



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Metabolismo Ruminal: pH, N-NH₃, crescimento e eficiência microbiana

Braulio Crisanto Carvalho da Cruz¹, Camilla Flávia Portela², Cristiane Leal dos Santos Cruz³, Daniela Bittencourt⁴, Christian Albert Carvalho da Cruz²

¹Professor do Instituto Médio Agrário de Waku Kungo – Angola.

² Doutorando em Produção de ruminantes - UESB

³ Professora do curso de zootecnia e do programa de pós-graduação em produção de ruminantes da UESB-BA

⁴ Medica Veterinária

Resumo

O conhecimento a respeito do metabolismo ruminal é importante, uma vez que, poderá influenciar o uso do alimento fornecido ao animal, conseqüentemente, o desempenho na produção animal. Desta forma o tipo de alimento poderá provocar diferentes desempenhos, podendo sua eficiência ser aumentada, assim como evitar prováveis intoxicações, ou disfunções nos animais. O uso de nitrogênio não protéico, usualmente utilizado tem grande valia servindo como substrato para síntese para proteína microbiana. Para uma melhor utilização da proteína é necessário uma sincronização da proteína com a energia, evitando assim que a proteína seja degradada, fornecendo a energia que está em déficit. Objetivou-se relatar de forma simplificada o metabolismo ruminal, no que tange o pH, N-NH₃, o crescimento e eficiência microbiana, utilizando dados recentes de pesquisa.

Metabolism ruminal: pH, N-NH₃, microbial growth and efficiency

Abstract

The knowledge of the rumen metabolism is important as it may influence the use of food given to the animal, therefore, the performance in animal production. Thus the type of food may cause different performance, efficiency can be increased, as well as avoid possible poisoning, or dysfunctions in animals. The use of non-protein nitrogen, usually used, worthless, serving as a substrate for microbial protein synthesis. For better use of the protein is necessary synchronization of the protein with energy, preventing the protein is degraded providing energy that is in deficit. Aimed to report a simplified ruminal metabolism, with respect to pH, NH₃-N, the microbial growth and efficiency, using data from recent research.

Introdução

A eficiência de síntese de proteína microbiana no rúmen depende dos efeitos da fermentação ruminal sobre a degradação e sincronização dos componentes dos alimentos e sobre a síntese de compostos a serem utilizados pelo hospedeiro, através da absorção ruminal e intestinal, sendo expressa em g de N-microbiano/kg de MO, verdadeiramente digerida no rúmen, ou g de N-microbiano/kg carboidrato digerido no rúmen. Isso determina a melhor ou pior conversão do alimento em produto animal (GONÇALVES, 2006).

O valor nutritivo dos alimentos é dado pelas informações de sua composição química associada à disponibilidade dos nutrientes para a fermentação microbiana, determinando a eficiência da mesma. Essa eficiência de utilização dos alimentos no rúmen e a capacidade de transformação dos nutrientes em proteína de alta qualidade ocorrem em função da disponibilidade de energia e nitrogênio no rúmen para a ótima atividade microbiana (RUSSEL et al., 1992).

O binômio composição química e potencial de degradação dos alimentos irá determinar o maior ou menor crescimento microbiano e produção de ácidos

graxos voláteis no rúmen, que são as principais fontes de proteína e energia para bovinos, respectivamente, (CHURCH, 1993).

Nocek e Russel (1988) destacam, entre os principais fatores que afetam o crescimento microbiano, a disponibilidade de energia, a disponibilidade de monômeros pré-formados, as reações "energy spilling" ou gasto inútil de energia e a composição da célula bacteriana.

A disponibilidade de energia supre o ATP necessário para biossíntese de monômeros e sua polimerização em cadeias de macromoléculas celulares; a energia de manutenção dos microorganismos, sendo o consumo maior quanto menor a taxa de crescimento microbiano (dessa forma a produção microbiana (Y), é dependente da taxa de crescimento (k) e da energia de manutenção para os microorganismos ($m = \text{g carboidrato} / \text{g microorganismo/h}$), conforme a seguinte equação: $1/Y = m/k + 1/Y_g$), numa taxa de crescimento máximo seriam produzidos 40g de bactéria/ 100g de matéria orgânica fermentada, sendo 29% da energia utilizada para manutenção; .

