

CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE PROTEÍNA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

(Contextualization of protein in ruminant feed)

Orlando Filipe Costa MARQUES¹; Euclides Reuter de OLIVEIRA¹; Jean Kaique VALENTIM^{2*}; Andréa Maria de Araújo GABRIEL¹; Mariano Siriano ANDRADE JUNIOR³

¹Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados/MS, Rodovia Dourados - Itahum, Km 12 - Cidade Universitária, Cx Postal 533. CEP: 79.804-970; ²Universidade Federal de Viçosa, MG; ³Faculdade Anhanguera de Anápolis, GO. *E-mail: kaique.tim@hotmail.com

RESUMO

Esta revisão bibliográfica tem como objetivo elucidar os avanços relacionados à utilização de fontes de proteína na nutrição de ruminantes e sua influência no metabolismo dos nutrientes, desempenho e saúde animal. A pesquisa bibliográfica foi realizada em bases de dados científicos, incluindo Web of Science e Google Scholar, utilizando termos de busca em inglês e português, como "protein and ruminants and cattle nutrition." Após a seleção criteriosa de artigos, foram analisados e tabulados 70 artigos relevantes para a revisão. A revisão destaca a importância do equilíbrio proteico nas dietas de animais ruminantes, ressaltando a necessidade de manter a proporção adequada entre proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR) para otimizar o desempenho dos animais. A separação dessas duas categorias de proteína permite o balanceamento das dietas de ruminantes de forma a fornecer nitrogênio para os microrganismos no ambiente ruminal, maximizando a síntese microbiana e, consequentemente, a eficiência da digestão. Além disso, a revisão aborda a importância da utilização de aminoácidos protegidos na nutrição de ruminantes. Os aminoácidos, como lisina e metionina, desempenham um papel essencial no crescimento microbiano, fermentação ruminal, produção de leite e carne. A suplementação desses aminoácidos é crucial para maximizar o desempenho animal. Em resumo, o balanceamento adequado da proteína nas dietas de ruminantes é fundamental para otimizar o desempenho dos animais, e a utilização de aminoácidos protegidos é uma prática atualmente reconhecida como benéfica na nutrição de ruminantes, contribuindo para a produção de leite, carne e a saúde dos animais.

Palavras-chaves: Desempenho animal, metabolismo, nutrição.

ABSTRACT

This literature review aims to elucidate the advances related to the use of protein sources in ruminant nutrition and their influence on nutrient metabolism, performance and animal health. The literature search was carried out in scientific databases, including Web of Science and Google Scholar, using search terms in English and Portuguese, such as "protein AND ruminants AND cattle nutrition." After a careful selection of articles, 70 relevant articles were analyzed and tabulated for review. The review highlights the importance of protein balance in ruminant animal diets, underscoring the need to maintain the appropriate ratio of rumen degradable protein (RDP) and rumen non-degradable protein (RNDP) to optimize animal performance. The separation of these two categories of protein allows the balancing of ruminant diets in order to provide nitrogen to microorganisms in the rumen environment, maximizing the microbial synthesis and, consequently, the digestion efficiency. In addition, the review addresses the importance of using protected amino acids in ruminant nutrition. Amino acids, such as lysine and methionine, play an essential role in microbial growth, rumen fermentation, and production of milk and meat. Supplementation of these amino acids is crucial for maximizing animal performance. In summary, the proper balance of protein in ruminant diets is essential to optimize animal performance, and the use of protected amino acids is a practice currently recognized as beneficial in ruminant nutrition, contributing to milk and meat production and animal health.

Keywords: Animal performance, metabolism, nutrition.

INTRODUÇÃO

Na nutrição de ruminantes, a proteína tem grande destaque, por ser o ingrediente de maior custo, além de ter efeito direto sobre o metabolismo de outros nutrientes. Quanto as

exigências de proteínas em bovinos e ovinos, os níveis de fornecimento nas dietas dependem diretamente do nível de produção e ganho de peso pretendido por dia (ROTTA *et al.*, 2016). As proteínas são moléculas formadas por um conjunto de aminoácidos e apresentam papel fundamental nas funções biológicas do metabolismo animal, em que fazem parte do conteúdo celular, funções estruturais e enzimáticas, armazenamento de informações genéticas, receptores de informações dentre outras diversas funções (TESSARI *et al.*, 2022).

O metabolismo de proteínas em ruminantes, se difere dos animais que não possuem câmaras fermentativas, onde a pré digestão pelos microrganismos ruminais podem ocorrer de diferentes maneiras, de acordo a fonte de proteína, modificando a composição da dieta (SOCREPPA, 2020). De modo geral, em animais ruminantes a pré-digestão da proteína inicia no rúmen por meio da fermentação, enquanto a digestão ácida ocorre no abomaso e a absorção dos aminoácidos ocorre no intestino delgado (SANTOS, 2011). Dessa forma as diferentes composições aminoácidas influenciam no aspecto digestivo (ARAUJO *et al.*, 2019).

As principais fontes de proteicas para os ruminantes, são a proteína microbiana e a proteína dietética que não sofreu fermentação ruminal e a proteína endógena (ROTTA *et al.*, 2016), sendo que a proteína que vai ser absorvida no intestino delgado é o resultado da digestão dos compostos nitrogenados, dentre eles os aminoácidos livres para serem absorvidos (ANDRIGUETTO, 2006).

O papel das proteínas no organismo é essencial, devido a sua importância na manutenção da homeostase animal. Está presente nas substâncias protoplasmáticas, membrana celular, núcleos, cílios e nas organelas das bactérias. Organismos altamente organizados possuem em sua formação, manutenção e crescimento funções ligadas às proteínas (ANDRIGUETTO *et al.*, 2006).

