na dose de 100 a 340mg/animal/dia para bovinos (SITTA, 2016). De acordo com ROGER e colaboradores (1995) as dosagens recomendadas para aumento de GMD, melhor CA e diminuição de abscessos hepáticos variam de 13,2mg/Kg de MS a 27,3mg/Kg de MS. É um antibacteriano da classe das estreptograminas produzido pela bactéria *Streptomyces virginiae* formado por dois componentes químicos distintos: fator M ($C_{28}H_{35}N_3O_7$) e fator S ($C_{43}H_{49}N_7O_{10}$) (Figura 6). Embora cada fator individualmente possua atividade antibacteriana, o efeito combinado dos fatores M e S é mais evidente (PHIBRO, 2008).

Figura 6. Estrutura química da virginiamicina.

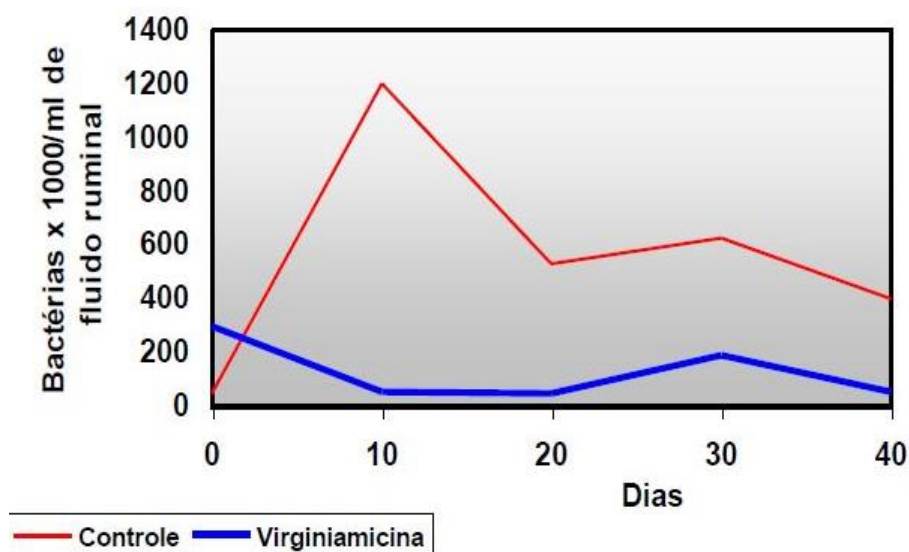


Fonte: PAGE (2003).

A virginiamicina é ativa principalmente contra bactérias gram-positivas, sendo a maioria das bactérias gram-negativas resistentes a estreptograminas devido à impermeabilidade da parede celular. Essa molécula atua por meio da ligação com os ribossomos das células bacterianas, inibindo a síntese de proteínas a partir da interação sinérgica dos seus dois componentes, fator M e fator S. Essa ligação inibe a formação de ligações peptídicas durante a síntese proteica impedindo crescimento e multiplicação bacteriana (efeito bacteriostático e bactericida). Além disso, quando pequenas concentrações de virginiamicina estão em contato com as células bacterianas por curto período, o seu crescimento é inibido por período prolongado, mesmo depois que a virginiamicina é retirada (efeito bacteriopausa) (PAGE *et al.*, 2003).

Diversos estudos mostram que a virginiamicina apresenta efeito positivo sobre a fermentação ruminal e adaptação dos animais em dietas de alto grão (IVES *et al.* 2002; SALINAS-CHAVIRA *et al.* 2009; GUO *et al.* 2010; NUÑEZ *et al.* 2013; RIGUEIRO, 2016). Embora seu mecanismo de ação seja diferente do mecanismo de ação dos ionóforos, os seus efeitos são semelhantes. A virginiamicina proporciona redução da ingestão de matéria seca, melhora da conversão alimentar, diminuição da hidrólise proteica e da produção de amônia, aumento da produção de propionato em detrimento da produção de acetato e butirato e inibição das bactérias produtoras de ácido láctico, favorecendo o equilíbrio do pH ruminal (Figura 7).

Figura 7. Efeito da virginiamicina sob as bactérias produtoras de ácido láctico.



Fonte: BALLARINI *et al.* (1986).

Pesquisas recentes têm permitido inferir que outros processos, além da maior produção de propionato por meio da seleção das bactérias gram-negativas, merecem destaque mediante ao uso de virginiamicina. O incremento na síntese de proteína microbiana, como relatado por Costa (2016), pode justificar os ganhos de peso adicionais. Outras pesquisas destacaram a possibilidade de atuação da virginiamicina na fisiologia da digestão nos intestinos delgado e grosso dos bovinos (NUÑEZ, 2008), conforme o efeito relatado como uso em animais monogástricos.

Segundo Medeiros (2007) a virginiamicina proporcionou maior diminuição da produção de lactato em comparação aos ionóforos. Fernandes *et al.* (2019) observaram que a virginiamicina proporcionou maior hidrólise efetiva da fibra em detergente neutro (FDN) em comparação com a salinomina. Ferreira *et al.* (2009) descreveram o efeito da virginiamicina sobre o aumento do tamanho das vilosidades intestinais, influenciando positivamente a capacidade de absorção. Para Ives *et al.* (2002), a virginiamicina foi capaz de reduzir a deaminação de aminoácidos no rúmen, tendo efeito adicional de favorecer o fluxo de proteína para o intestino do animal. Esse fato é considerado controverso por autores como ALVES NETO (2014) e COSTA (2016). Uma possível explicação para este evento é que as duas principais bactérias responsáveis pela deaminação de proteína no rúmen, a *Clostridium aminophilum* e a *Clostridium stickandii*, bactérias Gram-positivas, têm seu crescimento afetado pelo uso da virginiamicina (MONÇÃO, 2017).

Outros estudos têm mostrado que o uso combinado de ionóforos e não ionóforos potencializam o efeito esperado, sendo essa combinação uma ferramenta importante em dietas com alta inclusão de concentrado, onde o desafio metabólico imposto ao animal é muito alto (SILVA *et al.*, 2004; NUNEZ, 2008).

Apesar dos resultados positivos com o uso de antibióticos ionóforos e não ionóforos, a pressão do mercado para a redução da utilização de antibióticos na cadeia produtiva de carne é cada vez maior. Nesse sentido, diversas pesquisas têm concentrado esforços no estudo de alternativas que possibilitem minimizar a dependência de antibióticos na produção animal. Assim, probióticos, enzimas, tamponantes e extratos de plantas têm sido propostos como alternativa ao uso de antibióticos a fim de garantir maior segurança e qualidade dos alimentos sem comprometer o desempenho animal.

4.3. PROBIÓTICOS (DFMs)

O uso de aditivos microbianos vem ganhando cada vez mais espaço na nutrição de ruminantes devido à redução do uso de antibióticos. A agência americana FDA (Food And Drug Administration) descreve o termo DFM (direct-fed microbials) como “fonte natural de microrganismos (viáveis)”. Então, por solicitação da FDA, os fabricantes de tais aditivos passaram a utilizar a denominação DFM em substituição ao termo probiótico (SITTA, 2011).

A categoria DFMs enquadra bactérias, fungos e leveduras que possuem o potencial de aumentar o desempenho animal. A suplementação de DFMs pode beneficiar os bovinos no período de adaptação ao confinamento, uma vez que essa transição do pasto para o confinamento leva a situações de estresse, como o transporte, o manejo e a chegada a um novo ambiente (ELAM, 2003). Esse estresse pode alterar a microbiota ruminal e intestinal, comprometendo o desempenho animal. Assim sendo, a utilização de DFMs poderia evitar a ocorrência de tais fatores, sendo seu principal objetivo estabelecer e manter o equilíbrio intestinal (KREHBIEL *et al.*, 2003). Por outro lado, a inclusão dessa categoria de aditivo pode proporcionar melhor eficiência alimentar através de sua ação tanto no rúmen quanto no intestino por meio de diversos mecanismos de ação, tais como: supressão do número de células patogênicas através da produção de compostos com atividade

antimicrobiana, alteração do metabolismo microbiano por meio de alterações na atividade enzimática e estimulação do sistema imune do hospedeiro, devido ao aumento dos teores de anticorpos e da atividade dos macrófagos (ARENAS *et al.*, 2005; SAAD, 2006).