Na disponibilidade de monômeros pré-formados, as bactérias podem utilizar NH₃ ou monômeros pré-formados (aminoácidos, nucleotídeos e peptídeo) para o seu crescimento, podendo este ser superior quando monômeros estão disponíveis.

As Reações "energy spilling" ou gasto inútil de energia: ocorrem quando o suprimento de N, fósforo e enxofre é limitante, nessa situação as bactérias não utilizam eficientemente a fonte energética, e a produção de massa microbiana decresce dramaticamente, sendo o calor o principal produto do catabolismo;.

A Composição da célula bacteriana em que, usualmente, as bactérias contêm 50% de proteína, 20% RNA, 3% DNA, 9% lipídios e 18% de carboidratos, mas essa composição pode variar, principalmente os carboidratos, devido a disponibilidade de nutrientes (ao passo que a polimerização de cada aminoácido tem um custo de 4 ATPs, portanto a síntese de proteína tem um alto custo para a célula).

- **Utilização da uréia como fonte de Nitrogênio Não Protéico pelos microrganismos do rúmen**

As exigências de proteína para ruminantes variam em função da espécie, raça, sexo, estágio de crescimento, estágio fisiológico, função zootécnica, etc. Essas exigências podem ser supridas indiretamente pelo nitrogênio não protéico (NNP) da dieta que é convertido pelos microrganismos ruminais em proteína de alto valor biológico. Entretanto, a recomendação de sua inclusão na dieta não deve ultrapassar 33-35% da proteína bruta (PB) (VELOSO, 1984). O mesmo autor relata que tem sido preconizada uma quantidade máxima de 1-2% de uréia na matéria seca total consumida, ou 5% da MS do concentrado, para que não haja efeitos sobre o consumo, devido à baixa palatabilidade e toxidez.

A uréia ao entrar em contato com o fluido ruminal é, rapidamente, hidrolisada por ação da enzima uréase, sendo convertida em amônia e dióxido de carbono. Segundo PEARSON e SMITH, (1943) citado por BARTLEY e HELMER, (1971), 100g de fluido ruminal pode converter 100mg de uréia em amônia em 1 hora. No entanto, o maior problema na utilização eficiente da uréia pelos microrganismos do rúmen é a rápida liberação da amônia que não coincide com o aproveitamento microbiano ocasionando perdas, o que ocorre, principalmente, devido a baixa disponibilidade de carboidratos rapidamente fermentáveis (PAIXÃO et al., 2006).

A amônia que não é utilizada, após certo acúmulo, é removida do ambiente ruminal, principalmente, por difusão (pelas papilas ruminais), sendo metabolizada em uréia no fígado, podendo, posteriormente, retornar ao rúmen (pela saliva ou por difusão), ou ser perdida na urina (TEIXEIRA; SALVADOR, 2004). Esta conversão custa ao animal 12 kcal/g de nitrogênio (Van Soest, 1994), além de que, a excreção da uréia representa elevado custo econômico e biológico, para manutenção de concentrações corporais de nitrogênio em níveis não tóxicos.

Em níveis adequados no rúmen, a amônia livre, juntamente, com esqueletos de carbono (cetoácidos) resultantes da degradação de carboidratos,

é utilizada por algumas bactérias para a síntese de aminoácidos utilizados na constituição de sua proteína (Teixeira, 1990).

Para que haja incorporação de aminoácidos na proteína microbiana, há, concomitantemente, a necessidade de energia disponível para efetivação deste processo. Desta forma, para a redução das perdas de compostos nitrogenados, pela máxima fixação em proteína microbiana, há necessidade de sincronização das taxas de degradação de proteína e carboidratos no rúmen (RUSSEL et al., 1992).