As funções dos aminoácidos no organismo dos animais são diversas, participam das estruturas celulares e eventualmente servem de fonte de energia. A proteína dietética associada a vitaminas, minerais, lipídeos e carboidrato, facilita sua absorção pelo organismo e auxilia no desempenho das suas funções (ARAÚJO *et al.*, 2019).

As proteínas participam ainda da formação dos músculos onde estão presentes, no núcleo, citoplasma e na membrana celular, de órgãos internos, no sistema neuronal e ossos, comprovando assim a importância das proteínas para a manutenção e desempenho animal (TESSARI *et al.*, 2022). Dessa forma, evidencia-se a importância de se estudar os efeitos metabólicos de fontes proteicas na nutrição de animais ruminantes. A presente revisão bibliográfica objetivou avaliar as principais fontes de proteína das dietas de animais ruminantes, e suas relações com metabolismo e desempenho animal.

DESENVOLVIMENTO

Essa revisão foi realizada a partir de uma busca bibliográfica embasada em diferentes publicações encontradas em banco de dados. A busca por artigos foi realizada nas seguintes bases de pesquisa literária eletrônica: Web of Science e Google Scholar, utilizando termos de busca associados ou não, no plural ou singular, em inglês e em português, como: “protein and “ruminants” and “catle nutrition”. Após análise dos arquivos nas duas bases científicas Web of Science e Google Scholar, foram excluídos arquivos por não se enquadrarem na temática ou por não atenderem os critérios de inclusão e artigos repetidos. Assim, foram selecionados 57

arquivos, após o teste de relevância para uso no estudo, os mesmos foram tabulados em planilha do Excel[®] com as informações que são relevantes, para exploração na revisão.

Fontes de proteínas ruminais: degradáveis e não degradáveis

Nos ruminantes, a proteína bruta dos alimentos pode ser dividida em proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR), isso de acordo a disponibilidade das proteínas ou frações nitrogenadas no ambiente ruminal (SILVA *et al.*, 2007). As proteínas dos alimentos podem ser subdivididas em frações em função da sua solubilidade segundo modelo proposto pelo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS): fração A (fração solúvel), B1 (fração solúvel rapidamente degradada no rúmen), B2 (fração insolúvel, com taxa de degradação intermediária no rúmen), B3 (fração insolúvel lentamente degradada no rúmen) e fração C, que é indigestível no trato digestivo (VAN AMBURGH *et al.*, 2015).

A proteína, representada pelos teores de nitrogênio contido nos alimentos consumidos por ruminantes, é composta pela fração degradável no rúmen (PDR), onde os microorganismos a degradam e utilizam peptídeos, aminoácidos e amônia para a síntese de proteína microbiana, e pela fração não degradável no rúmen (PNDR) que resiste a degradação ruminal, no qual parte é degradada e absorvida nos intestinos (SNIFFEN *et al.*, 1992).

A degradação da proteína no rúmen ocorre através da ação de microrganismos, sendo as bactérias as principais responsáveis por esse processo, pois estas produzem e liberam proteases, peptidases e deaminases que são enzimas capazes de quebrar as proteínas em aminoácidos, peptídeos e amônia (LANDI *et al.*, 2021). No ambiente ruminal, as bactérias aderem a parede das partículas dos alimentos e iniciam o processo de hidrólise, após a quebra da proteína em oligopeptídeos esses serão quebrados novamente a peptídeos e aminoácidos livres (WLODARSKI *et al.*, 2017).

Os aminoácidos livres e os peptídeos são então absorvidos pelas bactérias, e no seu interior são degradados e incorporados na multiplicação celular, desaminação de aminoácidos em amônia e esqueleto de carbono e uso da amônia para síntese de aminoácidos ou difusão de amônia que não foi utilizada (LANDI *et al.*, 2021).

A separação da PDR e PNDR permite o balanceamento de dietas de ruminantes de forma que a PDR supre nitrogênio para os microorganismos no ambiente ruminal maximizando a síntese microbiana (CAMARGO, 2020). Em relação a PNDR, é a parte da proteína que passa pelo ambiente ruminal sem sofrer fermentação. Para atender as demandas de nitrogênio no ambiente ruminal e de aminoácidos para absorção intestinal, deve-se conhecer a dinâmica de degradação ruminal das proteínas dos alimentos, para balancear os níveis de PDR e PNDR da dieta, além de que o correto balanceamento de carboidratos, PDR e PNDR pode maximizar a eficiência alimentar e o ganho de peso diário dos animais (CLARINDO *et al.*, 2008).

Outro importante fator em relação ao fornecimento e consumo de proteína é a excreção de N pelos animais, em que o fornecimento de quantidades acima das exigências pode ocasionar excreção por meio das fezes, sendo assim imprescindível o atendimento de proteína de acordo a exigência do animal em sua fase produtiva visando maximizar o aproveitamento dos nutrientes (ARRIGONI *et al.*, 2013).

Relação entre PDR e PNDR

Segundo Köster *et al.* (1996), o consumo de proteína degradável pode ser considerado na dieta como primeiro componente limitante na utilização de forragens de baixa qualidade. O fornecimento adicional de compostos nitrogenados para animais consumindo forragens de baixa qualidade, favorece o crescimento das bactérias fibrolíticas, aumenta a taxa de degradação e a síntese de proteína microbiana. Desse modo, permite incrementar o consumo voluntário da forragem e melhorar a extração energética a partir dos carboidratos fibrosos da forragem, resultando em maior aporte de nutrientes para o metabolismo animal e ácidos graxos voláteis em seu sistema energético (DETMANN *et al.*, 2004).

Nessas circunstâncias, estratégias de suplementação com compostos nitrogenados devem ser focadas sobre o aumento do teor proteico da dieta, fornecendo substratos essenciais à atividade microbiana ruminal. O aumento do consumo e da digestibilidade da forragem basal, visam satisfazer as exigências dos animais para que estes possam não somente manter o peso vivo, como também obter ganhos satisfatórios durante o período seco (SAMPAIO *et al.*, 2010).