4.3.1. BACTÉRIAS

Apesar do seu mecanismo de ação não estar completamente elucidado, as bactérias ao contrário dos ionóforos e das leveduras, atuam principalmente no intestino. As culturas bacterianas probióticas estimulam a multiplicação de bactérias benéficas, reforçando os mecanismos naturais de defesa do hospedeiro (PUUPPONEN-PIMIA *et al.*, 2002). Uma microbiota intestinal em equilíbrio é hábil para debelar a proliferação de patógenos e os seus efeitos negativos no organismo.

Apesar da adição de bactérias probióticas na alimentação animal estar relacionada principalmente a benefícios pós-rúmen (KREHBIEL *et al.*, 2003), há alguns indícios de que haja certas vantagens no ambiente ruminal. Dietas com alta concentração energética promovem a queda do pH ruminal, o que deprime o crescimento de bactérias digestoras de fibra. Diante disso, a utilização de DFMs pode proporcionar a melhoria da digestibilidade da fração fibrosa da dieta. A utilização de aditivos que possam estimular o consumo de matéria seca no início da engorda confinada é de extrema importância para o sucesso da atividade, pois em muitas situações os animais que chegam ao confinamento são oriundos de sistemas de produção a pasto, recebendo dietas com baixa proporção de carboidratos não fibrosos e tem dificuldade de se adaptar às dietas com alta concentração energética, tipicamente utilizadas em confinamento atualmente (RIGOBELLO *et al.*, 2014).

Rigobello e colaboradores (2014) realizaram um estudo comparando o desempenho de bovinos Nelore suplementados com monensina (275mg), com um probiótico comercial (2g) contendo *Ruminobacter amylophilum* ($3,0 \times 10^{11}$ UFC), *Ruminobacter succinogenes* ($3,0 \times 10^{11}$ UFC), *Succinovibrio dextrinosolvens* ($4,4 \times 10^{11}$ UFC), *Bacillus cereus* ($3,5 \times 10^{11}$ UFC), *Lactobacillus acidophilus* ($3,5 \times 10^{11}$ UFC), *Streptococcus faecium* ($3,5 \times 10^{11}$ UFC) e com a mistura dos dois tipos de aditivos (2g probiótico comercial + 138mg de monensina) por 84 dias. Os aditivos experimentais produziram efeito semelhante em relação ao consumo de matéria

seca, eficiência e conversão alimentar, evidenciando que os DFMs podem ser utilizados em substituição à monensina sem afetar o desempenho animal.

4.3.2. LEVEDURAS

Oriundas das destilarias de álcool e das fábricas de cerveja, as leveduras, principalmente *Saccharomyces cerevisiae*, têm sido utilizadas na alimentação animal há décadas como o DFM de maior interesse na nutrição de ruminantes pelos efeitos que provoca na digestão (ORTOLAN, 2010). Segundo Oliveira *et al.* (2014) são os aditivos secundários mais usados nos confinamentos brasileiros.

Esses microrganismos reúnem características favoráveis tais como proteína de alta qualidade, carboidratos, lipídeos e vitaminas no complexo B; não são patógenas e nem tóxicas; não são absorvidas no trato digestivo; não deixam resíduos nos tecidos animais; são utilizadas em pequenas quantidades; proliferam *in vitro* e *in vivo*; promovem o crescimento de bactérias celulolíticas; são estáveis em temperaturas elevadas e não causam mutação (PIRES, 2007).

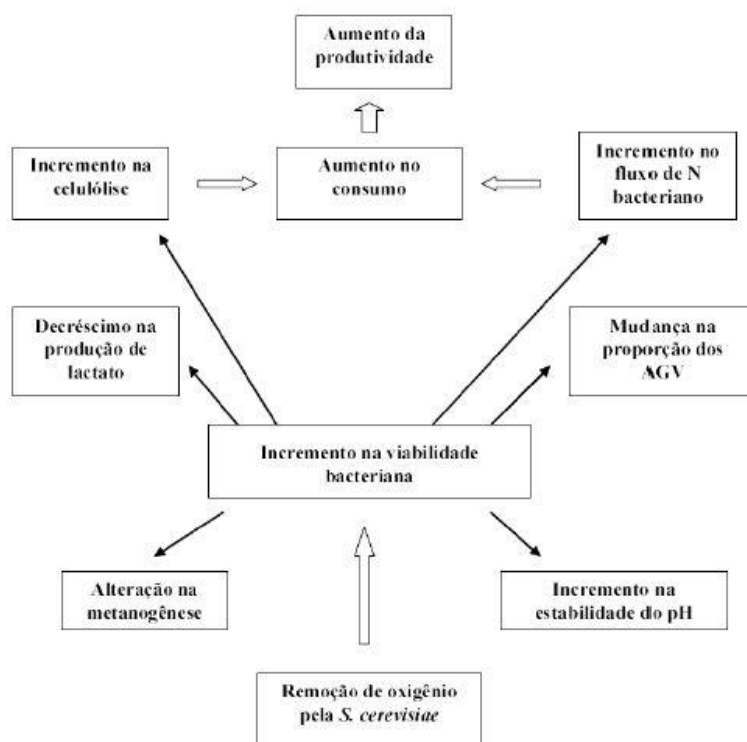
O benefício do uso de leveduras pode ser obtido por diferentes modos de ação (Figura 7). Quando presentes no rúmen, as leveduras utilizam metabólitos hidrogenados, aumentando a concentração de propionato e reduzindo a produção de metano. Por fornecerem nutrientes como vitaminas e fatores de crescimento, as leveduras podem ainda estimular o crescimento de outras bactérias ruminais, em especial as fibrolíticas e as fermentadoras de lactato evitando acúmulo desse ácido orgânico e conseqüentemente, o risco de acidose ruminal (SIRISAN *et al.*, 2013; MOYA, *et al.* 2017). Segundo Mohammed *et al.* (2017) as leveduras vivas e ativas no rúmen podem competir com o *Streptococcus bovis* por limitar a produção de lactato e a regulação do pH ruminal pode estimular a atividade de *Selenomas ruminatum* e *Megasphaera elsdenii*, fermentadoras de ácido láctico.

A suplementação com leveduras afeta benéficamente o metabolismo de nitrogênio no rúmen, diminuindo a concentração de amônia e aumentando o fluxo de nitrogênio bacteriano para o intestino delgado (ERASMUS *et al.*, 1992).

Apesar de ser considerado totalmente anaeróbico, o rúmen contém 0,5% a 1,0% de oxigênio (KOZLOSKI, 2016) que é tóxico para os microrganismos anaeróbios e reduz a adesão da fibra pelas bactérias celulolíticas. Leveduras

apresentam grande afinidade por oxigênio e, quando presentes no rúmen, estimulam o crescimento dos microrganismos anaeróbios pela remoção rápida e eficiente de oxigênio do ambiente ruminal. Removendo o oxigênio, favorecem as bactérias celulolíticas propiciando melhor hidrólise da fibra e consequentemente favorecendo a ingestão de matéria seca (MARTIN *et al.*, 1992).

Figura 7. Modo de ação das leveduras.



Fonte: SENE (2017).

Uma meta-análise foi realizada por Erasmus *et al.* (2009) para observar o efeito da monensina, *S. cerevisiae* e a combinação de ambos aditivos na produção de bovinos de corte, incluindo dados de 1.875 animais para ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar. Foi observado que o GPD dos animais que não receberam nenhum tipo de aditivo foi menor do que aqueles suplementados com monensina, leveduras ou com a combinação dos dois aditivos. Já a conversão alimentar dos bovinos suplementados não diferiu entre si, mas foi melhor do que as dos animais não suplementados. Segundo os autores, os resultados sugerem que leveduras e monensina sódica apresentam efeitos semelhantes sobre o desempenho de bovinos confinados.

KREHBIEL *et al.* (2003) compilaram os resultados de diversos ensaios de confinamento publicados a partir da década de 80 e relataram aumento no GPD de aproximadamente 2,5 a 5% e uma melhoria na eficiência alimentar de 2%, quando bovinos foram alimentados com dietas contendo DFMs.

