

A REVIEW

ASPECTOS NUTRICIONAIS DA UTILIZAÇÃO DA PROTEÍNA PELOS RUMINANTES

Paola Rezende Ribeiro¹, Gilberto de Lima Macedo Junior¹, Simone Pedro da Silva^{2}*

RESUMO

Objetivou-se com esta revisão descrever a utilização das proteínas degradáveis e não degradáveis no rúmen, enfatizando a importância destas na nutrição de ruminantes, bem como descrever os principais métodos para sua determinação nos alimentos. A nutrição animal revela-se como alvo de grandes estudos, devido sua contribuição fundamental na produção animal, além de ser o fator de maior oneração dentro do sistema produtivo. Na nutrição, a proteína possui papel essencial de suprir as exigências metabólicas dos animais, fazendo com esses se desenvolvam e produzam de acordo com seus limites fisiológicos. Contudo, é necessário atentar-se ao fato de que os nutrientes são inter-relacionados, sendo assim, não só a proteína, mas também os carboidratos como fonte energética devem ser considerados, para eficiente aproveitamento pelos animais. Os ruminantes são anatomicamente adaptados a aproveitarem fontes de compostos nitrogenados não proteicos, essa característica favorece a utilização de alimentos com custo mais acessível em relação aos alimentos que são fontes de proteína verdadeira. No entanto, a inclusão de tais fontes na alimentação dos animais deve ser realizada de acordo com a situação de cada sistema de produção, garantindo melhor aporte nutricional, e consequentemente melhor desempenho dos animais. O conhecimento sobre a importância e função das proteínas degradáveis no rúmen e proteínas não degradáveis no rúmen, é essencial para sua utilização nas dietas para ruminantes, podendo diminuir os custos das rações, e

a excreção de nitrogênio no meio ambiente. Por meio do conhecimento das frações que compõe a proteína e suas respectivas taxas de degradação é possível formular dietas com objetivo de maximizar o sincronismo de degradação entre carboidratos e proteína e dessa forma promover aumento na eficiência de síntese microbiana.

Palavras-chave: Microorganismos. Nutrição. Nitrogênio Não Proteico

INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes visa obter maior eficiência na produtividade e consequentemente lucratividade. Para se conseguir tal eficiência, um dos fatores que deve ser cuidadosamente monitorado é a nutrição do rebanho (PAULINO et al., 2004). Sendo a proteína um dos nutrientes de maior importância dentro desse sistema (VALADARES FILHO & PINA et al., 2006).

A proteína vem sendo um dos nutrientes mais pesquisados na nutrição de ruminantes, em razão do elevado impacto no sistema produtivo, ocasionando ganhos diferenciados no desempenho animal (SILVA, 2010). Além do mais, é o nutriente de maior custo na ração, quando se considera o preço absoluto. Sendo que seu excesso na dieta resulta em contaminação ambiental e elevação dos custos de produção (MARCONDES et al., 2010), uma vez que o animal deverá gastar energia para excretar o excesso de nitrogênio para o ambiente. Por outro lado, sua deficiência

*Artigo recebido em: 13/10/2014

Aceito para publicação em: 14/11/2014

¹ Faculdade de Medicina Veterinária (FAMEV) da Universidade Federal de Uberlândia.

² Instituto Federal Goiano

² Instituto Federal Goiano - Campus Avançado de Hidrolândia, GO. Estrada São Brás, Km 04. CEP: 75.340-000, Hidrolândia-GO. Email: simone.psilva@hotmail.com

na dieta limita o crescimento microbiano, reduzindo a digestibilidade da parede celular, o consumo (VAN SOEST, 1994) e, conseqüentemente, o desempenho animal.

A proteína vem sendo um dos nutrientes mais pesquisados na nutrição de ruminantes, em razão do elevado impacto no sistema produtivo, ocasionando ganhos diferenciados no desempenho animal (SILVA, 2010). Além do mais, é o nutriente de maior custo na ração, quando se considera o preço absoluto. Sendo que seu excesso na dieta resulta em contaminação ambiental e elevação dos custos de produção (MARCONDES et al., 2010), uma vez que o animal deverá gastar energia para excretar o excesso de nitrogênio para o ambiente. Por outro lado, sua deficiência na dieta limita o crescimento microbiano, reduzindo a digestibilidade da parede celular, o consumo (VAN SOEST, 1994) e, conseqüentemente, o desempenho animal.

A maioria dos aminoácidos absorvidos pelos ruminantes é obtido da proteína microbiana sintetizada no rúmen, sendo as exigências dietéticas de proteína metabolizável para ruminantes, atendidas através da absorção intestinal de aminoácidos provenientes da proteína dietética não degradada no rúmen e da proteína microbiana verdadeira digestível. Apesar da proteína endógena, também constituir a proteína metabolizável, seu suprimento como fonte de aminoácidos aos animais é mínima, sendo menos de 1% do nitrogênio duodenal total.

Considerando que a proteína é um dos nutrientes de maior importância na alimentação de ruminantes e que sua adequação na dieta envolve o conhecimento prévio de todas as etapas de utilização desse nutriente. Objetivou-se com esta revisão descrever a utilização de proteínas degradáveis e não degradáveis no rúmen, enfatizando a importância destas na nutrição de ruminantes, bem como descrever os principais métodos para sua determinação nos alimentos.

PROTEÍNA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Proteína é uma molécula biológica formada por uma ou mais cadeias

peptídicas, constituídas de aminoácidos polimerizados. Dos diversos aminoácidos existentes somente vinte - denominados de aminoácidos primários ou padrões são comumente encontrados nas proteínas (PRATT & CORNELLY, 2006). Desses, somente nove são denominados de essenciais. As proteínas diferem no tamanho, forma, solubilidade e composição de aminoácidos. Além de estarem presentes na parede e conteúdo celular de tecidos vegetais, no tecido animal e desempenhar diversas funções tais como catalítica, estrutural, transporte, proteção, armazenamento, contrátil, dentre outras, sendo, portanto essenciais ao desenvolvimento, crescimento e produção dos ruminantes (PINA et al., 2010).