Os suplementos proteicos promovem o aumento do consumo de forragem devido ao fornecimento de nitrogênio amoniacal para os microrganismos ruminais. Esse aumento no consumo de forragem, em consequência da suplementação, proporciona acréscimo no consumo de energia pelo animal. O incremento no desempenho animal em função da suplementação proteica pode não ser devido apenas ao maior consumo de forragem, mas devido a mudanças na digestibilidade ou na eficiência de utilização dos nutrientes (PAULA *et al.*, 2011).

A eficiência de utilização dos nutrientes via suplementação surge a partir da otimização de utilização dos recursos nutricionais basais oriundos das forragens tropicais, que constituem os principais recursos nutricionais em sistemas de produção de bovinos em pastejo, provendo, principalmente, compostos energéticos de baixo custo (MORAES *et al.*, 2006).

Vários são os fatores que afetam a degradação da proteína no rúmen, como as variações na composição física e química da proteína, o tempo de permanência do alimento no rúmen, o pH ruminal, o processamento do alimento e até mesmo a temperatura ambiental. As proporções de proteína verdadeira e de nitrogênio não proteico (NNP) têm forte influência na degradabilidade da proteína, sendo que o NNP é degradado rápida e totalmente no rúmen. A estrutura tridimensional da proteína e a presença de ligações de dissulfeto também afetam a sua degradação (SOCREPPA *et al.*, 2017).

O processamento dos ingredientes da dieta com altas temperaturas pode diminuir a degradabilidade ruminal da proteína devido à formação do complexo entre proteína e carboidratos, além do aumento das pontes de dissulfeto (SOCREPPA, 2020). Contudo, o processamento dos ingredientes de forma consciente em temperatura e tempo adequados podem aumentar o teor de PNDR da dieta sem prejudicar a digestibilidade do alimento.

A soja e seus coprodutos são as fontes alimentares mais usadas na suplementação de ruminantes e contém proteínas com uma composição de AA mais equilibrada (LIMA SANTOS *et al.*, 2020). O farelo de soja é uma excelente fonte de lisina e histidina digestíveis, apresenta baixa concentração de metionina (1,44 a 1,47% da PB) e pode ser extensivamente degradada pelos microrganismos ruminais (PDR em torno de 65,72%) (VALADARES FILHO *et al.*, 2020).

No entanto, o tratamento térmico desse ingrediente proteico aumenta a quantidade de PNDR (TEIXEIRA *et al.*, 2019). Como visto anteriormente, a composição de AA da PNDR varia de acordo com sua fonte, isso significa que o suprimento de proteína metabolizável (PM) para o intestino pode ser manipulado alterando a qualidade da PNDR (EDMUNDS *et al.*, 2013).

A quantidade de proteína na dieta que é transformada em produtos de origem animal é influenciada pelo perfil de AA que chega ao intestino delgado e sua digestibilidade (MARIZ *et al.*, 2018). Além disso, segundo Savari *et al.* (2018), a suplementação com PNDR pode reduzir a eficiência da utilização de PM na síntese de proteínas se possuir um perfil de AA desequilibrado ou de baixa digestibilidade.

Cinética da degradação de proteína no rúmen

Sabe-se que a proteína contida nos alimentos pode ou não ser degradada no rúmen pela ação dos microrganismos. A fração degradável é utilizada para a multiplicação celular, dando origem à proteína microbiana (Pmic). A Pmic normalmente é a principal fonte de proteína para ruminantes, seguida pela PNDR e, por fim, a proteína endógena. Para se avaliar a degradação ruminal da proteína, existem os métodos *in vivo*, *in situ*, *in vitro* e enzimáticos (SUASSUNA *et al.*, 2021).

Entre os métodos de avaliação da digestibilidade da proteína, o método *in vivo* é o mais preciso, por ser realizado no próprio animal de estudo. A técnica de digestibilidade *in situ*, proposta por Orskov e McDonald (1979), consiste na avaliação da degradação de alimentos incubados em sacos de náilon, estes sacos são mantidos dentro do rúmen de animais por uma fistula durante tempo determinados.

Já a técnica *in vitro* foi desenvolvida por Tilley e Terry (1963), ela simula os processos de digestão que ocorrem no rúmen em laboratório, apresenta valores de digestibilidade similares ao método *in vivo*.

No modelo mais utilizado adotado para degradação ruminal *in situ*, a fração proteica é dividida em três frações. As frações da degradação da proteína bruta são divididas em A, B e C. A fração A é referente à parcela da proteína que é completamente degradada no rúmen, rapidamente solubilizada, que compreende o NNP e a proteína contida nas pequenas partículas do alimento (SOCREPPA, 2020).

A fração C corresponde à proteína que não é degradada no rúmen, independentemente do tempo de exposição da amostra ao ambiente ruminal. A fração B é caracterizada pela proteína insolúvel potencialmente degradável, e obtida pela diferença entre as frações A e C, ou seja, a porcentagem da proteína bruta inicial que foi digerida da amostra durante o tempo de exposição ruminal $[100 - (A + C)]$ (SOCREPPA, 2020). Ela é afetada pela taxa de passagem do alimento no rúmen (SOCREPPA, 2020).

Aminoácidos protegidos

Os aminoácidos são classificados como unidades básicas que compõem as moléculas de proteína. Sendo compostos pelo grupo α -carboxila e pelo α -amino e, um grupo R distinto, que substitui no átomo do carbono, distinguindo-os entre si pela sua estrutura, tamanho e carga elétrica (MARTINS *et al.*, 2018).

Um total de 20 aminoácidos são classificados como importantes para a síntese proteica. Os animais de produção não são capazes de sintetizar seus próprios aminoácidos fazendo que seja necessária sua inclusão na dieta sendo esses classificados como essenciais e não essenciais (DIAS *et al.*, 2023). Conforme o Quadro 01.