No entanto, os efeitos da suplementação com leveduras são muito variáveis e dependentes da dosagem, do fornecimento, da dieta ingerida, dos animais e do meio ambiente (CHUNG *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2014). Gomes *et al.* (2009), concluíram que o fornecimento de monensina, levedura ou a associação de ambos na dieta não exerce efeitos importantes sobre características de carcaça e da carne em bovinos terminados em confinamento. ZANETTI *et al.* (2009) não observaram nenhuma diferença de pH ruminal ou de eficiência alimentar. Em meta-análise realizada por DARABIGHANE *et al.* (2018), não foi observada redução na produção de metano mediante a suplementação com levedura.

Deste modo, a triagem de espécies ou cepas de leveduras com a capacidade de ser ativa nas condições ruminais, para promover o ajuste do valor do pH sem reduzir a produção de ácidos graxos de cadeia curta e não interferir na digestibilidade da fibra é um fator importante a ser considerado na seleção de leveduras probióticas (FERNANDES, *et al.* 2019).

Segundo Dias *et al.* (2018), a maioria dos estudos em nutrição de ruminantes focam no uso de estirpes de *S. cerevisiae* como probiótico. Porém, os probióticos comerciais dessa levedura possuem crescimento limitado no rúmen (KUNG *et al.* 1997). Nesse sentido, Fernandes *et al.*, 2019 investigaram leveduras ruminais com potencial uso probiótico na alimentação animal. Os autores identificaram *Pichia kudriavzevii* como uma levedura predominantemente importante na fermentação ruminal e com potencial uso como probiótico, baseada nas condições ruminais.

4.4. TAMPONANTES

Tamponantes são substâncias utilizadas com o objetivo de diminuir as variações de pH no rúmen, mantendo condições favoráveis para adequada fermentação ruminal. A faixa ideal do pH para a degradabilidade da fibra fica entre 6,2 e 6,8 (PIRES, 2007). Nos ruminantes, a secreção de tampões fosfato e, principalmente, bicarbonato pela saliva é um processo importante para a

manutenção da saúde ruminal (SOARES *et al.*, 2015). Animais em pastejo não apresentam necessidade do uso de agentes tampões, pois a pastagem rica em fibras estimula a produção de saliva e a baixa concentração de carboidratos não estruturais (CNE) na forragem não sobrecarrega o sistema de tamponamento fisiológico do rúmen. Por outro lado, as dietas de confinamento, ricas em CNE, acabam sobrecarregando esse sistema, exigindo o uso de aditivos, como os tamponantes, para manter a estabilidade da fermentação ruminal (ORTOLAN, 2010).

Em nutrição animal, um tamponante verdadeiro é um sal de um ácido fraco ou de um óxido ou de um dióxido, que neutraliza ácidos presentes nos alimentos ou ácido produzidos durante a digestão e metabolismo dos nutrientes (NAGARAJA *et al.*, 1997). Segundo esses autores, o nome mais adequado para tais compostos seriam agentes neutralizantes ou alcalinizantes. A caracterização de um agente tamponante é dada por seu pKa, ou seja, o pH no qual metade dos seus grupos ionizáveis está ionizável. O poder tamponante é máximo quando o pH do meio é igual ao pKa do agente tamponante (STAPLES; LOUGH 1989).

Os dois mecanismos mais claramente estabelecidos, em relação a modificação da fermentação ruminal proporcionada pelos tampões, estariam relacionados à resistência a mudanças do pH ruminal e ao aumento da taxa de diluição ruminal (saída do fluido através do orifício retículo-omasal). O aumento na taxa de diluição do fluido seria devido ao aumento da osmolaridade, que aumentaria tanto o consumo de água como o influxo através da parede ruminal. De acordo com essas características, sua utilização permitiria estabilizar o pH ruminal, gerando ambiente adequado para o crescimento da população de bactérias celulolíticas. (NAGARAJA *et al.*, 1997).

O uso de tampões pode ser benéfico para os bovinos de corte tanto na entrada do confinamento, devido à necessidade de adaptação dos animais à nova dieta, como durante toda a fase de terminação, na qual o alto teor de concentrado será a base para o ganho de peso e a terminação do animal.

O bicarbonato de sódio (NaCO_3) é a substância tamponante mais utilizada para bovinos, pois ao controlar o pH perto da normalidade, aumenta a digestibilidade da fibra e o ganho de peso diário (GPD) (ORTOLAN, 2010). É considerado o tampão verdadeiro pelo seu pKa de 6,25 com grande capacidade tamponante. Além disso, possui alta solubilidade no rúmen, característica que permite rápida diluição no

líquido e maior efetividade de ação (POSSAMAI *et al.*, 2011). De acordo com Pires (2007), a maior parte das pesquisas tem indicado a inclusão de 0,75 a 1% de NaHCO_3 na MS da dieta total, podendo chegar a 1,2% ou mais no concentrado.

O óxido de magnésio e o carbonato de cálcio muitas vezes classificados nessa categoria de aditivos, são na verdade agentes alcalinizantes e não tamponantes. Um alcalinizante é uma substância capaz de aumentar o pH de uma solução, enquanto um tampão é uma substância capaz de limitar as variações de pH, mantendo dentro de certos limites o equilíbrio de prótons na solução. O óxido de magnésio é muito utilizado nos confinamentos brasileiros, pois além de ter ação alcalinizante, é uma importante fonte de magnésio. O carbonato de cálcio também é um bom agente alcalinizante. No entanto, apresenta restrições quanto ao fornecimento por ter baixa solubilidade e deprimir o consumo de matéria seca (POSSAMAI *et al.*, 2011).

Em suma, os resultados obtidos com a inclusão de tamponantes pode propiciar o aumento na relação acetato:propionato, na síntese de proteína microbiana, no consumo de água, no consumo e digestibilidade da MS e do pH ruminal. Além de influenciar na diminuição das taxas de ocorrência de doenças metabólicas do rebanho (PIRES, 2007).

4.5. ENZIMAS EXÓGENAS

O uso de enzimas exógenas na nutrição de ruminantes é relativamente recente, se comparado com o uso na produção de aves e suínos, sendo os primeiros registros da década de 60. Inicialmente, acreditava-se que as enzimas no ambiente ruminal fossem rapidamente desnaturadas ou digeridas no rúmen sem ao menos conseguir produzir algum efeito. No entanto, estudos verificaram o potencial de estabilidade de algumas moléculas no ambiente ruminal, impulsionando novas pesquisas e o uso desse tipo de aditivo (MORGAVI *et al.*, 2000; MEALE *et al.*, 2014; SILVA, 2017).

Enzimas são proteínas globulares de estrutura terciária ou quaternária que agem como biocatalizadores, acelerando o processo de uma reação, sob condições favoráveis de temperatura, pH e umidade. As enzimas exógenas atuam auxiliando as enzimas endógenas, reduzindo o tempo para que ocorra a digestão, ou

minimizando a ação de fatores antinutricionais (BEAUCHEMIN; HOLTSHAUSEN, 2011).

O impacto do uso das enzimas no desempenho reflete na ação de otimização dos nutrientes no rúmen. Há um sinergismo entre as enzimas exógenas e microbianas por maior hidrólise ruminal, melhorando a colonização do alimento pelos microrganismos, aumentando a disponibilidade de carboidratos solúveis para a multiplicação microbiana e maior digestão da dieta. As enzimas podem agir ainda diretamente no substrato e converter polissacarídeos estruturais e não estruturais em açúcares solúveis. Além de melhorar o desempenho animal, a otimização da digestão dos alimentos leva à redução do custo da ração e, conseqüentemente, redução no custo do quilo de proteína produzida (ROJO *et al.*, 2005).

Os complexos enzimáticos utilizados na pecuária são produzidos a partir de fungos (*Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger* e *Trichoderma reesei*) e bactérias (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum* e *Enterococcus faecium spp.*) por meio de fermentação microbiana. Embora esses microrganismos façam parte de um grupo limitado, os tipos e as atividades das enzimas podem ser diversos dependendo da cepa selecionada, do substrato em que são cultivadas e das condições de cultura aos quais são submetidos (MEALE *et al.*, 2014). As enzimas exógenas são caracterizadas ainda por não conterem células microbianas no produto final, mediante aos processos de fermentação, concentração e purificação aos quais são submetidas (PIRES, 2007).