A proteína degradada no rúmen (PDR) e a proteína não degradada no rúmen (PNDR) são frações da proteína bruta (PB) da dieta, ou do alimento, que possuem funções diferenciadas. A PDR fornece peptídeos, aminoácidos (AA) livres e amônia para o crescimento dos microrganismos, além de promover síntese de proteína microbiana no rúmen. A PNDR é a segunda mais importante fonte de AA para os ruminantes. A compreensão da dinâmica de degradação ruminal da proteína dos alimentos é essencial para se formular dietas com níveis adequados de PDR, favorecendo os microrganismos do rúmen, e o conhecimento sobre a PNDR diz respeito ao benefício do próprio animal, promovendo, dessa forma, dietas mais eficientes. Para o alcance de alto desempenho produtivo dos ruminantes é necessário que parte da proteína da dieta esteja na forma de PNDR, sendo esta necessária como fonte adicional de aminoácidos, suprimindo a deficiência quantitativa de alguns aminoácidos essenciais na proteína microbiana produzida no rúmen. Enquanto a proteína degradável no rúmen (PDR) é uma exigência nutricional dos microrganismos ruminais, a PNDR é uma exigência nutricional dos ruminantes (PEREIRA, 2003).

As exigências de proteína dos animais ruminantes são atendidas pelos aminoácidos absorvidos no intestino delgado, denominadas de exigências de proteína metabolizável. A proteína que

chega ao intestino delgado consiste da fração microbiana, da proteína dietética não degradada no rúmen e da proteína endógena (PEREIRA et al., 2005).

A qualidade da proteína no alimento é determinada pela proporção entre nitrogênio proteico e nitrogênio não proteico, pela velocidade e extensão de degradação da proteína degradável no rúmen, pela digestibilidade intestinal da proteína não degradável e pela composição em aminoácidos da proteína não degradável digerida no intestino (PEREIRA, 2003).

NITROGÊNIO NÃO PROTEICO (NNP)

Diferentemente da proteína, os compostos nitrogenados não proteicos, não são formados por aminoácidos unidos por ligações peptídicas. Considera-se que a grande parte das formas de NNP é rapidamente transformada em amônia e disponibilizada para os microrganismos ruminais (MEDEIROS, 2006). São exemplos de compostos não nitrogenados, as purinas e pirimidinas, ureia, biureto, ácido úrico, glicosídeos nitrogenados, alcaloides, sais de amônio e nitratos (SANTOS et al., 2001).

O NNP é importante fonte de nitrogênio para os microrganismos ruminais, após transformação em amônia, por bactérias no rúmen, é disponibilizada para os microrganismos como fator de crescimento bacteriano, obtendo assim a síntese de proteína microbiana (ORSKOV, 1982), tornando-se disponíveis ao ruminante.

Em condições normais, a produção de amônia no rúmen, muitas vezes, excede a sua capacidade de utilização, ocorrendo acúmulo e posterior remoção do ambiente ruminal, principalmente via difusão, podendo posteriormente retornar ao rúmen ou ser perdida como uréia através da urina (RUSSEL et al., 1991). Quanto maior for a degradabilidade da proteína da ração, maior será a produção de amônia e possivelmente, maiores serão as perdas urinárias de compostos nitrogenados na forma de uréia (RUSSEL et al., 1992). Sendo assim, as fontes de nitrogênio não proteico (NNP) como são instantaneamente degradadas no rúmen, a liberação de NH_3 no ambiente ruminal é muito rápida.

A maioria da amônia não utilizada para síntese microbiana é absorvida através da parede ruminal por difusão e transportada para o fígado. No formato de amônio (NH_4) "forma ionizada", não ocorre absorção através da parede ruminal, portanto a queda no pH ruminal favorece a ionização da amônia e reduz sua absorção. Enquanto, em pH mais básico prevalece a formação de NH_3 que apresenta maior absorção.

A NH_3 ao ser absorvida pela parede ruminal, segue pela corrente sanguínea até o fígado. No fígado, esse composto é convertido em uréia, sendo que duas moléculas de amônia são convertidos em 1 molécula de uréia. Nessa reação são gastos dois ATPs.

A uréia sintetizada pelo fígado é lançada no sangue e pode seguir diferentes destinos, como retornar ao rúmen via saliva ou pela própria parede do rúmen, por difusão através da parede ruminal. Quando a uréia retorna ao rúmen ela é convertida novamente em NH_3 e pode ser utilizada como fonte de nitrogênio pelas bactérias. Esse mecanismo, denominado de reciclagem do nitrogênio, é extremamente importante para sobrevivência dos ruminantes em condições de dieta deficiente nesse nutriente. Aproximadamente 10-15% do N ingerido é reciclado para o rúmen. A uréia também pode ser excretada na urina por meio de filtração renal ou difundir-se para outros líquidos biológicos, incluindo o leite e secreções do endométrio, graças ao seu baixo peso molecular e à sua alta permeabilidade através das membranas celulares (BUTLER, 1997).

A taxa de degradação ruminal da fonte energética é o principal fator limitante para a utilização de NNP (GABARRA, 2001). A sincronização entre proteínas e energia no rúmen é essencial para maximizar a fermentação ruminal, podendo ser avaliada pela concentração de N uréico no plasma ou N uréico no leite, sendo estas técnicas menos invasivas comparadas às técnicas que utilizam animais fistulados para avaliar a concentração de amônia ruminal. Quando as concentrações de N no plasma ou no leite se encontram acima das concentrações consideradas normais, indica excesso de nitrogênio em relação a um determinado nível de produção em

animais leiteiros, e o contrário, baixas concentrações, indicam falta de nitrogênio.

Dentre as fontes de NNP a ureia é a mais utilizada, devido suas propriedades físico-químicas e seu aspecto econômico (GABARRA, 2001), entretanto sua utilização deve ser realizada com cautela, pois seu excesso pode ocasionar intoxicação por amônia nos animais (WATTIAUX, 1998). A uréia detém características específicas, sendo deficiente em todos os minerais, não possui valor energético próprio, possui elevada solubilidade, e no rúmen é rapidamente convertida em amônia (MAYNARD et al., 1984). Após a ingestão pelo animal, a ureia é hidrolisada pela ação da urease sintetizada pelas bactérias do rúmen, produzindo amônia e dióxido de carbono. A amônia é o composto central para a síntese de proteína no rúmen, sendo esta incorporada na proteína microbiana, principalmente pelas bactérias que degradam carboidratos fibrosos e em menor número pelos protozoários e fungos (SANTOS et al., 2001).