Quadro 01: Classificação dos 20 AA encontrados em proteínas, do ponto de vista nutricional.

AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS	AMINOÁCIDOS NÃO ESSENCIAIS
Arginina (Arg)	Alanina (Ala)
Histidina (His)	Ácido aspártico (Á. Asp)
Isoleucina (Ile)	Asparagina (Asp)
Leucina (Leu)	Cisteína (Cis)
Lisina (Lis)	Ácido glutâmico (Á. Glut)
Metionina (Met)	Glutamina (Glu)
Fenilalanina (Phe)	Glicina (Gli)
Treonina (Thr)	Prolina (Pro)
Triptofano (Trp)	Serina (Ser)
Valina (Val)	Tirosina

(Fonte: GUIMARÃES *et al.*, 2015)

Conforme Guimarães *et al.* (2015) os aminoácidos não essenciais (AANE) são produzidos pelo próprio organismo animal a partir de outros AANE ou até mesmo de aminoácidos essenciais (AAE), sendo sintetizados em quantidades que satisfazem as exigências do metabolismo animal. Conforme Alves (2004) relatou que a inclusão destes compostos aminoacídicos não são obrigatórios nas dietas dos ruminantes, pois podem ser produzidos a partir de fontes de carbono e grupos amino de outros aminoácidos ou de compostos mais simples. Já os AAE não são produzidos pelo organismo do animal ou são sintetizados em pequenas quantidades que são incapazes de suprir as exigências dos animais (PINTO *et al.*, 2019).

Segundo Alves (2004) o perfil e a proporção de AAs da proteína metabolizável no intestino determinam a eficiência de utilização pelo ruminante. Quando a proteína metabolizável é de alta qualidade contendo perfil adequado de AAs, o teor de proteína bruta da dieta pode ser reduzido, a utilização da PM é otimizada e a excreção de ureia e outros compostos nitrogenados é reduzido e o desempenho do animal é maximizado.

Nos animais de produção os aminoácidos são absorvidos e aproveitados na síntese proteica, seguindo vários caminhos metabólicos. A principal utilização desses aminoácidos ocorre na síntese proteica orgânica, mas caso haja deficiência energética os mesmos poderão ser aproveitados no metabolismo energético sendo desaminados e seu esqueleto carbônico é utilizado para a produção de ATP (MARTINS *et al.*, 2018).

Os aminoácidos lisina e metionina são considerados muito importantes para o crescimento microbiano, fermentação ruminal, produção de leite e crescimento de lã,

maximizando o desempenho destes animais (NRC, 2007). Os requisitos de lisina e metionina digestíveis que permite maximizar o uso da proteína metabolizável na síntese de proteína é de 2,4 e 7,2% na proteína metabolizável, respectivamente, resultando em uma relação de 1:3. Segundo o NRC (2007) essa relação foi obtida levando-se em consideração as proporções destes dois aminoácidos presentes no leite e tecido muscular.

O fornecimento de lisina e metionina encapsulados podem reduzir os gastos energéticos no metabolismo animal, uma vez que há um maior aporte de aminoácidos essenciais prontamente disponíveis para o intestino delgado, além disso garante uma menor excreção de compostos nitrogenados para o ambiente (ARAÚJO *et al.*, 2019).

Desempenho de bovinos com diferentes fontes de PDR e PNDR

Conforme já mencionado, a proteínas contidas nos alimentos utilizados na dieta dos ruminantes podem ser categorizadas em duas frações, a proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína que escapa da degradação ruminal, chamada de proteína não degradável no rúmen (PNDR). A PDR é fonte de peptídeos, amônia e aminoácidos que serão utilizados para síntese de proteína microbiana e multiplicação celular (NRC, 2001).

Já a PNDR é tida como a segunda maior fonte de aminoácidos para os ruminantes. Para Pereira (2005), a PNDR complementa as exigências em proteína metabolizável dos ruminantes e a PDR as exigências nutricionais dos microrganismos ruminais. Ao chegar ao rumem, grande parte das formas de nitrogênio não proteico (NNP), uma fonte de PDR, é convertida em amônia e utilizada pelos microrganismos ruminais (DIAS *et al.*, 2023). Ao se tratar de dietas bem balanceadas o NNP é considerado como proteína disponível, pois as bactérias irão incorporar a amônia e a transformar em proteína microbiana, sendo essa considerada de alto valor biológico (DIAS *et al.*, 2023).

Vale salientar que esse processo de incorporação da amônia é dependente da taxa de crescimento dos microrganismos ruminais (bactérias e fungos). O crescimento microbiano pode ser dividido em lento e rápido, sendo os microrganismos de crescimento lento aqueles que utilizam amônia para síntese de proteína e que fermentam celulose e hemicelulose (RUSSEL *et al.*, 1992).

Ainda de acordo com os mesmos autores, os microrganismos de crescimento rápido são fermentadores de açúcares, amido e pectina e utilizam amônia, peptídeos e aminoácidos para sintetizarem proteína. A utilização de fontes ricas em PNDR aumenta o suprimento de proteína metabolizável, e eleva a quantidade de compostos disponíveis para a reciclagem no ambiente ruminal (SANTOS *et al.*, 2016).

No entanto, a suplementação com PDR é mais eficiente em manter os níveis adequados de nitrogênio amoniacal em comparação a suplementação com PNDR (BANDYK *et al.*, 2001). A utilização da ureia como fonte de nitrogênio não proteico nos suplementos tem o potencial de baratear os custos da dieta e melhorar o desempenho dos animais independente da época do ano. Resultados de pesquisa tem demonstrado que mesmo com maior qualidade e disponibilidade de forragem, a suplementação com ureia como principal composto nitrogenado tem mostrado resultados positivos (GOES *et al.*, 2015).