A catalização enzimática só é possível a partir do contato do substrato com o complexo enzimático. A formação do complexo enzima-substrato apresenta grande influência sobre a ação das enzimas, já que impede que as mesmas se solubilizem no líquido ruminal e passem rapidamente para o intestino, o que diminuiria o tempo de permanência no rúmen e minimizaria os efeitos benéficos desses aditivos. Algumas enzimas são muito resistentes, transpondo o ambiente ruminal e continuando ativas no abomaso e intestinos, auxiliando a digestão de materiais que escaparam da fermentação ruminal, e que se não aproveitados são eliminados nas fezes (BEAUCHEMIN *et al.*, 2003).

De acordo com o substrato específico em que atuam as enzimas são classificadas em fibrolíticas (fibras), amilolíticas (amido), pectinolíticas (pectinas) e proteolíticas (proteínas), sendo as fibrolíticas e amilolíticas as de grande destaque nas dietas de bovinos de corte.

4.5.1. ENZIMAS AMILOLÍTICAS

O amido presente nos grãos de cereais é a principal fonte de energia nas dietas em sistemas intensivos de produção de ruminantes, compreendendo no mínimo 50% da matéria seca da dieta. O arranjo estrutural do grão de milho reflete na disponibilidade do amido, já que dependendo da qualidade, o amido pode estar envolvido por uma matriz proteica rígida e desenvolvida. Nesse sentido, o processamento de grãos é a tecnologia mais amplamente utilizada na tentativa de maximizar a digestão total do amido e melhorar o desempenho dos animais em confinamento (DILorenzo, *et al.* 2011). Assim, o uso de aditivos é empregado para potencializar a disponibilidade de amido e, conseqüentemente, de energia para o animal.

As enzimas exógenas amilolíticas (EAE) ou amilases atuam sobre o amido, além de glicogênio e polissacarídeos, hidrolisando as ligações glicosídicas e liberando diversos produtos, como dextrinas e polímeros de unidades de glicose (KOZLOSKI, 2016). Nesse contexto, o uso de EAE pode ser importante ferramenta para aumentar a digestibilidade do grão de milho e melhorar a eficiência alimentar de bovinos confinados (NEUMMAN *et al.*, 2018).

Aumentos da taxa de hidrólise de amido no rúmen estão relacionados com a melhora da colonização pelos microrganismos ruminais em função do tratamento enzimático. A ação das EAE promove maior disponibilidade de carboidratos solúveis, modificando e elevando os padrões fermentativos (COLOMBATTO, 2008).

As amilases podem ser divididas em três grupos de acordo com a ligação que hidrolisam: alfa-amilase rompem ligações no interior do substrato (endoamilases), beta-amilases, atuando nas extremidades não redutoras do substrato (exoamilases), e a glucoamilase (amiloglucosidase), efetivas no terminal não redutor das moléculas do substrato (KOZLOSKI, 2016; NASCIMENTO *et al.*, 2018).

A inclusão de EAE em dietas de ruminantes demonstra capacidade de melhorar a digestão dos nutrientes e o desempenho animal a partir de mecanismos complexos e influenciados por diversos fatores como alimentação, métodos de

fornecimento, ingredientes utilizados e dosagens (MCALLISTER *et al.*, 2001; SILVA, 2017). No entanto, Dilozenzo e colaboradores (2011) não obtiveram resultados na digestibilidade do grão de milho ou no desempenho de novilhos Angus com a suplementação de α -amilase (600 quilo novo/kg de matéria seca) no período de 42 dias, dados que corroboram com os encontrados por Schoonmaker e colaboradores (2014).

4.5.2. ENZIMAS FIBROLÍTICAS

Silagem de capins constituem uma das principais fontes de fibra na alimentação de animais confinados, a qual é essencial para a manutenção da saúde ruminal (BERNARDES *et al.*, 2014). A forragem é constituída principalmente por celulose e hemicelulose, os quais são formadas por moléculas simples interligadas por ligações rígidas e altamente resistentes.

As bactérias ruminais possuem a capacidade de degradar carboidratos fibrosos presentes nas paredes celulares das plantas de forma eficaz, possibilitando transformar alimentos de baixa qualidade em nutrientes de grande valor biológico. No entanto, a digestibilidade da fibra ainda limita o consumo de energia disponível nas forragens, contribuindo para excessiva excreção de nutrientes perdidos nas fezes. Ao longo dos anos, diversos estudos e metodologias são utilizados na tentativa de melhorar a digestibilidade da fibra dos alimentos fornecidos aos animais, sendo o uso de enzimas fibrolíticas uma alternativa (BEAUCHEMIN *et al.*, 2003; ROMERO *et al.*, 2013; NEUMMAN *et al.*, 2018).

Os complexos enzimáticos fibrolíticos possuem como principais ingredientes fitases, celulasas e hemicelulasas que possuem a capacidade de elevar a hidrólise de polissacarídeos fibrosos, juntamente com as enzimas endógenas produzidas no rúmen, melhorando a utilização da fração fibrosa e a eficiência na produção de ruminantes (REIS; LARA; RABELO, 2015; SILVA *et al.* 2017). Romero e colaboradores (2013) testaram os resultados da aplicação de enzimas fibrolíticas exógenas na qualidade da forragem e no desempenho animal mediante a aplicação de tratamento enzimático na fenação de capim bermuda *grass* (*Cynodon dactylon*). Foi verificado aumento da digestibilidade da fibra, em especial hemicelulose.

Entretanto, não foram observados efeitos positivos na ingestão ou nos parâmetros cinéticos e fermentativos ruminais.

É necessária vasta gama de enzimas para degradar arranjos complexos de carboidratos estruturais presentes nas paredes celulares das plantas (MORGAVI *et al.*, 2012). Embora preparações enzimáticas comerciais sejam comumente referidas como celulases ou xilanases, atividades secundárias como amilases, proteases, esterases ou pectininas estão invariavelmente presentes. Essa diversidade é vantajosa, pois facilita o direcionamento de uma variedade de substratos utilizando único produto, mas isso complica a identificação de enzimas específicas responsáveis por quaisquer respostas positivas observadas na digestão dos alimentos. (MCALLISTER *et al.*, 2001; MEALE, *et al.*, 2014).

Em estudo recente Vigne e colaboradores (2019) suplementaram 32 novilhos, ½ sangue nelore, com idade média de 12 meses por 63 dias com um complexo enzimático (xilanase, celulase, β -glucanase, mananase, α -galactosidase e amilase) em doses progressivas (0g, 2,5g, 5,0g e 7,5g animal/dia). Os autores verificaram que na média geral, independentemente do período de confinamento, houve melhora na conversão alimentar com o aumento da dose do complexo enzimático. Já para Oliveira e colaboradores (2015), a suplementação com complexo enzimático durante 47 dias em 63 bovinos nelores, com média de 24 meses de idade, não alterou o ganho de peso diário, consumo voluntário, conversão alimentar ou o rendimento de carcaça .

Apesar das enzimas exógenas serem cada vez mais consideradas como um meio de melhorar a eficiência da alimentação, muitos estudos ainda apresentam resultados controversos sobre os reais efeitos no desempenho animal em relação a ganho de peso, consumo de matéria seca, conversão alimentar e rendimento e características de carcaça (OLIVEIRA *et al.*, 2015; NASCIMENTO, 2018; MESCHIATTI *et al.*, 2018; NEUMMAN *et al.*, 2018). Esses resultados podem ser atribuídos à variedade e características dos produtos enzimáticos, às condições experimentais em que foram utilizados, às diferenças de atividade enzimática em diferentes substratos, assim como, por uma super ou sub-dosagem da atividade enzimática e pelo método de fornecimento da enzima para o animal (BEAUCHEMIN *et al.*, 2003; MEALE *et al.*, 2014).

A lenta adoção da tecnologia enzimática pode ser justificada não somente pelos resultados incompatíveis dos estudos, mas também pelo custo das enzimas, os quais superam o de outros aditivos já bem consolidados no mercado, como os ionóforos (BEAUCHEMIN; HOLTSHAUSEN, 2011).