Os alimentos que dispõem de alta energia, baixa proteína e baixos níveis de NNP em sua constituição são fontes alimentares indicadas a serem utilizadas na suplementação animal em associação com a ureia. Como exemplo os grãos de cereais, o melaço, a polpa de beterraba, feno de gramíneas maduras e silagem de milho. Contudo, a ureia não pode ser utilizada em associação com fontes alimentares de rápida degradação proteica, assim como o farelo de soja, farinha de canola, forragens de leguminosas e gramíneas jovens. Além do mais, é fundamental que a adição de ureia, na dieta dos animais, seja realizada de forma progressiva, proporcionando período de adaptação ao aumento de nitrogênio não proteico (WATTIAUX, 1998).

Detmann et al. (2005) ao avaliarem níveis de proteína em suplementos para bovinos a pasto formado por *Brachiaria decumbens* Stapf., no período de transição de um período seco para chuvoso, observaram que a forrageira não apresentou deficiência quantitativa em compostos nitrogenados, contudo houve um baixo aproveitamento desses compostos, devido sua baixa fixação em

proteína microbiana pela utilização de altos níveis de inclusão de ureia e/ou níveis reduzidos de energia de rápida disponibilidade ruminal, devido o deslocamento energético para a síntese hepática de ureia, podendo ocasionar deficiência de proteína metabolizável, conseqüentemente, comprometer o desempenho animal. Tal situação poderia ser revertida com o fornecimento de pequena quantidade de compostos energéticos prontamente fermentáveis no rúmen.

Fato este não observado por Manella et al. (2002) ao fornecer suplementação proteica à bovinos nelores consumindo pastos de *Brachiaria brizantha*, foi verificado baixos níveis séricos de ureia (10,0 mg/dL) para os animais suplementados, não ocasionando desequilíbrio proteína- energia.

Diversos trabalhos já foram conduzidos para verificar o efeito do uso da uréia no desempenho produtivo dos ruminantes e sua viabilidade de utilização em diferentes níveis na dieta. Carmo et al. (2005), ao estudarem o efeito da substituição parcial do farelo de soja por uréia no teor de 2% na matéria seca, na dieta de vacas em terço final da lactação, com produção média de 20 kg/dia, verificaram que essa substituição foi uma alternativa viável, uma vez que, as dietas com uréia não afetaram a produção de leite e os teores de proteína e lactose do leite. Também Imaizumi et al. (2006) concluíram que a utilização de uréia na concentração de 1,3% na matéria seca da dieta, associada ao farelo de soja, foi tão eficiente quanto ao uso exclusivo de farelo de soja, no fornecimento de aminoácidos para a glândula mamária em vacas no final da lactação.

De forma geral, a substituição total ou parcial da fonte de proteína verdadeira por fonte de NNP, como a ureia, pode reduzir o custo com a suplementação proteica (OWENS & ZINN, 1988). Chalupa (1968) revisando trabalhos que avaliaram o uso da uréia na alimentação de ruminantes, sugeriu que a suplementação com ureia é eficiente, desde que não ultrapasse 1/3 do nitrogênio total ou 1% da matéria seca total da dieta. No entanto, trabalhos mais recentes, como os citados anteriormente, já verificaram uso eficiente da ureia na concentração de 2% da

matéria seca total.

PROTEÍNA VERDADEIRA

Diferentemente dos compostos nitrogenados, as proteínas verdadeiras são formadas por aminoácidos unidos entre si através de ligações peptídicas. As principais fontes de proteína verdadeira utilizadas comercialmente no Brasil para alimentação de ruminantes são o farelo de soja, a soja em grãos, o farelo de algodão, o resíduo de cervejaria, o farelo de glúten de milho e o farelo de amendoim, farelo de mamona e farelo de girassol. (CLARINDO, 2006).

Os microrganismos ruminais adquirem a maior parte da sua energia, através da fermentação de carboidratos. Dentre as bactérias presentes no rúmen, existem as que degradam carboidratos fibrosos e não fibrosos. Os microrganismos que fermentam celulose e hemicelulose (carboidratos fibrosos) crescem mais lentamente e utilizam amônia para sintetizarem proteína; ao contrário, os microrganismos que fermentam açúcares, amido e pectina (carboidratos não fibrosos), crescem mais rapidamente em relação aos anteriores e utilizam amônia, peptídeos e aminoácidos para sintetizarem proteína (RUSSELL et al., 1992). Essas bactérias necessitam de proteína verdadeira (aminoácidos e peptídeos) como fonte energética para manutenção e crescimento, com ótimo desenvolvimento. A proteína verdadeira, também é fonte de aminoácidos de cadeia ramificada, isoácidos, que são fatores de crescimento para bactérias celulolíticas (KOZLOSKI, 2002).

Os microrganismos que fermentam amido, pectina e açúcares podem utilizar amônia, mas necessitam dos aminoácidos como fontes de nitrogênio, o que constitui em um dos motivos de limitar o NNP da PDR. A determinação da fração proteica dos alimentos é realizada através da subtração do teor de NNP do N total (FOX et al., 2003).

PROTEÍNA DEGRADÁVEL NO RÚMEN (PDR)

A proteína degradável no rúmen é considerada a proteína que está

disponível para microrganismos ruminais para síntese de proteína microbiana (PMic), sendo que a maior parte da PDR se transforma em amônia e uma pequena parte é transformada em aminoácidos e pequenos polipeptídeos que também são utilizados pelos microrganismos (KOZLOSKI, 2002).

As fontes proteicas de alta degradabilidade podem ter melhor aproveitamento quando associadas a fontes energéticas, também, de alta degradabilidade ruminal, pois, nessa situação, a sincronização da disponibilidade ruminal de energia e nitrogênio pode permitir maior eficiência no processo microbiano de fixação da amônia na forma de glutamato, diminuindo as perdas de nitrogênio e energia (NOCEK & RUSSEL, 1988)

O uso de proteína de baixa degradabilidade promove baixa disponibilidade de nitrogênio para as bactérias, o que irá interferir no crescimento microbiano (LANA, 2005). Em consequência, haverá redução do consumo pelos animais, pois as bactérias celulolíticas responsáveis pela degradação de fibra não se desenvolverão, ocasionando redução na taxa de passagem, aumento do enchimento ruminal, e conseqüentemente redução na ingestão de matéria seca (MEDEIROS, 2006). Porém, o excesso de proteína degradável na dieta pode ocasionar excesso de amônia no rúmen superando a capacidade de utilização desta pela microbiota ruminal (NETO et al., 2008).