O comportamento de incorporação de aminoácidos em proteína microbiana não é homogêneo em toda a flora ruminal. De acordo com RUSSEL et al. (1992) há dois grupos básicos de microorganismos ruminais: o primeiro que degrada carboidratos não estruturais (CNE), utiliza peptídeos e amônia para síntese de proteína microbiana, numa razão média de 2/1 (66% de aminoácidos e peptídeos, e 34% de N amoniacal); o segundo grupo, que degrada carboidratos estruturais (CE) e que somente é capaz de utilizar amônia para síntese microbiana.

O processo de captação de nitrogênio do meio, na forma de amônia é realizado por dois mecanismos enzimáticos: o primeiro é chamado de glutamato sintetase e não requer energia; o segundo, chamado de glutamamina sintetase, exige ATP, e é mais amplamente utilizado com baixos níveis de amônia no meio (ERFLE et al., 1977).

Níveis de nitrogênio amoniacal ruminal entre 2 e 5 mg/dl não restringem a digestão da matéria orgânica da dieta (Satter e Slyter, 1974). No entanto, Gonçalves (2006) definiu que, para as condições tropicais, o nível mínimo de concentração de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal seria de 10mg/dl. Estes valores podem variar de 1-76 mg/dl, dependendo dos teores de proteína e de carboidratos fermentáveis da dieta, refletindo em mudanças na população microbiana (NOCEK e RUSSEL, 1988).

Bactérias celulolíticas usam, praticamente, apenas nitrogênio amoniacal como fonte de nitrogênio e sua capacidade fermentativa é, consideravelmente, menor na ausência de N-NH₃, uma vez que sua capacidade de usar N na forma

de aminoácidos e peptídeos é bastante reduzida. As bactérias amilolíticas crescem mais rápido utilizando cerca de 60% de peptídeos e aminoácidos e 34% de nitrogênio amoniacal como fontes de N para o seu crescimento (Russel et al., 1992). As bactérias podem degradar amido, pectina e açúcares quando o nitrogênio é limitante, entretanto a degradação da fibra nessas condições é paralisada. Este fenômeno é denominado "energy spilling" ou gasto inútil de energia (TEDESCHI, FOX; RUSSEL, 2002).

Com a diminuição da digestibilidade da fibra ocorre uma redução da taxa de passagem dos alimentos, refletindo diretamente na ingestão de matéria seca e energia pelos animais, o que poderá comprometer seu desempenho.

Oliveira Junior et al. (2006) observaram que a substituição total do farelo de soja por uréia ou amiréia para novilhos em confinamento recebendo uma dieta com alta proporção de concentrado (80% da MS) e bagaço de cana como volumoso, elevou o consumo da matéria seca e a digestibilidade da FDN e FDA, o que foi atribuído ao aumento da PDR a níveis adequados. Semelhante a pesquisa de Ezequiel et al. (2001) que observaram maior digestibilidade in vitro da FDA no tratamento com uréia, quando comparado ao farelo de algodão.

Carmo (2001), suplementando vacas em fim de lactação, produzindo ao redor de 20kg leite/dia, com teores elevados de NNP (2% de uréia ou o equivalente amiréia na MS da dieta), em substituição parcial ao farelo de soja, não encontraram alterações na ingestão e digestibilidade da MS, na produção e composição do leite (exceto para a gordura) e na concentração de N ureico e glicose no plasma sanguíneo. A inclusão de uréia favoreceu a síntese de gordura do leite, provavelmente devido ao melhor ambiente ruminal (pH) nas primeiras horas após a alimentação, que favorece as bactérias fibrolíticas.

Já Paixão et al. (2006) verificaram que a substituição do farelo de soja por uréia no concentrado (0,75 e 1,25% PV) de bovinos em confinamento, tendo como fonte de volumoso a silagem de capim e sorgo, não alterou o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, o ganho de peso e o rendimento de carcaça dos animais, enquanto o maior nível de concentrado influenciou,

positivamente, todos esses parâmetros. Enquanto a eficiência de síntese microbiana não foi afetada pela fonte protéica nem pelos níveis de concentrado e apresentou média de 112,55 g de PB mic/ kg de NDT, valor, levemente, inferior ao citado pelo NRC (2001), de 130 g PB mic/ kg de NDT.