4.6. ÓLEOS ESSENCIAIS

Óleos essenciais (OE) são metabólitos secundários de algumas plantas, sendo responsáveis pelo odor e pela cor, obtidos por vaporização ou destilação em água. São encontrados em diferentes partes da planta, como folhas, raízes, frutos, flores, pétalas e colmos. A concentração de óleos essenciais nas plantas varia conforme o estágio de crescimento e saúde da planta, luz, temperatura e estresse hídrico (DUDAREVA *et al.*, 2004).

Os compostos bioativos das plantas presentes nos óleos essenciais são uma potencial alternativa para o controle e modulação da fermentação ruminal (MEDJEKAL *et al.*, 2017; SOLTAN *et al.*, 2018), por meio de suas ações antimicrobianas, anti-inflamatórias, e antioxidantes, as quais conferem melhor conversão alimentar e desempenho animal (RIVAROLI *et al.*, 2016).

Existem evidências de que muitos óleos essenciais reduzem a taxa de deaminação de aminoácidos, a taxa de produção de amônia e o número de bactérias hiperprodutoras de amônia, com aumento de escape ruminal de N para o intestino (BERCHIELLI *et al.*, 2007). Segundo Meschiatti *et al.* (2019), o OE de caju e mamoma controlaram efetivamente a fermentação ruminal, equilibrando o pH ruminal e a diminuição da síntese de proteínas microbianas no rúmen, assim como a monensina (MESCHIATTI, *et al.* 2019). Compostos bioativos de plantas tropicais também têm mostrado um efeito positivo na depressão do metano em até 25%, sem afetar negativamente a digestibilidade e a modulação ruminal (MEDJEKAL *et al.*, 2017; SOLTAN *et al.*, 2018a). Informações relacionadas a inclusão de diversos substratos lipídicos mostram que a inclusão de 1% de gordura pode reduzir a produção de metano em até 5,6% (BEAUCHEMIN *et al.*, 2008).

Os OE possuem ainda o benefício de melhorar sensorialmente os alimentos, melhorando a palatabilidade e o odor das misturas. Maior palatabilidade favorece a aceitação do alimento pelos animais. Já o odor funciona como atrativo e estimulante

da sensação de bem-estar ao animal, devido à liberação de endorfinas mediante ação no sistema nervoso central (BROUGHAM, 2002).

Os principais OE e seus compostos citados em pesquisas com bovinos de corte são cravo-da-índia (eugenol, carofileno e acetato de eugenila), canela (cinamaldeído, benzaldeído, álcool cinâmico e cumarina) orégano e timo (timol e carvacrol), mamoma (α -tujona, 1,8-cineol e α -pinemo, cânfora e canfeno) e caju (cardol, β -ocimeno de cardonol, α -copaeno e δ -cadinemo) (BIONDO *et al.*, 2017; CONEGLIAN *et al.*, 2019).

Cada planta possui componentes ativos que ditam as características de seu extrato. Ao usar uma mistura, os OE podem ter efeito sinérgico potencializado, no modo de ação no metabolismo animal e sem alterar características da carcaça. Qualidade da carne como produto final (RIVAROLI *et al.*, 2016; CONEGLIAN *et al.*, 2019). Segundo Meschiatti e colaboradores (2018), o uso de óleos essenciais associados com α -amilases podem ser uma alternativa para substituir a monensina por melhorar a ingestão de matéria seca e o crescimento dos animais na fase de terminação de bovinos de corte.

Os mecanismos que conferem aos OE suas propriedades antimicrobianas ainda não estão bem elucidados, mas há evidências da alteração na membrana celular bacteriana devido a mudanças no transporte de elétrons e no gradiente de íons, na translocação de proteínas, fosforilação e outras reações dependentes de enzimas, semelhantes aos ionóforos (LAMBERT *et al.*, 2001; BURT, 2004).

A estrutura química dos compostos é importante e os resultados também são dose-dependentes. Busquet *et al.* (2006) observaram que muitos óleos essenciais (extraídos de erva-doce, pimenta, gengibre, orégano, cravo-da-índia, alho e canela) inibiram significativamente a concentração de amônia quando usados em altos teores (3000mg/L). Porém os resultados foram marginais com doses moderadas (300mg/L) e inexistentes em baixas quantidades (3mg/L). Já Rivaroli *et al.* (2016), usaram 3,5g/animal/dia de uma mistura de óleos essenciais (limão, alecrim, tomilho, eucalipto e laranja doce) e não observaram efeito sobre as substâncias químicas e composição de ácidos graxos, cor da carne e capacidade de retenção de água, mas perceberam redução na oxidação lipídica. Por outro lado, ao utilizarem o dobro da dose obtiveram efeito pró-oxidante, prejudicial a qualidade da mesma. Para Yang *et al.*, 2010, a quantidade a ser ofertada deve ser controlada, visto que doses elevadas

podem reduzir a digestibilidade dos nutrientes e a produção total de ácidos graxos de cadeia curta.

Os OE são considerados potenciais substitutos naturais dos antibióticos, pois os trabalhos desenvolvidos até o momento revelam que além de melhorar a *performance* animal, eles são capazes de prevenir danos futuros à saúde dos consumidores, derivados dos resíduos de antibióticos e da resistência bacteriana. Portanto, são uma alternativa para otimizar os sistemas de produção evitando o uso de aditivos que deixam resíduo no produto final.

Contudo, os estudos sobre os efeitos dos óleos essenciais no desempenho animal e na qualidade da carne de bovinos ainda são escassos, controversos, não possuem dosagens definidas e muitos dados ainda são resultados de pesquisas *in vitro* (ORNAGHI *et al.*, 2017). Assim o desenvolvimento de mais pesquisas não somente com óleos essenciais, mas com outros produtos naturais, como a própolis, por exemplo, vem crescendo e são de extrema importância para elucidar e consolidar os potenciais benefícios desses produtos na manipulação da fermentação ruminal.

5 CONCLUSÃO

Atualmente, o desafio da exploração pecuária de bovinos de corte é estabelecer sistemas de produção eficientes e rentáveis de maneira sustentável, que atendam as demandas atuais por proteína de origem animal, que respeitem o bem-estar animal e cujos produtos e resíduos não representem risco à saúde do consumidor ou ao meio ambiente.

O ajuste fino das dietas a partir da utilização de aditivos é uma das estratégias importantes para alcançar esses objetivos durante todo o período de terminação de bovinos em confinamento. Várias substâncias têm sido usadas para manipular a fermentação ruminal, incluindo antibióticos e outros compostos.

No entanto, a preocupação com saúde pública devido o uso massivo de antibióticos na produção animal e o potencial risco dessa prática para a saúde humana, voltou às pesquisas para o desenvolvimento de alternativas ao uso dos tão consolidados antibióticos. Diversos compostos alternativos se apresentam com grande potencial para uso como aditivos na nutrição de ruminantes. Porém, o desafio da pesquisa está em distinguir os compostos que melhoram a fermentação ruminal e o desempenho dos animais na mesma proporção dos antibióticos. Deve-se ampliar os estudos com esses compostos a fim de que os resultados contraditórios sejam minimizados e que se consiga estabelecer protocolos mais definidos e em manter os resultados obtidos tanto *in vitro* como *in vivo*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES NETO, João Alexandrino. **Determinação da melhor dose de virginiamicina em suplementos para bovinos Nelore em pastejo**. 2014. 32 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.
- ARENAS, S.E. et al. Efeito do probiótico Proenzyme® no ganho de peso em bovinos. **Archivos de Zootecnia**, v.56, n.213, p.75-78, 2007.
- ASCHENBACH, J. R. et al. Symposium review: The importance of the ruminal epithelial barrier for a healthy and productive cow. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 2, p.1866-1882, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (Brasil). **Beef REPORT**: Perfil da Pecuária no Brasil. 2019. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/control/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.
- BALDWIN, R. L.; CONNOR, E. E. Rumen Function and Development. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 33, n. 3, p.427-439, 2017.
- BALLARINI, R.; et a. Failure Characteristics of Short Anchor Bolts Embedded in a Brittle Material. **Proceedings Of The Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 404, n. 1826, p.35-54, 1986.
- BEAUCHEMIN, K. A.; HOLTSHAUSEN, L. 2011. Developments in enzyme usage in ruminants. In: M. R. Bedford and G. G. Partridge, editors, *Enzymes in farm animal nutrition*. 2nd ed. CAB International, Bodmin, UK. p. 206–230.
- BEAUCHEMIN, K.A. et al. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.81, p.37-47, 2003.
- BEEGLE, D. B.; CARTON, O. T.; BAILEY, J. S.. Nutrient Management Planning: Justification, Theory, Practice. **Journal Of Environment Quality**, [s.l.], v. 29, n. 1, p.72-79, 2000 Acesso em: 20 ago. 2019.
- BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de Ruminantes*: 2ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011.