As fontes proteicas variam quanto à solubilidade ruminal, assim como quanto à taxa de degradação. A adequação da dieta em PDR é essencial para maximizar a atividade microbiana e conseqüentemente a produção de proteína microbiana. As fontes de PDR mais comuns são de origem vegetal, como os farelos de soja (com aproximadamente 75% PDR), girassol e algodão, além de subprodutos como, por exemplo, o farelo proteinoso de milho.

O uso de alimentos com fonte de proteína degradável pode ser substituído parcialmente por fontes de NNP, como por exemplo, a ureia. A ureia tem aproximadamente 42 a 46,7 % de N, o equivalente a 262 a 292 % de PB, em

média, utiliza-se o fator de 281 280% de PB. A ureia é amplamente utilizada na formulação de dietas para bovinos de corte e leite com dois objetivos primordiais; o primeiro é a redução de custos pela substituição parcial de fontes proteicas vegetais e, segundo, fornecer quantidades adequadas de proteína degradável no rúmen, para melhor eficiência de digestão da fibra e síntese de proteína microbiana (SOUZA, 2006).

Imaizumi et al. (2002) avaliaram quatro dietas com diferentes teores proteicos e fontes de proteína, (farelo de soja com 10,5% de PB na dieta, com ureia com 10,5% de PB, com farelo de soja com 13,70% PB e farelo de soja mais ureia com 13,70% de PB na dieta) sobre o consumo e eficiência alimentar, produção de leite, teores e produções de proteína e sólidos totais, foi verificado que houve aumento no consumo de alimento com a elevação no teor de proteína bruta de 10,5 % PB para 13,70% PB na dieta, os autores explicitaram que este fato deve-se, de modo geral, a uma maior atividade fermentativa no rúmen, gerando maior produção de proteína microbiana e maior produção de ácidos graxos voláteis. Contudo, não houve diferença entre as fontes proteicas testadas (ureia e farelo de soja) quanto ao consumo de alimento e produção de leite de vacas em final de lactação, produzindo entre 12 e 13 kg/dia de leite, sugerindo que para vacas com esse nível de produção, o farelo de soja pode ser totalmente substituído pela ureia.

A silagem possui alto teor de NNP, o que pode ser explicado pela forma a qual é conservada, sendo realizada através da fermentação. Como o processo de fermentação ocorre devido à ação de microrganismos, e estes apresentam em sua estrutura grandes quantidades de NNP. Além disso, existe a possibilidade de ocorrer hidrólise, nos casos de má conservação, ocasionando aumento da concentração de amônia (MEDEIROS, 2006).

Silva (2010) em estudo utilizando cordeiros machos Santa Inês, com tratamentos de dietas constituídas de 40% de silagem de milho e 60% de concentrado, contendo quatro níveis PDR (9,15; 9,97; 10,79 e 11,61%, na MS) correspondentes a 14,25; 15,50; 16,75 e 18,00% de PB, observou que a utilização

de níveis crescentes de proteína degradável no rúmen não promoveu modificações no consumo e na digestibilidade aparente total dos nutrientes, bem como para o peso vivo ao abate, ganho de peso total, ganho médio diário, conversão alimentar e características de carcaça (peso, ganho e rendimento). Tais resultados foram atribuídos devido ao atendimento das exigências nutricionais dos animais, promovido por esses nutrientes. Indicando, desse modo que se pode utilizar o nível mais baixo de PDR (9,15% na MS com 14,25% de PB), reduzindo a excreção de nitrogênio no ambiente e os custos no sistema de produção.

A degradabilidade da proteína pode ser determinada a partir da coleta de digesta pós-ruminal, técnica *in vivo*, com uso de sacos de nylon, *in situ*, pela taxa de saída de proteína do rúmen, *in vivo*, e estimativa laboratorial da degradabilidade, *in vitro* (ORSKOV et al., 1982). Estudos conduzidos por Branco et al., (2006) avaliaram por meio das técnicas *in situ* e *in vitro*, a digestibilidade intestinal verdadeira do farelo de soja (1,5 mm a 2,5 mm) dentre outros alimentos de diferentes classes. Foi observado que o farelo de soja apresentou elevada degradação ruminal, com 78,5% de PDR, e digestibilidade intestinal verdadeira de 91,5%. Os autores ressaltaram que os grãos de soja 1,5 e 2,5 mm apresentaram alta degradação ruminal, comprovando que, em dietas nas quais são utilizadas, devem ser fornecidas também fontes energéticas de rápida fermentação para que não haja perda de proteína.

PROTEÍNA NÃO DEGRADÁVEL NO RÚMEN (PNDR)

A proteína não degradada no rúmen, como o próprio nome sugere, não sofre fermentação ruminal sendo digerida e absorvida no intestino delgado. As principais fontes ricas em PNDR utilizadas no Brasil são farelo de soja tostado, farelo de soja tratado quimicamente, farelo de soja expeller, farelo de glúten de milho, farelo de grãos destilados, resíduo de cervejaria, farinha de carne e ossos, farinha de sangue, farinha de penas e farinha de peixes. No entanto, após a detecção de casos de Encefalopatia

Espongiforme Bovina “Doença da Vaca Louca” foi proibido à utilização de alimentos de origem animal, na dieta de ruminante, a partir de então.

Pesquisas conduzidas nos anos 60 mostraram que o rúmen foi capaz de suprir toda a proteína necessária para a produção de até 4.500 kg de leite/lactação de vacas recebendo ureia como única fonte de N (STONE et al., 1960). Entretanto, o potencial genético dos rebanhos atuais mantidos em sistemas de confinamento total, tem crescido de forma expressiva desde a década de 60, com rebanhos atualmente com produções médias por vaca/ano entre 9.000 a 14.000 kg/leite. Isso tem exigido avanços cada vez maiores no conhecimento da nutrição proteica de vacas leiteiras.

Em animais com grande potencial genético para aumento de produção, é importante que maior quantidade de proteína da ração escape da fermentação ruminal, podendo ser digerida no intestino, porém, sem que haja limitação de nitrogênio para a síntese microbiana no rúmen. Lembrando que, a qualidade da proteína que escapa do rúmen e chega ao intestino é de extrema importância. Uma vez que, o perfil de aminoácidos essenciais da proteína que chega ao intestino é tão importante quanto à quantidade dessa proteína para que se possa otimizar o desempenho animal.