Figueiredo *et al.* (2008) ao avaliar a utilização de diferentes fontes de proteína em suplementos múltiplos para bovinos em pastejo no período das águas, verificaram que os

animas que receberam suplemento contendo ureia (ao nível de 10% da matéria seca do suplemento) como principal composto nitrogenado, apresentaram desempenho similar àqueles alimentados com suplementos contendo fontes de proteína verdadeira, como farelo de soja, farelo de algodão e farelo de glúten de milho. Resultados positivos também foram encontrados por Costa *et al.* (2011) que verificaram que a utilização de suplementos contendo compostos nitrogenados degradáveis no rúmen (ureia) na época das águas elevou a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal e ampliou a eficiência de uso do pasto.

Por apresentar composição de aproximadamente 39,3% de proteína bruta, 19,2% de extrato etéreo e 95% de NDT, o grão de soja tem sido utilizado na alimentação de ruminantes com o propósito de ser fonte de proteína, especialmente pela alta concentração e adequado valor biológico deste nutriente, e por também apresentar uma fibra de alta digestibilidade, e com efetividade mediana quando comparado com forragens, mas superior a de outros alimentos concentrados (NRC, 2001).

Para a otimização na produção animal, recomenda-se o ajuste dos níveis de PDR e PNDR via balanceamento de dietas, fornecendo ao rúmen, substratos para que os microrganismos sintetizem (Nmic), e fonte de PNDR no duodeno, garantindo o suprimento das exigências em proteína metabolizável (SANTOS *et al.*, 2016).

Neste contexto, estudos apontam relação entre o suprimento de PM através da suplementação com PNDR e o aumento no desempenho animal e retenção proteica. Em experimento realizado em pastagem tropical, Zervoudakis *et al.* (2008) ao avaliarem a inclusão de glúten de milho (GLU) na dieta de bovinos de corte observaram ganhos adicionais de 0,20 kg/dia em relação aos animais do tratamento controle com sal mineral. Da mesma forma, Paengkoum *et al.* (2019) relataram aumento linear no ganho médio diário (GMD) com aumento de níveis de 15, 25 e 35% na ingestão de PNDR com médias de 0,21; 0,45 e 0,61kg/dia, respectivamente.

Em experimento avaliando o suprimento adicional de PM para novilhos de corte, Moriel *et al.* (2015) sugeriram que o fornecimento de níveis de 100 e 115% da exigência proteica reduziu a mobilização de tecido muscular, resultando em maior GMD em comparação com animais alimentados com 85% da exigência de PM (0,83kg/dia x 1,28kg/dia). Substituindo o farelo de soja convencional por farelo de soja tratado com taninos na proporção de 0, 33, 66 e 100% na terminação de bovinos Nelore, Mezzomo *et al.* (2016) observaram alteração na composição do ganho de carcaça, com máximo valor de PB na carcaça em nível de 100% de substituição. Além disso, o conteúdo de gordura diminuiu enquanto o conteúdo de músculo e proteína aumentaram linearmente com a inclusão de PNDR (MEZZOMO *et al.*, 2016).

Desempenho de bovinos suplementados com aminoácidos

Dentre as opções para atender as exigências de AA destacam-se o uso de AA protegidos, que não são degradados no rúmen e a suplementação parenteral de AA (LÖEST *et al.*, 2018). Em sistemas nutricionais desbalanceados, ocorre a excreção de nitrogênio (N) em altas quantidades, o que se constitui em prejuízos econômicos e ambientais devido ao seu alto custo, e excedendo a capacidade do solo de armazenar N, ocorrendo contaminação, pelo processo de lixiviação ou em forma de gases como o óxido nitroso (PINTO *et al.*, 2019).

Como o consumo de proteína está diretamente relacionado aos níveis de excreção de N (TEIXEIRA *et al.*, 2019), para maiores reduções deste impacto, é desejável o atendimento

correto das exigências do animal em suas diferentes fases, com o ajuste dos níveis de proteína da dieta, utilização de ingredientes adequados e de forma discriminada, visando otimizar a estratégia nutricional (ARRIGONI *et al.*, 2013).

Conforme relatado por Pinto *et al.*, (2019) a maioria dos aminoácidos da dieta dos ruminantes é advindo de proteínas microbianas sintetizadas no sistema ruminal do animal, dessa forma, as exigências de proteínas na dieta podem ser atendidas devido à capacidade de absorção no intestino delgado das proteínas microbianas e de proteínas não degradadas neste segmento digestivo.

Quando se trata de proteína microbiana, esta pode suprir de 50-100% da proteína metabolizável exigida na dieta de bovinos (ROSSI JÚNIOR *et al.*, 2007), desde que níveis adequados de substratos sejam fornecidos aos ruminantes e que permitam um constante crescimento bacteriano no rúmen (BERGMAN, 1990).

Pinto *et al.* (2019) relatam que apesar deste eficiente processo fermentativo em condições de confinamento, pode ocorrer uma limitação na quantidade de alguns aminoácidos da dieta em especial os considerados não essenciais, sendo que este fator vem a ser um limitador da produtividade destes animais. Considerando o curto período de confinamento e o grande investimento feito neste sistema de produção, situações de possam reduzir o potencial de ganho de peso dos animais devem ser evitadas.

Os AA são utilizados como fonte de energia, para síntese proteica dos tecidos animais e síntese de proteínas do sistema imune (LÖEST *et al.*, 2018). Os AA de cadeia ramificada (BCAA) não são sintetizados pelos animais e necessitam ser obtidos no alimento (VAN SOEST, 1994).

Diversos estudos relataram a interrelação entre os BCAA e o sistema imune, de forma a suplementação com BCAA aumentou a sobrevivência de camundongos desafiados por bactérias (NAKANO *et al.*, 2004) e conforme Tsukishiro *et al.* (2000) restrições de BCAA reduziram a proliferação de linfócitos em camundongos.