BIONDO, P. B. f. et al. Antioxidant Capacity and Identification of Bioactive Compounds by GC-MS of Essential Oils from Spices, Herbs and Citrus. **Current Bioactive Compounds**, v. 13, n. 2, p.137-143, 2017.

BROUGHAN, C. Odours, emotions, and cognition – how odours may affect cognitive performance. **International Journal Of Aromatherapy**, v. 12, n. 2, p.92-98, 2002.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal Of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p.223-253, 2004.

BUSQUET, M.; CALSAMIGLIA, S.; FERRET, A.; KAMEL, C. Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 2, p. 761-771, 2006.

CARDOSO, E.G. Engorda de bovinos em confinamento: aspectos gerais. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 1996.

CHUNG, Y.-H. et al. Differing effects of 2 active dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) strains on ruminal acidosis and methane production in nonlactating dairy cows. **Journal Of Dairy Science**, v. 94, n. 5, p.2431-2439, 2011.

COLOMBATTO, D. et al. Screening of exogenous enzymes for ruminant diets: Relationship between biochemical characteristics and in vitro ruminal degradation. **Journal Of Animal Science**, v. 81, n. 10, p.2628-2638, 2003.

CONEGLIAN, S. M. et al. Effects of essential oils of Cashew and Castor on intake, digestibility, ruminal fermentation and purine derivatives in beef cattle fed high grain diets. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 5, p.2057-2069, 2019.

COSTA, J. P. R. **Virginiamycin via mineral supplementation and sward height in growing Nelore young bulls**. 2016. 91 f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.

COSTA, P. B. et al. Desempenho de novilhas leiteiras sob manejo para crescimento compensatório recebendo suplementação com ionóforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p.461-470, 2007.

DARABIGHANE, B. et al. Environmental efficiency of *Saccharomyces cerevisiae* on methane production in dairy and beef cattle via a meta-analysis. **Environmental Science And Pollution Research**, v. 26, n. 4, p.3651-3658, 2018.

DIAS, Julia D.I. et al. Yeast culture increased plasma niacin concentration, evaporative heat loss, and feed efficiency of dairy cows in a hot environment. **Journal Of Dairy Science**, v. 101, n. 7, p.5924-5936, jul. 2018.

DILORENZO, N. et al. Effects of grain processing and supplementation with exogenous amylase on nutrient digestibility in feedlot diets. **Livestock Science**, v. 137, n. 1-3, p.178-184, 2011.

DONOHO, A. L.. Biochemical Studies on the Fate of Monensin in Animals and in the Environment. **Journal Of Animal Science**, v. 58, n. 6, p.1528-1539, 1984.

DUFFIELD, T.F.; MERRILL, J.K.; BAGG, R.N. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. **Journal of Animal Science**, v.90, p.4583- 4592, 2012.

ELAM, N.A. et al. Effects of live cultures of *Lactobacillus acidophilus* and *Propionibacterium freudenreichii* on performance, carcass and intestinal characteristics, and *Escherichia coli* O157 shedding os finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 81, p.2686-2698, 2003.

ERASMUS, L.J. Effect of yeast culture on production, rumen fermentation and duodenal nitrogen flow in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3056-3066, 1992.

ERASMUS, L.J. et al. A meta-analysis of the effect of monensin or live yeast or a combination thereof on performance of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.87, n.2, p.220, 2009.

FERNANDES, T. et al. Identification and characterization of yeasts from bovine rumen for potential use as probiotics. **Journal Of Applied Microbiology**, v. 127, n. 3, p.845-855, 3 jul. 2019.

FERREIRA, S. F. et al. Use of virginiamycin and salinomycin in the diet of beef cattle reared under grazing during the rainy season: performance and ruminal metabolism. **Ciência Animal Brasileira**, [s.l.], v. 20, p.1-10, 2019.

FERREIRA, S. F. et al. **Parâmetros ruminiais e desempenho de bovinos de corte sob pastejo no período chuvoso com uso de Virginiamicina e Salinomicina na dieta**. 2009. Parte da tese de doutorado do primeiro autor. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/doutorado/trabalhos-doutorado/doutorado-sergio-fernandes.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2019.

Food and Agriculture Organization. **World food and agriculture: Statistical pocketbook**. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/CA1796EN/ca1796en.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

FRAGALLE, C. **Embrapa apresenta tecnologias para uma pecuária sustentável**. Embrapa Sudeste, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/6442638/embrapa-apresenta-tecnologias-para-uma-pecuaria-sustentavel>>. Acesso em: 16 out. 2019.

GOLDER. H.M.; LEAN, I.J. A meta-analysis of lasalocid effects on rumen measures, beef and dairy performance, and carcass traits in cattle. **Journal of Animal Science**, v.94, p. 306 – 326, 2016.

GOMES, C.T. **Aditivos (monensina sódica, levedura e probióticos) para bovinos da raça Nelore terminados com rações com concentrado rico em co-produtos.** 2009. 110p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, 2009.

GOULARTE, S.R. et al. Ácidos graxos voláteis no rúmen de vacas alimentadas com diferentes teores de concentrado na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 6, p.1479-1486, 2011.

GUO, T.J.; WANG, J.Q.; BU1, D.P.; LIU, K.L.; WANG, J.P.; LI, D.; LUAN, S.Y.; HUO, X.K. Evaluation of the microbial population in ruminal fluid using real time PCR in steers treated with virginiamycin. *Czech Journal of Animal Science*, v.55, p.276– 285, 2010.

HERNÁNDEZ, J. et al. Ruminal Acidosis in Feedlot: From Aetiology to Prevention. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p.1-8, 2014.

HERNANDEZ-SANABRIA, E. et al. Correlation of Particular Bacterial PCR-Denaturing Gradient Gel Electrophoresis Patterns with Bovine Ruminal Fermentation Parameters and Feed Efficiency Traits. **Applied And Environmental Microbiology**, v. 76, n. 19, p.6338-6350, 2010.

HUBER T.L., et al. Lactic acid-utilizing bacteria in ruminal fluid of a steer adapted from hay feeding to a high-grain ration. **American Journal of Veterinary Research**, v.37, n.5, p.611-613, 1976.

HUNGATE, R.E. *The rumen and its microbes*: 1ed. New York: Academic Press, 1966.

IVES, S. E. et al. Effects of virginiamycin and monensin plus tylosin on ruminal protein metabolism in steers fed corn-based finishing diets with or without wet corn gluten feed. **Journal Of Animal Science**, v. 80, n. 11, p.3005-3015, 2002.

KLEINMAN, P. J. A. et al. Advancing the Sustainability of US Agriculture through Long-Term Research. **Journal Of Environment Quality**, v. 47, n. 6, p.1412-1416, 2018.

KÖNIG, H. E.; LIEBICH, H.G. *Anatomia dos animais domésticos: texto e atlas colorido*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

KOZLOSKI, Gilberto Vilmar. **Bioquímica dos Ruminantes**. Santa Maria: Editora UFSM, 2009.

KOZLOSKI, V,G, *Bioquímica dos ruminantes*, 3 ed, 1º reimpressão, UFSM, Santa Maria, RS, 2016.

KRAUSE, D. O. et al. Board-invited review: Rumen microbiology. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 1, p.331-341, 2013.

KREHBIEL, C.R. et al. Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: performance response and mode of action. *Journal of Animal Science*, v.81, n.2, p.120-132, 2003.

KUNG, L. et al. Effects of a Live Yeast Culture and Enzymes on In Vitro Ruminal Fermentation and Milk Production of Dairy Cows. **Journal Of Dairy Science**, v. 80, n. 9, p.2045-2051, set. 1997.