Compilação de diversos estudos realizados em 12 anos sobre a utilização de proteína sobrepassante na dieta de vacas em lactação foi feita por Santos et al. (1998). De modo geral, esses estudos revelaram inconsistências nos resultados quando os suplementos proteicos com alta concentração em PNDR substituíram de maneira parcial ou total fontes de proteínas convencionais, tais como o farelo de soja. As possíveis razões para a falta de resposta ao aumento de PNDR na dieta foram: redução na síntese de proteína microbiana no rúmen; as fontes de PNDR eram pobres em aminoácidos essenciais; baixa digestibilidade das fontes de PNDR no intestino delgado e as dietas-controle não tinham quantidades suficientemente altas de proteína degradável no rúmen (PDR).

Baseado em resultados de diversos estudos fica claro que, para ter êxito com a suplementação proteica rica em PNDR,

é necessário realizar o balanceamento adequado da dieta em PDR, para não limitar a síntese microbiana e utilizar fontes que melhorem ou pelo menos não piorem o perfil de aminoácidos essenciais que chega ao intestino, especialmente em relação à lisina e metionina, que são os principais aminoácidos limitantes para produção. No entanto, a maioria das fontes ricas em PNDR é deficiente em um desses dois aminoácidos e, às vezes, em ambos.

Trabalhos mais recentes (POPPI & McLENNAN, 1995; COSTA et al., 2011; LAZZARINI, 2011; BATISTA, 2012), tem mostrado que a inclusão de fontes de PNDR, pode auxiliar na ampliação do suprimento de proteína metabolizável ao animal e elevar a disponibilidade de compostos para reciclagem ao ambiente ruminal. No entanto, a suplementação com PNDR é menos eficiente em manter o nível de nitrogênio amoniacal adequado em comparação ao suprimento direto de PDR.

PROTEÍNA MICROBIANA E PROTEÍNA METABOLIZÁVEL

A proteína microbiana é produzida pelos microrganismos ruminais a partir da utilização das fontes de energia fermentável dos alimentos e fonte de N (aminoácidos, peptídeos ou amônia) oriundos da degradação ruminal dos alimentos (VAN SOEST, 1994). Apresenta uma composição aminoacídica semelhante à proteína dos tecidos do próprio animal, assim como da proteína presente no leite, podendo suprir de 50 a 100% da proteína metabolizável exigida para ruminantes, sendo considerada fonte de boa qualidade, em relação à sua digestibilidade intestinal (em torno de 80%) e ao seu perfil em aminoácidos (NRC, 2001).

Os microrganismos ruminais dependem de esqueletos de carbono, disponibilidade de energia e de um concomitante fornecimento de amônia e peptídeos para que haja síntese microbiana. É essencial que haja carboidratos disponíveis no rúmen, por terem efeito sobre a utilização dos compostos nitrogenados, pois as bactérias ruminais podem incorporar os aminoácidos e fermentá-los como fonte

de energia (PEREIRA et al., 2005). Neste contexto, o fornecimento de energia, usualmente, é o primeiro fator limitante do crescimento microbiano ruminal (PINA et al., 2010). Uma vez que, depende da transferência de energia da fermentação de carboidratos para a síntese de proteína microbiana.

A avaliação da produção de proteína microbiana é dificultada por relacionar três populações diversas, sendo elas, bactérias, protozoários e fungos, que estão em constante alteração devido às pressões de seleção em seu *habitat*. As técnicas de mensuração da síntese de proteína microbiana podem ser segregadas em duas categorias, sendo elas, a determinação direta através da contagem de microrganismos, e a determinação indireta, sendo esta determinada através de marcadores internos com o uso de indicadores presentes nos microrganismos, como o RNA e algumas substâncias próprias destes organismos, e marcadores externos, através da incorporação pelos microrganismos de substâncias externas, como os elementos ¹⁵N (nitrogênio) e ³⁵S (enxofre) (PINA et al., 2010).

A proteína metabolizável é definida como proteína verdadeira digestível (aminoácidos e peptídeos), absorvida no intestino delgado, oriunda da proteína microbiana, proteína não degradável no rúmen e proteína endógena (secreções e descamações de epitélio) (NRC, 2001; VALADARES FILHO & PINA et al., 2006; ORSKOV, 1982). É a proteína disponível para o metabolismo do animal. Em ensaios de digestibilidade *in vivo* é possível quantificar a proteína metabolizável através da mensuração do consumo de nitrogênio e das perdas de nitrogênio na urina e fezes.

O perfil de AAs da proteína microbiana é semelhante ao perfil da proteína do leite e tecidos. Portanto, otimizar a síntese de proteína microbiana continua sendo a pressuposição básica da nutrição de ruminantes (ALVES, 2004).

A otimização da síntese de proteína microbiana no rúmen indica o uso eficiente da PDR ingerida, menor perda de amônia ruminal e menor excreção de ureia, menor necessidade de PNDR na ração e maior fluxo de proteína metabolizável com melhor perfil de

aminoácidos essenciais para o intestino. Para que se possa elevar a síntese de proteína microbiana no rúmen é importante garantir as seguintes condições: fornecer fonte de forragem de alta qualidade para garantir ingestão total de matéria seca, ambiente ruminal em termos de pH e geração de energia proveniente da fermentação de fibra em detergente neutro (FDN) de alta qualidade; fornecer fontes de carboidratos não fibrosos (CNF) de alta fermentabilidade ruminal, respeitando limites máximos de CNF totais em relação aos teores de FDN e de FDN de forragem ou FDN fisicamente efetiva da dieta; balancear a dieta em CNF não apenas no tocante ao seu teor total, mas também quanto à sua composição em carboidratos, ou seja, monitorar o teor específico e a degradabilidade ruminal do amido presente na fração CNF das dietas e garantir o suprimento adequado de PDR (peptídeos, aminoácidos e amônia) para os microrganismos ruminais.

DEGRADAÇÃO DA PROTEÍNA NO TRATO GASTROINTESTINAL DOS RUMINANTES

A digestão nos compartimentos gástricos e nos segmentos iniciais do intestino delgado tem como função reduzir as formas poliméricas complexas em substâncias simples (peptídeos e aminoácidos) para que, então possam ser assimilados ao longo do trato gastrointestinal. Os processos de digestão e fermentação realizados pelos microrganismos ruminais fornecem os produtos finais da fermentação (ácidos graxos voláteis), que são utilizados como fonte de energia, a massa microbiana por sua vez representa uma fonte de aminoácidos para o hospedeiro, devido sua constituição proteica (PEREIRA et al., 2005).

