PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Importância da sincronização do complexo proteína/energia na alimentação de ruminantes

Evanilton Moura Alves[1], Márcio dos Santos Pedreira[2], Carlos Alberto Santana de Oliveira[3], Diego Nobre Ferreira[4], Beatriz Silva Moreira[4], Leile Daiane Ribeiro Freire[4]

[1] Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção e Nutrição de Ruminantes – UESB/Itapetinga. Bolsista da CAPES. e-mail: alveszootec@gmail.com

[2] Professor titular - Departamento de Tecnologia Rural e Animal – UESB;

[3] Zootecnista – Mestre em Produção e Nutrição de Ruminantes;

[4] Graduando em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Resumo

O objetivo dessa revisão é abordar a sincronização entre proteína e energia, por meio do estudo de fatores relacionados com a ingestão de matéria seca, digestibilidade, eficiência microbiana, uso de uréia protegida, quantidade mínima e máxima de nitrogênio não protéico para síntese de proteína microbiana, nitrogênio perdido na urina através da uréia, otimização do uso de carboidratos não fibrosos, taxa de degradação dos carboidratos, processamento dos alimentos e nível de concentrado na dieta de ruminantes para produção de carne e leite. O aumento na eficiência microbiana permite aumento na disponibilidade de proteína microbiana para ser absorvida no

intestino, suprindo, assim, as exigências de produção dos animais. A digestão dos ruminantes envolve constante atividade simbiótica dos microrganismos ruminais com hospedeiro, que são altamente susceptíveis às alterações do meio, afetando não só a extensão da degradação dos componentes dos alimentos, mas também as quantidades e proporções dos produtos resultantes da ação destes. O conhecimento das frações de proteína e carboidratos é de suma importância para a sincronização proteína/energia na alimentação dos ruminantes, gerando resultados satisfatórios no desempenho e eficiência produtiva animal, avanços na formulação das dietas, a predição do desempenho animal e o planejamento e controle do sistema de produção.

Palavras-chave: alimentos alternativos, carboidratos solúveis, nutrição avançada, proteína degradável no rúmen.

Importance of synchronization of complex protein / energy in feed for ruminants

Abstract

The objective of this review is to address synchronization between protein and energy, through the study of factors related to dry matter intake, digestibility, microbial efficiency, use of urea protection, minimum and maximum amount of non-protein nitrogen to microbial protein synthesis , nitrogen lost through the urine urea, optimizing the use of non-fiber carbohydrates, the rate of degradation of carbohydrates, food processing and level of concentrate in the diet of ruminants to produce meat and milk. The increase in microbial efficiency to increase the availability of microbial protein to be absorbed in the intestine, supplying, so the production needs of animals. The digestion of ruminants involves constant activity of rumen microorganisms symbiotic with the host, which are highly susceptible to environmental alterations, affecting not only the extent of degradation of food components, but also the quantities and proportions of the products resulting from such action. Knowledge of fractions of protein and carbohydrates is of paramount importance for the synchronization protein / energy in ruminant feed, generating satisfactory

performance in animal production efficiency and advances in the formulation of diets, prediction of animal performance and planning and control system production.

Keywords: alternative foods, soluble carbohydrates, advanced nutrition, rumen degradable protein.

INTRODUÇÃO

A utilização de fontes alternativas de proteína na alimentação de ruminantes é importante, uma vez que fontes convencionais são concorrentes com a alimentação humana. A uréia destaca-se como fonte de nitrogênio não-protéico, sendo bastante utilizada na alimentação desses animais, apesar de sofrer limitações devido à sua baixa aceitabilidade, sua segregação quando misturada com outros ingredientes e sua alta toxicidade, que é agravada pela elevada solubilidade no rúmen.

Os microrganismos do rúmen têm capacidade de transformar o nitrogênio da dieta em proteína de boa qualidade, por meio de microrganismos presentes no rúmen. O nitrogênio tanto pode vir de proteínas verdadeiras (Ex.: farelo de soja, farelo de algodão, forragens, outros) quanto de alguns compostos inorgânicos (compostos nitrogenados não-protéicos), como uréia, biureto e ácido úrico.

A substituição das fontes convencionais de proteína pela uréia se torna possível em virtude da capacidade dos microrganismos ruminais de converter NNP em proteína de alto valor biológico. A capacidade das bactérias para utilizarem o nitrogênio não-proteico (NNP) vai depender, primariamente, da quantidade e do nível de degradação da energia fornecida ao animal (carboidratos) e da capacidade de crescimento da população de microrganismos, mas existe um limite para o crescimento microbiano, o qual, teoricamente, depende da ingestão de energia.