SANTOS e HUBER (1996) resumiram 19 comparações de nove experimentos onde a uréia foi adicionada de 0,4 à 1,8% da matéria seca, substituindo, total ou parcialmente, o farelo de soja, farinha de peixe e outros subprodutos. A ingestão de matéria seca não foi alterada com a suplementação de uréia na dieta em 14 comparações, aumentou em duas e diminuiu em três. A produção de leite não foi afetada pela utilização da uréia em 17 comparações, as foi afetada em duas. A percentagem de proteína no leite não foi afetada pela uréia em 14 comparações e aumentou em cinco, o que pode ser explicado pelo aumento na síntese de proteína microbiana ao se fornecer uréia na dieta.

Pina et al (2006), fornecendo diferentes fontes de proteína (farelo de algodão 38%PB, farelo de algodão 28%PB, farelo de soja, farelo de soja e 5% de uréia para vacas holandesas com produção diária de 35 kg de leite), tendo como volumoso a silagem de milho na proporção de 60% da MS da dieta, não verificaram diferenças no consumo de MS, enquanto a digestibilidade da MS foi superior para o farelo de soja, melhorando a eficiência de utilização da MS e do Nitrogênio dietético, o que refletiu em maiores teores de proteína no leite, entretanto não houve alteração na produção de leite.

- **Sincronização carboidratos e proteína**

Para otimização da produção de proteína microbiana é necessária à sincronização entre a disponibilidade de energia e compostos nitrogenados no ambiente ruminal (RUSSEL et al., 1992). Os microorganismos são dependentes de ATP, energia proveniente da fermentação dos carboidratos para que ocorra a biossíntese da proteína microbiana. Quando há déficits de energia, os peptídeos e aminoácidos passam a ser utilizados como fonte de energia, ocorrendo o acúmulo de N-NH₃ no meio. Dessa forma, esta variável é

dependente da degradabilidade da fonte protéica, da disponibilidade de carboidratos e do equilíbrio entre sua produção e utilização pelos microorganismos (NOCEK e RUSSEL, 1988).

Assim, a degradação dos nutrientes é determinada pela competição entre taxa de degradação e passagem, e o conhecimento de ambas é necessário para estimar as quantidades de energia e de compostos nitrogenados disponíveis no rúmen (RUSSEL, 1992).

A cinética de degradação de carboidratos e proteínas varia amplamente de acordo com alimento, sua composição e arranjo estrutural, além do método de processamento (NRC, 2001). A extensão da degradação protéica no rúmen é determinada pela atividade proteolítica microbiana, taxa de reciclagem no rúmen e oportunidade de acesso do microorganismo ao nutriente, determinada pela permanência do alimento no rúmen (NRC, 1985).

A sincronização para rápidas taxas de fermentação de amido e de proteína de alta degradabilidade estimula aumento da síntese ou da eficiência de síntese de proteína microbiana (NRC, 1985). Aldrich et al. (1993b), citado no NRC (1985) formularam dietas contendo alta e baixa concentração de carboidratos não estruturais degradáveis no rúmen (CNF) e, alta e baixa concentração de proteína degradável no rúmen (PDR). O fluxo de PBmic (proteína bruta microbiana) para o duodeno foi maior (1,64 kg/d) com CNF alta degradabilidade/ alta PDR e menor 1,34kg/dia com alto CNE/ baixa PDR, fluxo intermediário (1,46 e 1,48kg/d) para as duas dietas com baixo CNE. Stokes et al. (1991), citado pelo NRC, (1985), reportaram que dietas formuladas com 31 a 39% de CNE e 11,8 a 13,7% de PDR na MS da dieta sustentaram maiores sínteses de Pbmic que as dietas contendo 25% de CNF e 9% de PDR.