A degradação da proteína no rúmen ocorre por meio da ação de enzimas (proteases, peptidases e deaminases) secretadas pelos microrganismos ruminais. Esses microrganismos degradam a fração PDR da proteína da ração e utilizam peptídeos, aminoácidos e amônia para a síntese de proteína microbiana e multiplicação celular (SILVA, 2010). A proteína ingerida pelo

ruminante pode passar para o abomaso sem sofrer ação dos microrganismos ou ser degradada no rúmen, onde as ligações peptídicas são hidrolisadas (proteólise) e os peptídeos e aminoácidos liberados são utilizados para a síntese de proteína microbiana ou de aminados, produzindo amônia e ácidos graxos voláteis (AGV) (SANTOS et al., 1998).

O primeiro procedimento para que se efetive a proteólise dos compostos dietéticos é a adsorção, ou da proteína solúvel à superfície bacteriana (MANGAN, 1972) ou da bactéria à partícula insolúvel de proteína (BRODERICK et al., 1982), o que confirma a não necessidade da total solubilização da fração proteica para que ocorra o ataque microbiano. No caso de protozoários, o contato inicial ocorre pelo engolfamento de pequenas partículas de proteínas (SANTOS et al., 2001).

Diversos fatores afetam a extensão da degradação da proteína no rúmen, tais como sua composição química e física, atividade proteolítica microbiana, acesso microbiano à proteína, o pH ruminal, o processamento do alimento e a temperatura ambiente. (SANTOS et al., 2001). Sendo que a competição entre a taxa de passagem e de degradação apresentam efeitos significativos.

A proteína microbiana e a PNDR que saem do rúmen seguem para o abomaso onde vai ocorrer liberação de pepsina e lisozimas. As lisozimas hidrolizam os componentes da parede celular bacteriana, e assim auxilia na digestão das proteínas microbianas provenientes do rúmen. No intestino delgado, o pâncreas secreta as formas inativas de tripsina, quimotripsina e elastase (endopeptidases) e carboxipeptidases. A tripsina é ativada pela enteroquinase (proteína presente na membrana luminal dos enterócitos), a tripsina por sua vez ativa as demais enzimas. O produto final de ação dessas enzimas são aminoácidos e pequenos peptídeos que são absorvidos pela parede do intestino (REECE, 1996).

ANÁLISE BROMATOLÓGICA DA PROTEÍNA DOS ALIMENTOS

A deficiência proteica ou desbalanceamento desse nutriente na dieta pode provocar elevação nos custos

de produção e trazer impactos ambientais. Desta forma, a estimativa correta do teor nos alimentos permite adequação na utilização de fontes nitrogenadas. Dentre os métodos mais utilizados para mensurar a proteína bruta dos alimentos estão o método Kjeldahl e o Dumas.

O método Kjeldahl consiste de três etapas distintas, digestão, destilação e titulação. No processo de digestão, o nitrogênio orgânico é transformado em amônia (NH_4) e os compostos orgânicos são convertidos em água e gás carbônico (LOPES & SANTANA, 2005). O processo de digestão que dura entre 2 a 4 horas é realizado em temperatura próxima a 400°C , com ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado e mistura catalítica, composta de sulfato de sódio ou potássio, que aumenta o ponto de ebulição do ácido sulfúrico, e sulfato de cobre pentaidratado.

Durante a destilação, o sulfato de amônio é tratado com hidróxido de sódio (NaOH) para que ocorra a liberação da amônia. Após a amônia liberada, realiza-se a titulação com solução de HCl 0,1N até que haja a mudança da cor do indicador (SILVA & QUEIROZ, 2002). Esta análise não permite diferenciar o nitrogênio que constitui a proteína verdadeira daquele constituinte do nitrogênio não proteico (NNP), por isso atribuiu-se ao resultado da análise o termo proteína bruta (PB).

O teor de PB é determinado a partir da multiplicação do teor de N total da amostra pelo fator de transformação do nitrogênio ($\text{N} \times 6,25$) (VAN SOEST, 1994). O valor 6,25 baseia-se no fato de que em média o nitrogênio dos alimentos corresponde a 16% do peso da proteína (LANA, 2005).

O método de Dumas consiste na queima completa da matéria orgânica em temperatura de $700-750^\circ\text{C}$ utilizando como catalisador o óxido cúprico na presença de oxigênio. Todo o nitrogênio presente na amostra é transformado em gás de NO_2 , sendo posteriormente reduzidos a N_2 , que liberado, é determinado por condutividade térmica (LOPES & SANTANA, 2005). Esse método apesar de apresentar maior custo, tem sido adotado ultimamente pelos laboratórios pela menor contaminação ambiental quando comparado ao método Kjeldahl.

O sistema CNCPS (Cornell Net Carbohydrat and Protein System) apresenta um procedimento mais complexo para determinar a PDR e PNDR dos alimentos. Esse modelo utiliza reagentes químicos para determinar as frações proteicas que são divididas em cinco: A, B₁, B₂, B₃ e C. A fração A é constituída de compostos nitrogenados de natureza não proteica (NNP) que é instantaneamente solubilizada e sua taxa de degradação tende ao infinito, sua determinação química é realizada como a proporção da proteína solúvel em solução de tampão borato-fosfato que não precipita em ácido tricloroacético (TCA). A fração C representa a proteína que está ligada a FDA e não é degradada no rúmen, contém proteínas associadas à lignina, taninos e produtos da reação de Maillard, sendo conhecida como proteína insolúvel em detergente ácido, ou PIDA. A fração B representa a fração potencialmente degradável e é dividida em três frações de acordo com suas taxas de degradação, sujeitas aos efeitos de passagem. A fração B₁ representa a fração da proteína solúvel em tampão borato-fosfato, mas que precipita em TCA (rapidamente degradada no rúmen). A fração B₃ é calculada como a diferença entre a fração da proteína recuperada no resíduo insolúvel em detergente neutro (FDN) e a recuperada no resíduo insolúvel em detergente ácido (FDA). Essa fração representa a proteína potencialmente degradável existente na parede celular das plantas, sendo lentamente degradada no rúmen. A fração B₂ representa a fração de proteína insolúvel em tampão-borato presente no conteúdo celular, sendo obtida pela diferença entre o valor total da proteína do alimento e a soma das frações A, B₁, B₃ e C e apresenta taxa de degradação intermediária (LICITRA et al., 1996).