Deste modo o sistema imune tem um requerimento de BCAA para a síntese de proteína de células imunes (HAWKINS *et al.*, 2006). Estudos recentes em ovinos demonstram outro potencial função dos aminoácidos no organismo está relacionada a exercerem efeitos sobre a expressão de diferentes genes relacionados ao sistema imune (TSIPLAKOU *et al.*, 2018) e a reprodução (ZHANG *et al.*, 2019).

Araújo *et al.* (2019) relata que a inclusão de lisina protegida na dieta de novilhos Nelore e mestiços criado no sistema intensivo a pasto não seria interessante para animais da raça Nelore e mestiço devido os mesmos não alcançarem maiores ganhos de peso diários.

Leonardi *et al.* (2003) delinearum um experimento em quadrado latino 4x4, com dois teores de PB (16,1 e 18,8%) com e sem a suplementação de metionina (0,07g/100g MS dieta). Nenhuma interação foi observada entre o teor de PB e a suplementação de metionina, assim como não houve diferença entre os tratamentos para produção de leite e ingestão de MS. Com a adição de metionina, a concentração de proteína no leite aumentou de 3,17 para 3,26%.

Entretanto, o maior teor de PB dietética resultou em redução do teor de proteína no leite (3,24 vs. 3,18%). Os teores de gordura foram baixos em todos os tratamentos, mas aumentaram de 2,33 com 16,1% de PB para 2,68% no tratamento com 18,8% PB. Não houve efeito dos tratamentos para extrato seco desengordurado ou teor de lactose. O aumento do teor de PB na dieta aumentou o teor de NUL em 3,9mg/dL e em 1,67g/dia. A suplementação de

metionina não alterou a excreção de N na urina ou nas fezes. Porém, fornecer mais proteína na dieta resultou em 2,4 L (21,8 vs. 24,6 L/dia) a mais de produção estimada de urina por vaca/dia e 1,7 pontos percentuais nas concentrações de N urinário e fecal (LEONARDI *et al.*, 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão enfatiza a relevância do balanceamento proteico nas dietas de animais ruminantes, salientando que a relação adequada entre proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR) é crucial para otimizar o desempenho desses animais. A diferenciação entre PDR e PNDR possibilita o ajuste preciso das dietas ruminantes, assegurando que a PDR forneça nitrogênio aos microrganismos no ambiente ruminal, o que, por sua vez, maximiza a síntese microbiana e a eficiência na digestão.

Além disso, a utilização de aminoácidos protegidos se apresenta como uma prática essencial na nutrição de ruminantes nos dias de hoje. A lisina e a metionina, entre outros, desempenham papéis vitais no crescimento microbiano, na fermentação ruminal e na produção de leite e carne. Portanto, a suplementação desses aminoácidos é considerada indispensável para otimizar o desempenho animal, promovendo a saúde e a produção eficiente de alimentos de origem animal.

REFERÊNCIAS

- ALVES, D.D. Nutrição aminoacídica de bovinos. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.10, n.3, p.265-271, 2004.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; DE SOUZA, G.A.; FILHO, A.B. **Nutrição animal, as bases e fundamentos da nutrição animal, os alimentos**. 1. ed., Editora Nobel, São Paulo, 2006.
- ARAÚJO, C.M.; OLIVEIRA, K. A; MACEDO JUNIOR, G.D.; SILVA, A.L. SILVA, D.A.; SIQUEIRA, M.T. Aminoácidos protegidos na ração de borregas sobre o consumo, desempenho e comportamento ingestivo. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.11, n.1, p.1-10, 2019.
- ARRIGONI, M.D.B; MARTINS, C.L.; SARTI, L.M. BARDUCCI, R.S.; FRANZÓI, M.C.S.; JÚNIOR, L.C.V.; PERDIGÃO, A.; RIBEIRO, F.A.; FACTORI, M.A. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em confinamento. **Veterinária e Zootecnia**, v.20, n.4, p.539-551, 2013.
- BANDYK, C.A.; COCHRAN, R.C.; WICKERSHAM, T.A.; TITGEMEYER, E.C.; FARMER, C.G.; HIGGINS, J.J. Effect of ruminal vs postruminal administration of degradable protein on utilization of low-quality forage by beef steers. **Journal of Animal Science**, v.79, n.1, p.225-231, 2001.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, v.70, n.2, p.567-590, 1990.

CAMARGO, K.D.V. **Influência da suplementação com proteína não-degradável no rúmen sobre o consumo, metabolismo e desempenho na recria de bovinos Nelore em pasto**, 2020. 49p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2020.

CLARINDO, R.L.; SANTOS, F.A.P.; BITTAR, C.M.M; IMAIZUMI, H.; LIMA, N.V.A.; PEREIRA, E.M. Avaliação de fontes energéticas e protéicas na dieta bovinos confinados em fase de terminação. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.4, p.902-910, 2008.

COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; CARVALHO, I.P.C. Digestibilidade total e parcial e balanço nitrogenado em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não-proteico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2815-2826, 2011.

DE LIMA SANTOS, G.C.; NETO, S.G.; BEZERRA, L.R.; DE MENDEIROS, A.N. Uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras: uma revisão. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.3, n.1, p.89-113, 2020.

DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.D.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.D.C; QUEIROZ, A.C.D.; FERNANDES, A.M. Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1866-1875, 2004.

DIAS, A.V.L.; MESSANA, J.D.; GRANJA-SALCEDO, Y.T.; ALFONSO, Y.F.M.; SILVA, L.G.; CAMARGO, K.D.V.; BERCHIELLI, T.T. Efficiency of Amino Acid Utilization in Nelore Cattle Grazing Low-Quality Forage Supplemented with Different Sources of Nitrogen. **Life**, v.13, n.8, p.1622-1631, 2023.

EDMUNDS, B.; SÜDEKUM, K.H.; BENNETT, R.; SCHRÖDER, A.; SPIEKERS, H.; SCHWARZ, F.J. The amino acid composition of rumen-undegradable protein: A comparison between forages. **Journal of Dairy Science**, v.96, n.7, p.4568-4577, 2013.