Entretanto, apenas aumentando a suplementação dietética com carboidratos não-estruturais (CNE), não haverá garantia do aumento da produção de proteína bacteriana, nem da eficiência da síntese protéica bacteriana ou a utilização da uréia será melhorada (STERN; CALSAMIGLIA e ENDRES, 1994). Em contrapartida, de acordo Hookes e Stokes (1991) as

concentrações dietéticas maiores de CNE aumentaram a utilização de nitrogênio amoniacal ruminal na síntese de proteínas bacterianas. Esses resultados indicaram que o metabolismo microbiano ruminal é complexo e exige maior conhecimento da velocidade de alcance da digestão de carboidratos e do fornecimento de N-NH₃ para garantir um crescimento bacteriano eficiente no rúmen (GONÇALVES, 2006).

Elevação na concentração de N-NH₃ foi obtida por Mathis et al. (2000), à medida que se elevou o nível de proteína degradável no rúmen de 0 para 0,124% do PV dos animais, fornecida via suplemento, para novilhos estabulados recebendo feno de capim bermuda (*Cynodon dactylon*) com 8,2% de PB na matéria seca.

De acordo com Stokes et al. (1991), níveis adequados de proteína degradável e de CNE aumentam a eficiência microbiana, melhoram a digestão dos alimentos, aumentaram a produção de AGV's melhorando assim, a síntese de proteína microbiana.

A utilização de dietas ricas em carboidratos, principalmente, de fontes de alta degradabilidade associadas à degradabilidade das fontes protéicas, pode originar situações com excesso de energia e deficiência de nitrogênio para a fermentação ruminal. O excesso de energia acaba sendo utilizado apenas para a manutenção microbiana, sem gerar efeitos nos processos de síntese e crescimento da microbiota e até mesmo acarretando a utilização de ciclos fúteis para eliminação do excesso de carboidratos (Russel, 1998).

A sincronização entre as fontes de carboidratos (que forneceriam energia e esqueletos carbônicos para os microrganismos) e as de nitrogênio pode acarretar maximização da eficiência microbiana e diminuição da perda de nitrogênio em forma de amônia e da energia dos carboidratos, promovendo melhoria na digestão da MS e, especialmente, da fração fibrosa. O aumento na eficiência microbiana pode permitir aumento na disponibilidade de proteína microbiana para ser absorvida no intestino, suprimindo, assim, as exigências de animais em crescimento (CALDAS NETO et al., 2007).

Caldas Neto et al. (2007), estudando o efeito de diferentes níveis de proteína degradável no rúmen (55, 60, 65, 70% PB) combinado a fontes de amido de alta e baixa degradabilidade (milho e farelo de mandioca, respectivamente – aproximadamente 37% de CNF na MS) sobre a digestibilidade da matéria seca, não verificaram efeito dos níveis de PDR quando o milho constituiu a fonte de amido, indicando que a disponibilidade de energia foi mais limitante que o nitrogênio para a atividade microbiana. Entretanto, com a utilização do farelo de mandioca, houve um efeito quadrático na digestibilidade da MS, mostrando que em níveis mais baixos de PDR, o nitrogênio foi limitante para o crescimento microbiano. Esse comportamento indica o efeito de sincronização da disponibilidade de N e de energia, visto que houve um nível de PDR (60% PB) no qual a digestibilidade foi máxima, decrescendo em seguida. Além disso, conforme o NRC (1985), o fluxo de proteína microbiana para o duodeno tende a ser maior com o aumento da taxa de degradação do CNE, devido a melhor eficiência de conversão da MO em PBmic, devido a maior disponibilidade energia para a atividade microbiana.

Os dados encontrados na literatura sugerem que a utilização de fontes de proteína de alta degradabilidade com fontes de amido, facilmente, degradáveis, acarreta aumento na eficiência microbiana e, conseqüentemente, maior fluxo de proteína para o intestino delgado, resultando em melhores desempenhos na produção de leite e no crescimento (Poore et al., 1993; Zinn, 1993, citados por Caldas Neto et al. 2007).