No entanto, nos últimos anos tem se adotado somente quatro frações proteicas (A, B₁, B₂ e C) em vez de cinco (A, B₁, B₂, B₃ e C), devido às frações B₁ e B₂ encontrarem-se no conteúdo celular e se comportarem de forma nutricional uniforme. (VAN SOEST, 1994; BRODERICK, 1995; FAVORETO et al., 2008). Além disso, as técnicas laboratoriais utilizadas nesse fracionamento são mais simples, tornando

tais procedimentos mais acessíveis às análises de rotinas nos laboratórios.

Os carboidratos totais são classificados em quatro frações, de acordo com suas taxas de degradação no rúmen: Fração A - açúcares solúveis prontamente degradados e que apresentam taxa de digestão de 250 a 500%/h; Fração B₁ - compreende os carboidratos não-fibrosos (amido e pectina) com fermentação intermediária de 30 a 70%/h; Fração B₂ - compreende os carboidratos fibrosos, celulose e hemicelulose, com lenta taxa de degradação (3 a 20%/h); Fração C - parte indegradável dos componentes fibrosos presentes na parede celular, composta principalmente pela lignina (NRC, 1996).

O CNCPS enfatiza a necessidade da sincronização na degradação de compostos nitrogenados e carboidratos no rúmen, para que se obtenha a máxima eficiência de síntese de proteína microbiana, bem como redução nas perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal. Através de modelos mecanicistas é possível estimar a quantidade de proteína microbiana sintetizada, escape ruminal de nutrientes e proteína metabolizável, a partir dos dados relativos às frações de carboidratos e proteínas e suas respectivas taxas de degradação ruminal (RUSSEL et al., 1992).

Alimentos com altas proporções das frações proteicas A e B₁, e com as respectivas taxas de digestão elevadas, podem ocasionar grandes perdas de amônia, quando não suplementados com fontes de carboidratos de rápida degradação ruminal. Nesse sentido, para que ocorra eficiente síntese microbiana no rúmen, torna-se necessário bom sincronismo na fermentação de proteínas e carboidratos, com o objetivo de se obter melhorias no desempenho animal (NOCEK & RUSSELL, 1988).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento sobre a importância e função das proteínas degradáveis no rúmen e proteínas não degradáveis no rúmen, é essencial para sua utilização nas dietas para ruminantes, podendo diminuir os custos das rações, e

a excreção de nitrogênio para o meio ambiente.

Por meio do conhecimento das frações que compõe a proteína e suas respectivas taxas de degradação é possível formular dietas com objetivo de maximizar o sincronismo de degradação entre carboidratos e proteína e dessa forma promover aumento na eficiência de síntese microbiana.

Nutritional aspects of protein utilization by ruminants

ABSTRACT

The objective of this review is approach the use sources of degradable protein and non degradable in rumen, thus like the nitrogen compounds non-proteinaceous, in ruminants nutrition. The animal nutrition proves as target of large studies because your fundamental contribution in animal production, besides being the biggest fact more costly inside the productive system. In nutrition the protein has a key role in meet metabolic demands of the animals, making your development and production of agree the physiological limits. However an important fact the nutrients are cross-linked, then don't just the protein, but the carbohydrates and energy sources should be considered too, for a effective utilization by animals. The ruminants, specifically, are anatomically adapted for utilization of nitrogen compounds non-proteinaceous source, this characteristic favors the use of foods more affordable relative to the real protein foods. However, the inclusion this source in feeding should be performed according the production system situation, ensuring a better nutritional support, and consequently superior animal performance. Knowledge about the importance and function of rumen degradable protein and rumen undegradable protein is essential for their use in ruminant diets, which may reduce the cost of feed, and the excretion of nitrogen in the environment. Through knowledge of fractions that compose the protein and their degradation rates can be formulated diets in order to maximize the degradation synchronism of carbohydrates and protein and thus promote increased

efficiency of microbial synthesis.

Keywords: Microorganisms. Nutrition. Non-protein nitrogen. Ruminant

REFERÊNCIAS

ALVES, D., Nutrição aminoacídica de bovinos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n. 3, p. 265-271, 2004.

BATISTA, E.D. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade**. 2012. 51f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BRANCO, A. F. et al. Digestibilidade Intestinal Verdadeira da Proteína de Alimentos para Ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n.4, p.1788-1795, 2006.

BRODERICK, G.A. Methodology for the determining ruminal degradability of feed proteins In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa: DZO, 1995, p.139-176.

BRODERICK, G.A. Estimation of protein degradation using in situ and in vitro methods. In: OWENS, F.N. (Ed.). **Protein requirements for cattle: symposium**. Stillwater: Oklahoma State University, 1982. p.72-80.

BUTLER, W.R Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology, **Journal Dairy Science**., v. 80, n. 1, p.138, 1997.

CARMO, C.A. SANTOS, F.A.P., IMAIZUMI, H., PIRES, A.V., SCOTON, R.A. Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia para vacas em final de lactação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, p.277-286, 2005

CHALUPA, W. Problems in feed urea to ruminants. **Journal of Animal Science**, v.27, p. 207-219, 1968.

CLARINDO, R. L. **Fontes Energéticas e Proteicas para Bovinos Confinados em**

Fase de Terminação. 2006. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

COSTA, V.A.C., DETMANN, E., PAULINO, M.F., VALADARES FILHO, S.C., CARVALHO, I.P.C., MONTEIRO, L.P. Digestibilidade parcial e total 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, p. 2815-2826, 2011.

DETMANN, E. et al. Níveis de Proteína em Suplementos para Terminação de Bovinos em Pastejo Durante o Período de Transição Seca/Águas: Digestibilidade Aparente e Parâmetros do Metabolismo Ruminal e dos Compostos Nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.4, p.1380-1391, 2005.

FAVORETO, M.G.; DERESZ, F.; FERNANDES, A.M. et al. Avaliação nutricional da grama-estrela cv. Africana para vacas leiteiras em condições de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p. 319-327, 2008.