FIGUEIREDO, D.M.; PAULINO, M.F; DETMANN, E.; MORAES, E. H.B.K.D; VALADARES FILHO, S.D.C.; SOUZA, M.G.D. Fontes de proteína em suplementos múltiplos para bovinos em pastejo no período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2222-2232, 2008.

GOES, R.H.T.B.; GANDRA, J.R.; MARQUEZ, A.F.; DE OLIVEIRA, E.R.; FERNANDES, H.J.; CARDOSO, T.J.L.; BRABES, K.C. S.; YOSHIHARA, M.M. Metabolismo nitrogenado em bovinos suplementados a pasto durante a transição águas seca. **Archivos de Zootecnia**, v.64, n.247, p.281-290, 2015.

GUIMARÃES, T.P.; PERON, H.J.M.C.; SILVA, D.B.D.; MOREIRA, K.K.G.; NETO, J.T.D.N.; SILVA, B.M.N.; SANTOS, F.C.D. Exigências proteicas para bovinos de corte. **Multi-Science Journal**, v.1, n.1, p.90-99, 2015.

JUNIOR, G.D.L.M.; MAGNO, L.L.; OLIVEIRA, K.A.; ARAUJO, C.M.; VARANIS, L.F.M.; DE ASSIS, T.S. Uso de diferentes fontes de proteína e de gordura na composição de proteinados para ovinos: consumo e digestibilidade aparente. **Veterinária Notícias**, v.25, n.1, p.49-66, 2019.

KÖSTER, H.H.; COCHRAN, R.C.; TITGEMEYER, E.C.; VANZANT, E.S.; ABDELGADIR, I.; ST-JEAN, G. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. **Journal of Animal Science**, v.74, n.10, p.2473-2481, 1996.

LANDI, N.; RAGUCCI, S.; DI MARO, A. Amino acid composition of milk from cow, sheep and goat raised in Ailano and Valle Agricola, two localities of 'Alto Casertano'(Campania Region). **Foods**, v.10, n.10, p.24-31, 2021.

LEONARDI, C.; STEVENSON, M.; ARMENTANO, L.E. Effect of two levels of crude protein and methionine supplementation on performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.12, p.4033-4042, 2003.

LÖEST, C.A.; GILLIAM, G.G.; WAGGONER, J.W.; TURNER, J.L. Post-ruminal branched-chain amino acid supplementation and intravenous lipopolysaccharide infusion alter blood metabolites, rumen fermentation, and nitrogen balance of beef steers. **Journal of Animal Science**, v.96, n.7, n.7, p.2886-2906, 2018.

MACEDO JUNIOR, G.L.; MAGNO, L.L.; OLIVEIRA, K.A.; ARAÚJO, C.M.; VARANIS, L.F.M.; ASSIS, T.S. Uso de diferentes fontes de proteína e de gordura na composição de proteinados para ovinos: consumo e digestibilidade aparente. **Journal of Veterinary Science**, v.25, n.1, p.49-66, 2019.

MARIZ, L.D.S.; AMARAL, P.M.; VALADARES FILHO, S.C.; SANTOS, S.A.; DETMANN, E.; MARCONDES, M.I.; FACIOLA, A.P. Dietary protein reduction on microbial protein, amino acid digestibility, and body retention in beef cattle: 2. Amino acid intestinal absorption and their efficiency for whole-body deposition. **Journal of Animal Science**, v.96, n.2, p.670-683, 2018.

MARTINS, R.A.; ASSUNÇÃO, A.S.A. Importância dos aminoácidos na nutrição de frangos de corte: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.12, n.4, p.539-554, 2018.

MEZZOMO, R.; PAULINO, P.V.R.; BARBOSA, M.M.; DA SILVA MARTINS, T.; PAULINO, M.F.; ALVES, K.S.; DOS SANTOS MONNERAT, J.P.I. Performance and carcass characteristics of young cattle fed with soybean meal treated with tannins. **Animal Science Journal**, v.87, n.6, p.775-782, 2016.

MORAES, E.H.B.K.D.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.D.C.; VALADARES, R.F.D.; MORAES, K.A.K.D. Níveis de proteína em suplementos para novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2135-2143, 2006.

MORIEL, P.; ARTIOLI, L.F.A.; POORE, M.H.; CONFER, A.W.; MARQUES, R.S.; COOKE, R.F. Increasing the metabolizable protein supply enhanced growth performance and led to variable results on innate and humoral immune response of preconditioning beef steers. **Journal of Animal Science**, v.93, n.9, p.4473-4485, 2015.

NCR. National Research Council. **Nutrient requirements beef cattle**. 7. ed., National Academic Press, Washington, D.C., 2000.

NCR. National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed., Washington, D.C.: National Academy Press, 2001.

ØRSKOV, E.R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **The Journal of Agricultural Science**, v.92, n.2, p.499-503, 1979.

PAENGKOUM, P.; CHEN, S.; PAENGKOUM, S. Effects of crude protein and undegradable intake protein on growth performance, nutrient utilization, and rumen fermentation in growing Thai-indigenous beef cattle. **Tropical animal health and production**, v.51, n.5, p.1151-1159, 2019.

PAULA, N.F.D.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.D.S.; CARVELHO, D.M.G.D.; PAULINO, M.F.; HATAMOTO-ZERVOUDAKIS, L.K.; KOSCHECK, J.F.W. Suplementação infrequente e fontes proteicas para recria de bovinos em pastejo no período seco: parâmetros nutricionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.882-891, 2011.