LAMBERT, R. J. W. et al. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal Of Applied Microbiology**, v. 91, n. 3, p.453-462, 2001.

LANNA, D. P. D.; ALMEIDA, R. **A terminação de bovinos em confinamento**. 2005. Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va03-producao06.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2019.

LIEBE, D. M.; WHITE, R. R. Analytics in sustainable precision animal nutrition. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 2, p.16-24, 2019.

MACKIE, R. I. et al. Microbiological and chemical changes in the rumen during the stepwise adaptation of sheep to high concentrate diets. **The Journal of Agricultural Science**, v. 90, n. 2, p.241-254, 1978.

MANTOVANI, H. C. Perspectivas da utilização de antibióticos na produção de bovinos. In: **VIII Simpósio sobre Nutrição de Bovinos**, 8. Piracicaba, Anais... Piracicaba-SP: FEALQ. p. 249-276, 2006.

MANTOVANI, H. C.; BENTO, C. B. P. **Manipulação da Fermentação microbiana ruminal para máxima eficiência animal**. 2013. – II Simpósio Matogrossense de Bovinocultura de Corte – Universidade Federal de Mato Grosso. Disponível em: <<https://www1.ufmt.br/ufmt/unidade/userfiles/publicacoes/051c5a85238bd82d1e4487f08ffe4bb1.pdf>>.

MARTIN, S.A. Direct-fed microbials and rumen fermentation. *Journal of Dairy Science*, v.75, n.6, p. 1736-1744, 1992.

McAllister, T. A. et al. 2001. Enzymes in ruminants diets. In: *Enzymes in farm animal nutrition*. Bed-ford, M. R. and Partridge, G. G., eds. CAB International, Wiltshire, UK.
MCCANN, J. C.; ELOLIMY, A. A.; LOOR, J. J. Rumen Microbiome, Probiotics, and Fermentation Additives. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 33, n. 3, p.539-553, 2017.

MEALE, S.J. Board-invited review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve ruminant production. **Journal Of Animal Science**, v.92, n.2, p. 427-442, 2014.

MEDEIROS, S.R.; ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Manejo da recria - Eficiência do crescimento da desmama à terminação. In: Pires, A.V. *Bovinocultura de corte*. Piracicaba, FEALQ, v.1, p.760, 2007.

MEDJEKAL, S. et al. Evaluation of three medicinal plants for methane production potential, fiber digestion and rumen fermentation in vitro. **Energy Procedia**, v. 119, p.632-641, 2017.

MELCHIOR, E. A. et al. The effects of feeding monensin on rumen microbial communities and methanogenesis in bred heifers fed in a drylot. **Livestock Science**, v. 212, p.131-136, jun. 2018.

MESCHIATTI, M. A. P. **Feeding the combination of essential oils and exogenous α -amylase increases performance and carcass production of finishing beef cattle**. 2019. 83 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2019.

MILLEN, D. D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 10, p.3427-3439, 2009.

MOHAMMED, R. et al. Changes in the relative population size of selected ruminal bacteria following an induced episode of acidosis in beef heifers receiving viable and non-viable active dried yeast. **Journal of Applied Microbiology**, v.122, n.6, p.1483-1496, 2017.

MONÇÃO, F. P. **Suplementação e uso da virginiamicina como moduladores do desempenho de bovinos nelore na recria e seus efeitos na terminação em confinamento**. 2017. 146 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

MORGAVI, D. P. et al. Rumen microbial (meta)genomics and its application to ruminant production. **Animal**, v. 7, n. 1, p.184-201, 2012.

MORGAVI, Diego P. et al. Stability and stabilization of potential feed additive enzymes in rumen fluid☆. **Enzyme And Microbial Technology**, v. 26, n. 2-4, p.171-177, 2000.

MORIEL, P. et al. Effects of monensin on growth performance of beef heifers consuming warm-season perennial grass and supplemented with sugarcane molasses. **Tropical Animal Health And Production**, v. 51, n. 2, p.339-344, 2018.

MOYA, D. et al. Effects of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and type of cereal on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous fermentation system. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, p.1488-1496, 2017.

NAGARAJA, T. G. et al. Endotoxic activity of cell-free rumen fluid from cattle fed hay or grain. **Canadian Journal Of Microbiology**, v. 24, n. 10, p.1253-1261, 1978.

NAGARAJA, T.G. et al. Manipulation of ruminal fermentation In: HOBSON, N.P. (Ed). *Rumen microbial ecosystem*. London: Blackie, 1997. p.523-631.

NAGARAJA, T.G.; LECHTENBERG, K.F.; Acidosis in Feedlot Cattle. **Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice**, v. 23, n. 2, p.333-350, 2007.

NASCIMENTO, C. F. **Utilização de extrato de *Aspergillus oryzae* contendo alfa - amilase em dietas de confinamento para bovinos nelore**. 2018. 68 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

NEGRÃO, F.M.; DANTAS, C.C.O. Utilização de ionóforos como aditivo na alimentação de bovinos de corte. **PUBVET**, v. 4, n. 31, ed. 136, 2010.

NEUMANN, M. et al. Growth performance and safety of meat from cattle feedlot finished with monensin in the ration. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p.697-709, 2018.

NEUMANN, M. et al. Growth performance and safety of meat from cattle feedlot finished with salinomycin in the diet. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 6, p.4221-4234, 14 dez. 2016.

NEUMANN, Mikael et al. Exogenous enzymes improve performance and carcass traits of feedlot cattle fed high-grain diet. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, n.23, p.1-9, 2018.

NICODEMO, Maria Luiza Franceschi. **Uso de Aditivos na Dieta de Bovinos de Corte**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 54 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/325185/uso-de-aditivos-na-dieta-de-bovinos-de-corte>>. Acesso em: 09 set. 2019.

NUÑEZ, A. J. C. Uso combinado de ionóforo e virginamicina em novilhos Nelore confinados com dietas de alto concentrado. 68p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal).Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

NUNEZ, A.J.C.; CAETANO, M.; BERNDT, A. DEMARCHI, J.J.A.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. Combined use of ionophore and virginamycin for finishing Nelore steers fed high concentrate diets. **Scientia Agricola**, v.70, p. 229-236, 2013.

OLIVEIRA, C.A.; MILLEN, D.D.. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science And Technology**, v. 197, p.64-75, 2014.

OLIVEIRA, J. S.; ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M. Uso de aditivos na nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.6, n.11, p.1695-7504, 2005.

OLIVEIRA, L. G. de et al. Performance of beef cattle bulls in feed lots and fed on diets containing enzymatic complex. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 37, n. 2, p.181-186, 2015.

ORNAGHI, M. G. et al. Essential oils in the diet of young bulls: Effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behaviour and carcass characteristics. **Animal Feed Science And Technology**, v. 234, p.274-283, 2017.

ORTOLAN, J. H. **Efeito de aditivos no metabolismo ruminal e parâmetros sanguíneos em bovinos**. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado) FZEA -USP, Pirassununga, 2010.

PAGE, S.W. Mode of Action. In: PAGE, S.W. The role of enteric antibiotics in livestock production. **Canberra: Avcare**, p.2-14, 2003.

PEDREIRA, M. S. et al. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. **Archives Of Veterinary Science**, v. 10, n. 3, p.24-32, 2005.

PEDROSO, A. **O conceito de nutrição de precisão pode tornar o processo mais eficiente no confinamento**. 2013. Beef Point. Disponível em: <<https://www.beefpoint.com.br/alexandre-pedroso-o-conceito-de-nutricao-de-precisao-pode-tornar-o-processo-mais-eficiente-no-confinamento/>>. Acesso em: 16 out. 2019.

PHIBRO. Coletânea de trabalhos sobre virginamicina e salinomicina. São Paulo: [s.n.], 2008. 1 CD-ROM.

PIRES, Alexandre Vaz. **Bovinocultura de Corte**: Volume I. Piracicaba: Fealq, 2010. 760 p.

POPULAÇÃO mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU. 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 19 out. 2019.

POSSAMAI, A.P.S. et al. Modificadores da Fermentação Ruminal: Uma Revisão. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 5, n. 2, p.108-116, 2011.