FOX, D. G., Sistema de carboidratos e proteínas 'líquidos' para avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes (CNCPS Versão 5.0): documentação do Modelo CNCPS/ Danny Gene Fox ... [et al.]; **Tradução de Fernando César Ferraz Lopes** ... [et al.] - Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 202p

GABARRA, P. R. **Digestibilidade de Nutrientes e Parâmetros Ruminais e Sanguíneos de Novilhos Nelore Alimentados com Fontes Protéicas e Energéticas com Diferentes Degradabilidades Ruminais.** 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

IMAIZUMI, H. et al. Avaliação de diferentes fontes e teores de proteína na dieta sobre o desempenho, fermentação

ruminal e parâmetros sanguíneos de vacas da raça Holandesa em final de lactação. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24, n.4, p.1031-1037, 2002.

IMAIZUMI, H., SANTOS, F.A.P., PIRES, A. V., JUCHEM, S. O. Fontes protéicas e de amido com diferentes degradabilidades ruminais para alimentar vacas leiteiras. **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira.**, Brasília, v.41, n.9, p.1413-1420, 2006.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes.** Santa Maria: UFSM, 2002.140p.

LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades).** Viçosa: UFV, 2005. 344 p.

LAZZARINI, I. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante os períodos de seca e águas suplementados com compostos nitrogenados e/ou amido.** 2011. 66f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.

LOPES, D.C.; SANTANA, M.C.A. **Determinação de proteína em alimentos para animais: métodos químicos e físicos.** Viçosa: UFV, 2005. 98p.

MANGAN, J.L. Quantitative studies on nitrogen metabolism in the bovine rumen. The rate of proteolysis of casein and ovalbumin and the release and metabolism of free amino acids. **British Journal Nutrition**, v.27, p.261-272, 1972.

MANELLA, M. Q.; LOURENÇO, A. J. ; LEME, P. R. Recria de Bovinos Nelore em Pastos de *Brachiaria brizantha* com Suplementação Proteica ou com Acesso a Banco de Proteína de *Leucaena leucocephala*. **Desempenho Animal. Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.6, p.2274-2282, 2002.

MARCONDES, M. I. et al. Exigências Nutricionais de Proteína para Bovinos de Corte. In: VALADARES FILHO. et al. 2ª Ed. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR- Corte**. 2010. p.113 - 134.

MAYNARD, L.A., LOOSLI, J.K., HINTZ, H.F., WARNER, R.G. **Animal Nutrition**. Trad. FIGUEIREDO F.º. A.B.N. 3º ed. Rio de Janeiro. Freitas Bastos, 1984. p. 736.

MEDEIROS, S.R. Valor nutricional dos alimentos. **Curso Agripoint Consultoria Ltda**. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br>> Acesso em: 06/2006.

NETO, S. F. C. et al. Proteína Degradável no Rúmen na Dieta de Bovinos: Digestibilidade Total e Parcial dos Nutrientes e Parâmetros Ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1094 – 1102, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of domestic animals**. 7 th revised edition. Washington: National Academy Press, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington: Academic Press, 2001.381p.

NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relation of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2070-2107, 1988.

ØRSKOV, E.R. **Protein nutrition in ruminants**. London: Academic, 1982. 160p.

OWENS, F.N, ZINN, R. Protein Metabolism of Ruminant Animals. In: CHURCH, D.C. (Ed). The Ruminant animal digestive physiology and nutrition. Inglewood Cliffs, New Jersey, 1988. P.227.

PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Exigências nutricionais de Zebuínos:

Proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.759-769, 2004.

PEREIRA, M. N. **Proteína Verdadeira e Nitrogênio Não Proteico**. 2003. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/nutricao/proteina-verdadeira-e-nitrogenio-nao-proteico-16975n.aspx>> Acesso em: 20 jan. 2013.

PEREIRA, M.L.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Consumo, digestibilidade aparente total, produção e composição do leite em vacas no terço inicial da lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta no concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.1029-1039, 2005.

PINA, D. S. et al. **Degradação Ruminal da Proteína dos Alimentos e Síntese de Proteína Microbiana**.2010.Disponível em: http://cqbal.agropecuaria.ws/webcqbal/brcorte/brcorte2010_port/2_Degradabilidade_proteina.pdf. Acesso em: 21 dez. 2012.

POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.

PRATT, C.W.; CORNELLY, K. Membranas biológicas. In: **Bioquímica Essencial**. 326 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006, cap.8, p.221-249.

REECE W.O. **Fisiologia de animais domésticos**. 1ª . ed. Editora Roca Ltda,São Paulo-SP. 351p. 1996.

RUSSEL,J.B., ONODERA,R., HINO,T. **Ruminal protein fermentation: News perspectives on previous contradictions**. . In: TSUDA,T., SASAKI,Y., KAWASHIMA,R. (Ed.) Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. New York, Academic Press, p. 681- 697, 1991.

RUSSELL, B.J.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, n.12, v.70, p.3551-3581, 1992.

SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B. et al. Effects of rumenundegradable protein no dairy cow performance: a 12 year literature review. **Journal Dairy Science**, v.81, p.3182-3213, 1998.

SANTOS, G. T.; CAVALIERI, F. L. B.; MODESTO, E. C. **Recentes Avanços em Nitrogênio Não Protéico na Nutrição de Vacas Leiteiras**. Anais 2 Simpósio Internacional em Bovinocultura de Leite: Novos Conceitos em Nutrição. Universidade Federal de Lavras, 2001, p. 199-228.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2002. 235p.

SILVA, J. L. **Níveis de Proteína Degradável no Rúmen em Dietas para Cordeiros**. 2010. p.62. (Dissertação para Magister Scientiae).Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.Diamantina, MG. 2010.

SOUZA, A. A. **Proteína Degradável no Rúmen e Nitrogênio Não Protéico na Formulação de Suplementos**. 2006. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/nutricao/proteina-degradavel-no-rumen-e-nitrogenio-nao-proteico-na-formulacao-de-suplementos-32296/>> Acesso em: 21 dez. 2012.

STONE, J. B.; TRIMBERGER, G. W.; HENDERSON, C. E.; REID, J. T.; TURK, K. L.; LOOSLI, J. K. Forage intake and efficiency of feed utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.43, n.9, p.1275-1281, 1960.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação Ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds). **Nutrição de Ruminantes**. 2006.p.151-182.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

WATTIAUX, M.A. **Essenciais em Gado de Leite: Metabolismo de Proteína em**

Bovinos de Leite. Madison: Instituto Babcock para Pesquisa e Desenvolvimento da Pecuária Leiteira Internacional, 1998. 4p.