PEREIRA, E.S.; ARRUDA, A.M.V.; MIRANDA, L.F.; MIZUBUTI, I.Y.; MUNIZ, E.B.; PINTO, A.P. Importância da inter-relação carboidrato e proteína em dietas de ruminantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.1, p.125-134, 2005

PINTO, M. M.; DE LIMA, R. F.; DIAS, S.R.; MORI, C. S.; ORTOLANI, E.L.; MINERVINO, A.H.H. Avaliação de desempenho e perfil metabólico em bovinos suplementados com solução de aminoácidos e minerais. **PUBVET**, v.13, n.11, a455, p.1-10, 2019.

ROSSI JUNIOR, P.; SAMPAIO, A.A.M.; VIEIRA, P.D.F. Disponibilidade e absorção de aminoácidos em bovinos alimentados com diferentes fontes de compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.960-967, 2007.

ROTTA, P.P.; MENEZES, A.C.B.; SILVA, L.F.C.; VALADARES FILHO, S.C.; PRADOS, L.F.; MARCONDES, M.I. Exigências de proteína para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, L.F.C.; GIONBELLI, M.P.; ROTTA, P.P.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PRADOS, L.F. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-Corte**. 3. ed., Viçosa: UFV, DZO, cap.8, 2016. p.191-220.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.

SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; DE SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; PAULINO, P.V.R.; DE QUEIROZ, A.C. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, n.7, p.1471-1479, 2010.

SANTOS, S.A.; ROTTA, P.P.; SILVA, L.F.C.; MENEZES, A.C.B.; PINA, D.S.; FILHO, S.C.V. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: VALADARES FILHO, S.C.; SANTOS, S.A.; ROTTA, P.P.; COSTA E SILVA, L.F.; BAIÃO, A.C.M.; PINA, D.S. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte**, 3. ed. UFV, DZO, Viçosa, 2016. p.45-80.

SAVARI, M.; KHORVASH, M.; AMANLOU, H.; GHORBANI, G.R.; GHASEMI, E.; MIRZAEI, M. Effects of rumen-degradable protein: rumen-undegradable protein ratio and corn processing on production performance, nitrogen efficiency, and feeding behavior of Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.2, p.1111-1122, 2018.

SILVA, E.A.D.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A.; PIRES, A.V.; SATO, K.J.; PAES, J.M.V.; LOPES, A.D. Teores de proteína bruta para bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85: parâmetros ruminais, eficiência de síntese microbiana e degradabilidade in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.225-236, 2007.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

SOCREPPA, L.M.; MORAES, K.A.K.; OLIVEIRA, A.S.; BATISTA, E.D.; DROSGHIC, L.C.A.B.; BOTINI, L.A.; MORAES, E.H.B.K. Crude glycerine as an alternative energy feedstuff for beef cattle grazing tropical pasture. **The Journal of Agricultural Science**, v.155, n.5, p.839-846, 2017.

SOCREPPA, L.M. **Sincronização ruminal de energia e proteína em bovinos de corte criados em sistema pasto-suplemento**, 2020. 51p. (Tese de Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

SUASSUNA, J.M.A.; DE MEDEIROS, A.N.; FERNANDES, B.D.O.; MENEZES, D.R.; DE ANDRADE, A.P.; RUFINO, M.D.O. A. Métodos *in situ* e *in vitro* utilizados para avaliação de alimentos e dietas de ruminantes. **PUBVET**, v.15, n.10, p.188, PM3938, 2021.

TEIXEIRA, R.M.A.; MARTINS, J.M.; SILVA, N.G.; SILVA, E.A.; FERNANDES, L.O.; OLIVEIRA, A.S.; FARIA, D.J.G. Protein supplementation of dairy cows grazing Tifton 85 during the dry season. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.71, n.3, p.1027-1036, 2019.

TESSARI, F.A.; DA SILVA MARQUES, R.P.; DE LIMA CARVALHAL, M.V. Suplementação proteica e nitrogenada vs. reprodução de fêmeas bovinas em pastejo: Revisão. **PUBVET**, v.16, n.8, a1193, p.1-12, 2022.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, DAN, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Grass and forage science**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

TSIPLAKOU, E.; MAVROMMATIS, A.; SKLIROS, D.; SOTIRAKOGLU, K.; FLEMETAKIS, E.; ZERVAS, G. The effects of dietary supplementation with rumen-protected amino acids on the expression of several genes involved in the immune system of dairy sheep. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.102, n.6, p.1437-1449, 2018.

TSUKISHIRO, T.; SHIMIZU, Y.; HIGUCHI, K.; WATANABE, A. Effect of branched-chain amino acids on the composition and cytolytic activity of liver-associated lymphocytes in rats. **Journal of Gastroenterology and Hepatology**, v.15, n.8, p.849-859, 2000.

VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L.; AMARAL, H.F.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPELLE, E.R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos, **CQBAL 3.0.**, 2020.

VAN AMBURGH, M.E.; COLLAO-SAENZ, E.A.; HIGGS, R.J.; ROSS, D.A.; RECKTENWALD, E.B.; RAFFRENATO, E.; FOSKOLOS, A. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System: Updates to the model and evaluation of version 6.5. **Journal of Dairy Science**, v.98, n.9, p.6361-6380, 2015.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed., ITHACA, NY, USA: Cornell University Press, v.1, 1994.

WLODARSKI, L.; MAEDA, E.M.; FLUCK, A.C.; GILIOLI, D. Microbiota ruminal: diversidade, importância e caracterização. **Revista Electrónica de Veterinária (REDVET)**, v.18, n.11, p1-20, 2017.

ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; CABRAL, L.D.S.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.D.C.; MORAES, E.H.B.K.D. Suplementos múltiplos de auto controle de consumo na recria de novilhos no período das águas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.6, p.1968-1973, 2008.

ZHANG, Z.; TANG, J.; DI, R.; LIU, Q.; WANG, X.; GAN, S.; CHU, M. Comparative transcriptomics reveal key sheep (*Ovis aries*) hypothalamus lncRNAs that affect reproduction. **Animals**, v.9, n.4, p.152, 2019.