Entretanto, muitos estudos não evidenciam que altos níveis de CNE ou PDR suportem elevado crescimento microbiano, uma vez que, a extensão da captação de amônia para produção de PBmic é afetada por vários outros fatores tais como, o tipo de dieta, características da fermentação ruminal, e ingestão de matéria seca. Sendo assim, em estudos para avaliação da sincronização da degradação de carboidratos e proteína no rúmen, nem sempre são observados efeitos sobre a síntese e eficiência de síntese de PBmic, ou fluxo de PBmic (NRC, 1985).

O efeito estimulatório das proteínas envolve um ciclo de melhoria na eficiência de síntese de proteína microbiana, aumentando a digestibilidade da MS e, conseqüentemente, a taxa de passagem, e o consumo de alimentos, e, finalmente, o consumo de energia (figura 1). Outros fatores, tais como o aumento do aporte e a melhoria no balanço de aminoácidos, provavelmente, representam um menor papel no consumo de energia (Nocek e Russel, 1988).

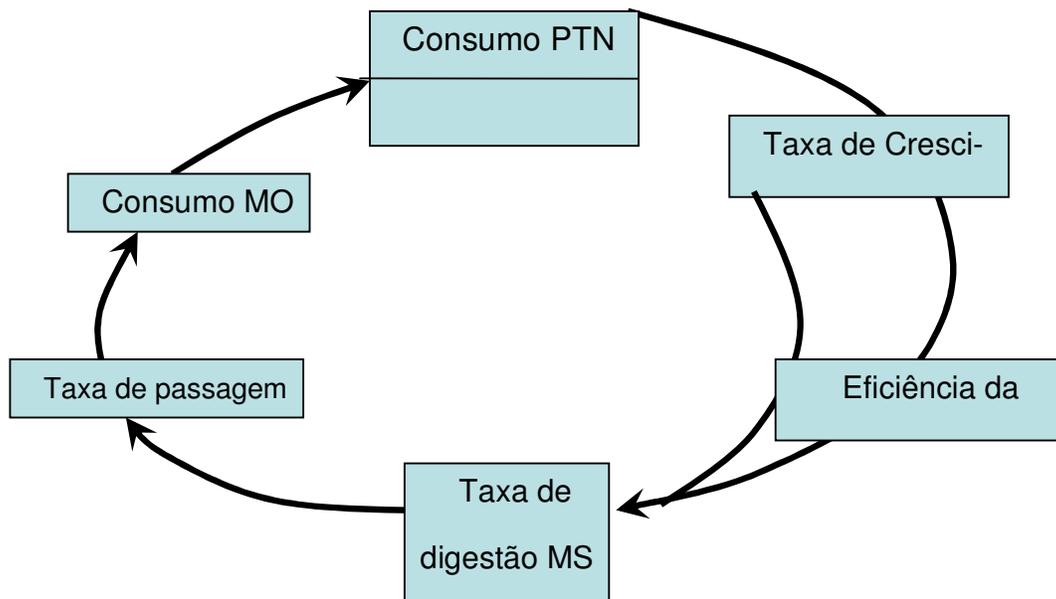


Figura 1. Efeito do consumo de proteína sobre a dinâmica ruminal em relação ao consumo de energia.

O fracionamento de carboidratos e proteínas é fundamental para as formulações de dietas sincrônicas, já que estima a velocidade de degradação de cada fração, possibilitando o melhor aproveitamento dos nutrientes, otimizando o crescimento e eficiência microbiana. O fracionamento dos alimentos em várias categorias as quais baseiam-se em seus constituintes químicos e suas taxas de degradabilidade potencial, está disposto na tabela 1.