PRESSMAN, B C. Biological Applications of Ionophores. **Annual Review Of Biochemistry**, v. 45, n. 1, p.501-530, jun. 1976.

PUUPPONEN-PIMIA, R. et al. Development of functional ingredients for gut health. **Trends in Food Science and Technology**, v.13, p.3-11, 2002.

RAUPP, F.M; FUGANTI, E.N. Gerenciamento de custos na pecuária de corte: um comparativo entre a engorda de bovinos em pastagens e em confinamento. **Custos e Agronegócio on line**, v. 10, n. 3, 2014.

REIS, R. A.; LARA, E.C.; RABELO, C. H. S. Enzimas na Nutrição de Ruminantes. In: X Congresso Nordeste de Produção Animal. Teresina, Anais... Teresina: CNPA. P. 55-76, 2015.

RIGOBELLO, E.C. et al. Utilização de probiótico e monensina sódica sobre o desempenho produtivo e características de carcaça de bovinos Nelore terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n., p.415-42, 2014.

RIGUEIRO, A. L. N. **Protocolos para o uso combinado de monensina sódica e virginiamicina em dietas de bovinos nelore confinados**. 2016. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Ciência e Tecnologia Animal, Universidade Estadual Paulista, Dracena, 2016.

RIVAROLI, D. C. et al. Effect of essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in feedlots. **Meat Science**, v. 121, p.278-284, 2016.

ROJO, R.; MENDOZA, G. D.; GONZÁLEZ, S. S. et al. Effects of exogenous amylases from *Bacillus licheniformis* and *Aspergillus niger* on ruminal starch digestion and lamb performance. **Animal Feed Science and Technology**, v.123-12 n.2, p.655-665, 2005.

ROMERO, J.J. et al. Fibrolytic enzyme and ammonia application effects on the nutritive value, intake, and digestion kinetics of bermudagrass hay in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 9, p. 4345–4356, 2013.

RUSSELL, James B.; HOULIHAN, Adam J. Ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 27, n. 1, p.65-74, 2003.

SAAD, S.M.I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, São Paulo, v.42, n.1, p. 1-16, 2006.

SAATH, K. C. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p.195-212, 2018.

SALINAS-CHAVIRA, J.; LENIN, J.; PONCE, E.; SANCHEZ, E.; TORRENTERA, N.; ZINN, R.A. Comparative effects of virginiamycin supplementation on characteristics of growth-performance, dietary energetics, and digestion of calf-fed Holstein steers. *Journal of Animal Science*, v.89, p. 4101-4108, 2009.

SALMAN, A. K. D. et al. **Utilização de ionóforos para bovinos de corte**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006. 20 p. (Doc 101). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/708265/1/doc101ionoforos.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2019.

SAMAIA, R. B. **Nutrição de gado com precisão? Sim, você pode aproveitar essa tendência.** 2019. Disponível em: <<https://digital.agrishow.com.br/gest-o/nutri-o-de-gado-com-precis-o-sim-voc-pode-aproveitar-essa-tend-ncia>>. Acesso em: 20 out. 2019.

SANTOS, F.A.P. et al. Suplementação energética de bovinos de corte em confinamento. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 2004. Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 262-297.

SARTORELLO, G. L. **Desenvolvimento de modelo de cálculo e de indicador de custos de produção para bovinos de corte em confinamento.** 2016. 191 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Nutrição e Produção Animal, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

SCHOONMAKER, J.P.; PERSIA, M.E.; BEITZ, D.C. Effect of feeding corn modified to contain a unique amylase on performance and carcass characteristics of feedlot steers. Publication of the Iowa Agriculture and Home Economics Experiment Station, Ames, Project Number 3801. Research funding granted by Syngenta Inc. **The Professional Animal Scientist**, v. 30, n. 5, p.561-565, 2014.

SENE, G. A. **Aditivos Orgânicos para Bovinos Confinados com dietas de alto concentrado.** 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

SILVA, H. B. **Uso de Enzimas Exógenas para Bovinos Nelore em Confinamento.** 2017. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

SILVA, S.L. et al. Effects of salinomycin and virganimycin on performance and carcass traits of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v.87, p.41-12, 2014.

SIRISAN, V. et al. Isolation, identification and growth determination of lactic acid-utilizing yeasts from the ruminal fluid of dairy cattle. **Letters In Applied Microbiology**, v. 57, n. 2, p.102-107, 2013.

SITTA, Cristiane. **Aditivos (ionóforo e não ionóforo), processamento de grão de milho e concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de silagem de milho em dietas para bovinos em terminação.** 2016. 120 f. Tese (Doutorado) - Ciência Animal e Pastagens, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SITTA, Cristiane. **Aditivos em dietas com altos teores de concentrado para tourinhos da raça Nelore para terminação.** 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SOARES, M. S. et al. **Aditivos alimentares na nutrição de ruminantes. Nutritime.** 2015. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO314B.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2019

SOARES, M. S.; SILVA, L. G.; FRAZÃO, O. S.; SILVA, A. L. N. Aditivos alimentares na nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime** – Artigo 314, v.12, n.04, p. 4162- 4174, 2015.

SOLTAN, Y.A. et al. Progressive adaptation of sheep to a microencapsulated blend of essential oils: Ruminal fermentation, methane emission, nutrient digestibility, and microbial protein synthesis. **Animal Feed Science And Technology**, v. 237, p.8-18, 2018.

SOUZA, J. M. et al. Aditivos Zootécnicos e Manipulação da Fermentação Ruminal. In: BALIEIRO, J. C. C. et al (Org.). **Novos Desafios na Pesquisa em Nutrição e Produção Animal.** 2018. ed. Pirassununga: 5d, 2018. p. 68-89. Disponível em: <<https://posvnp.org/novo/wp-content/uploads/2019/02/USP-XII-SIMP%C3%93SIO-VNP-P%C3%93S-Livro-15x214cm.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2019.

STAMPLES, C.R.; LOUGH, D.S. Efficacy of supplemental dietary neutralizing agents for lactating dairy cows. A Review. **Animal of Feed Science** Tecnology, v. 23, p. 277, 1989.

TAMMINGA, S.; VAN VUUREN, A.m.. Formation and utilization of end products of lignocellulose degradation in ruminants. **Animal Feed Science And Technology**, v. 21, n. 2-4, p.141-159, 1988.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P. Potential Environmental Benefits of Ionophores in Ruminant Diets. **Journal Of Environment Quality**, v. 32, n. 5, p.1591-1602, 2003.

THOMPSON, A. J. et al. Ionophore strategy affects growth performance and carcass characteristics in feedlot steers¹. **Journal Of Animal Science**, v. 94, n. 12, p.5341-5349, 2016.

THORNTON, P. K.. Livestock production: recent trends, future prospects. **Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1554, p.2853-2867, 2010.

TOSETI, Laura Branco. **Aditivos e fibra na saúde ruminal de bovinos terminados em confinamento.** 2017. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Produção Animal Sustentável, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2017. Disponível em: <<http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1493316564.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2019.

VAN CLEEF, E. et al. Distúrbios metabólicos por manejo alimentar inadequado em ruminantes: novos conceitos. **Revista Colombiana de Ciência Animal - Recia**, p.319-341, 2009.

VECHIATO, T.A.F. et al. Estudo retrospectivo de abscessos hepáticos em bovinos abatidos em um frigorífico paulista. **Brazilian Journal Of Veterinary Research and Animal Science**, v.48, p.384-391, 2011.

VIGNE, G.I. et al. Digestibilidade do amido e comportamento ingestivo de novilhos confinados sob efeito de doses de complexo enzimático em dietas de alta densidade energética. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 3, p.1015-1026, 2019.

YANG, W. Z. et al. Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets: Intake, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites. **Journal Of Animal Science**, v. 88, n. 3, p.1082-1092, 2010.

ZANETTI, M.A. Efeito do uso de aditivos alimentares no pH ruminal de novilhos Nelore alimentados com dieta de alto teor de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009. Maringá. **Anais...** SBZ, 2009.

ZEINELDIN, M. et al. Synergetic action between the rumen microbiota and bovine health. **Microbial Pathogenesis**, v. 124, p.106-115, 2018.