Tab 1. Fracionamento de proteínas e carboidratos e disponibilidade ruminal

Fração	Proteína	Disponibilidade no rúmen	Carboidrato	Disponibilidade no rúmen
A	Amônia, aminoácidos e proteínas solúveis	Solúveis (geralmente altamente disponível, 4%/min a 200%/h)	Açúcares, parte do amido, frutanas	Solúveis (geralmente altamente disponível, 4%/min a 200%/h)
B1	Proteínas e peptídeos rapidamente degradáveis	Insolúveis, potencialmente degradáveis (120-400%/h)	Amido, pectina e alguns oligossacarídeos	
B2	Proteínas de degradação intermediária	3-16%/h	Amido de lenta degradação	
B3	Proteína lentamente degradável, algumas ligadas a FDA	0,06-0,55%/h	Fibra de degradação intermediária	Insolúveis, potencialmente degradáveis (1-30%/h)
B4	—	—	Fibra de degradação lenta	
C	Proteína ligada a FDA	Indigestível (0%/h)	Lignina	Indigestível (0%/h)

Fonte: Adaptado de Nocek e Russel (1988) e NRC (1985).

De acordo com o NRC (1985), as proteínas podem ser fracionadas em:

Fração A: porção da PB constituída de NNP (assumindo-se degradação instantânea) e uma pequena quantidade de proteína verdadeira que escapa pela sacola no ensaio de degradabilidade in situ, devido ao pequeno tamanho de partícula e a sua alta solubilidade;

Fração B: fração que inclui a porção de PNDR, utilizável pelo hospedeiro. Apresentam taxas de degradação ruminal, altamente, variáveis, de acordo com o alimento, e resultam em quantidade variáveis inicialmente degradadas no rúmen. Algumas características das proteínas podem contribuir para diferenças na taxa de degradação, ente elas, diferenças na estrutura

tridimensional, nas ligações intra e intermolecular, barreiras inertes como a parede celular e fatores anti-nutricionais. Diferenças na estrutura tridimensional e nas ligações químicas podem ocorrer dentre as moléculas protéicas e entre as proteínas e carboidratos, como função da fonte bem como do processamento. Estes aspectos estruturais afetam o acesso dos microorganismos as proteínas, afetando a taxa e a extensão da degradação protéica no rúmen. Proteínas que possuem extensas ligações cruzadas, tais como as pontes dissulfeto que ocorrem nas albuminas e imunoglobulinas, causadas por tratamento químico ou por calor, tornando-as menos acessíveis as enzimas proteolíticas e são degradados mais lentamente.

A farinha de carne contem maior parte de sua proteína na fração C, uma vez que podem conter uma considerável proporção de colágeno que possuem ambas as ligações inter e intra-molecular. Em contraste a farinha de peixe é da fração B, com um taxa de degradação mais lenta que de outros suplementos protéicos, o que pode ser explicado pela duração e temperatura de secagem desse produto que induz a formação de pontes dissulfeto ou pela coagulação das proteínas que diminuem sua solubilidade. Outros fatores que afetam a degradabilidade ruminal das proteínas dietéticas incluem tempo de retenção ruminal da proteína, atividade proteolítica microbiana e pH ruminal.

Fração C: constituída pela proteína, completamente, indegradável, geralmente é determinada a PB no resíduo da sacola após 144hs de permanência no rúmen.

Considerações Finais

O êxito na produção de ruminantes dependem de sua habilidade para consumir e obter energia dos alimentos disponíveis. O conhecimento da ingestão de alimentos, por ser o principal fator a afetar o desempenho e a eficiência produtiva do animal, é necessário para a formulação de dietas, a predição do desempenho animal e o planejamento e controle do sistema de produção.

CRUZ, B.C.C. et al. Metabolismo Ruminal: pH, N-NH₃, crescimento e eficiência microbiana. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 12, Ed. 117, Art. 790, 2010.

Fontes de proteína e de amido, de alta degradabilidade, aumentam a eficiência microbiana, sendo assim o fracionamento de carboidratos e proteínas é fundamental para as formulações de dietas sincrônicas, que influenciaram positivamente no crescimento microbiano.

Referências bibliográficas:

BARTLEY, E.E.; HELMER, L.G. Progress in the utilization of urea as a protein replace for ruminants. A review. *Journal of Dairy Science*, v.51, n.1, p. 25-51. 1971.

CALDAS NETO, S.P.; ZEOULA, L.M.; KAZAMA, R., PRADO, I.N. et al. Proteína degradável no rúmen associada a fontes de amido de alta ou baixa degradabilidade: digestibilidade in vitro e desempenho de novilhos em crescimento. *R. Bras. Zootec.*, v.36, n.2, p.452-460, 2007.

CARMO, C.A. Substituição do farelo de soja por uréia e amiréia em dietas para vacas leiteiras em final de lactação. 2001. 74p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola de Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, Sp, 2001.

CHURCH, D.C. Fisiologia digestiva y nutrición de los ruminantes. Zaragoza: Acríbia, 1993. 641p.

ERFLE, J.D., SAUER, F.D., MAHADEVAN, S. Effect of ammonia concentration on activity of enzymes of ammonia assimilation and on synthesis of amino acids by mixed rumen bacteria in continuous culture. *J. Dairy Sci.*, 60: 1064-1072, 1977.

EZEQUIEL, J.M.B.; SOARES, W.V.B. SEIXAS, J.R.C. Digestibilidade in vitro da matéria seca, nitrogênio e fibra em detergente ácido de dietas completas contendo farelo de algodão, uréia ou amiréia. *Rev. bras. zootec.*, 30(1):236-241, 2001.

GONÇALVES, A.P. Uso de uréia de liberação lenta em suplementos protéico-energéticos fornecidos a bovinos recebendo forragens de baixa qualidade. [Slow urea in proteic-energetic supplements fed to beef receiving low quality forage.]. 2006. 82f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

NOCEK, J.E.; RUSSEL, J.B. Protein and Energy as an Integrated System. Relationship of Ruminal Protein and Carbohydrate Availability to Microbial Synthesis and Milk Production. *J. Dairy Sci.*, n.71, p.2070-2107, 1988.

NRC – National Research Council. Ruminant nitrogen usage. Washington, DC. 1985, 138p.

OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I. et al. Digestibilidade de nutrientes em dietas de bovinos contendo uréia ou amiréia em substituição ao farelo de soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.2, p.173-178, fev. 2004.

OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; PIRES, A.V. FERNANDES, J.J.R. et al. Substituição total do farelo de soja por uréia ou amiréia, em dietas com alto teor de concentrado, sobre a amônia ruminal, os parâmetros sanguíneos e o metabolismo do nitrogênio em bovinos de corte. *R. Bras. Zootec.*, v.33, n.3, p.738-748, 2004.

PAIXÃO, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Uréia em dietas para bovinos: consumo, digestibilidade dos nutrientes, ganho de peso, características de carcaça e produção microbiana. *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.6, p.2451-2460, 2006.

RUSSEL, J.B., O’CONNOR, J.D., FOX, D.G., SNIFFEN, C.J., VAN SOEST, P.J. A Net

CRUZ, B.C.C. et al. Metabolismo Ruminal: pH, N-NH₃, crescimento e eficiência microbiana. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 12, Ed. 117, Art. 790, 2010.

Carbohydrate and Protein System for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. J. Anim. Sci., 70: 3551-3561, 1992.

SANTOS, F.A.P., HUBER, J.T. Quality of bypass proteins fed to high-producing cows is important. Feedstuffs, 12:12-15,1995.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on ruminal microbial protein production in vitro. British Journal of Nutrition, v.32, p.199-208, 1974.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. Accounting for ruminal deficiencies of nitrogen and branched-chain amino acids in the structure of the Cornell Net carbohydrate and Protein System. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 2000, Rochester. Proceedings... Rochester: University of Cornell, 2000, p.224-238.

Van SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. London: Constock Publishing Associates, 1994. 476p.

VELLOSO, L. Uréia em rações de engorda de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS - URÉIA PARA RUMINANTES, 2., 1984, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1984. p.174-199.