Quando a uréia alcança o rúmen, ela é rapidamente desdobrada em amônia e CO_2 pela enzima urease, produzida pelos microrganismos ruminais. A

amônia presente no rúmen, resultante da uréia ou de outra fonte protéica, é utilizada pelos microrganismos para a síntese de sua própria proteína até satisfazer seus requerimentos, determinados pela disponibilidade de carboidratos fermentáveis. A amônia em excesso é absorvida pela parede do rúmen e, no fígado, é convertida a uréia. Esta conversão custa ao animal 12 kcal/g de nitrogênio (VAN SOEST, 1994). A excreção de uréia representa elevado custo biológico e desvio de energia para a manutenção das concentrações corporais de nitrogênio em níveis não tóxicos (PAIXÃO et al., 2006).

Entretanto, maiores níveis de inclusão de uréia têm sido utilizados sem que haja comprometimento do desempenho dos animais (VALADARES FILHO et al., 2004). Dessa forma, o nível máximo de inclusão de uréia nas rações e seus efeitos sobre a síntese microbiana, o consumo, a degrabilidade da dieta, o ganho de peso e as características de carcaça ainda não estão totalmente definidos.

A uréia pode ser considerada uma alternativa interessante, principalmente no período das secas, quando as forrageiras apresentam baixas taxas de crescimento e baixos níveis de proteína. A utilização da uréia é viável economicamente, visto que a proteína é o ingrediente de maior custo unitário nas rações e a uréia apresenta baixo custo quando comparado a outras fontes de proteína, como o farelo de soja.

O objetivo nesta revisão é abordar a sincronização entre proteína e energia, por meio do estudo de fatores relacionados com a ingestão de matéria seca, digestibilidade, eficiência microbiana, uso de uréia protegida, quantidade mínima e máxima de NNP para síntese de proteína microbiana, nitrogênio perdido na urina através da uréia, otimização do uso de carboidratos não fibrosos, taxa de degradação dos carboidratos, processamento dos alimentos e nível de concentrado na dieta dos ruminantes para produção de carne e leite.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A alimentação racional dos animais domésticos visa fornecer os nutrientes capazes de manter e assegurar as exigências de mantença e o nível de produção pretendido. A proteína tem sido um dos nutrientes mais pesquisados na nutrição de ruminantes, sendo que, em razão de sua natureza diversificada, a ela têm sido atribuídos ganhos diferenciados no desempenho animal, bem como a possibilidade da melhor extração de energia das porções fibrosas dos alimentos volumosos devido ao atendimento das demandas microbianas por nitrogênio.

Mediante o grande volume de informações resultante das pesquisas, não somente acerca da proteína, mas também relacionadas à nutrição energética de animais ruminantes, propostas de sistemas de alimentação têm sido formuladas e a característica que estes sistemas têm em comum entre si e que os difere das propostas voltadas para outras espécies animais reside na íntima relação entre a energia e a proteína na predição do rendimento microbiano a partir da ingestão de nitrogênio degradável e da matéria orgânica fermentável no rúmen.

Pesquisadores (PRADO et al., 2004; ZEOULA et al., 2006; CALDAS NETO et al., 2007; CALDAS NETO et al., 2008) têm buscado associar a velocidade de liberação do N oriundo da uréia e energia das fontes de carboidratos, buscando maior eficiência microbiana no aproveitamento desses nutrientes, com aumento no fluxo de proteína microbiana para o intestino e, conseqüentemente, redução da necessidade de fontes protéicas verdadeiras.

A degradação dos nutrientes é determinada pela competição entre a 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 et al., 1992). Quando a taxa de degradação de proteína excede a de carboidratos, grandes quantidades de nitrogênio podem ser perdidas.

A eficiência de utilização do N proveniente de compostos nitrogenados não protéicos (como a uréia) pelos microrganismos do rúmen depende de uma série de fatores, dentre eles a perfeita sincronização entre a liberação de amônia, decorrente da hidrólise da uréia, e presença de energia para síntese de proteína microbiana.

A hidrólise da uréia é extremamente rápida, o que pode facultar a perda de N através da urina, que além de representar prejuízo econômico, aumenta a contaminação ambiental devido à maior excreção deste elemento. Por estas razões, a adequação das fontes de proteína e energia nas rações animais pode contribuir com a otimização da utilização do nitrogênio, permitindo maior economicidade nos sistemas de produção.

A produtividade de ruminantes depende de sua habilidade para consumir e obter energia dos alimentos disponíveis (ALLEN, 1996). 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.

Segundo o NRC (2001), estimativas precisas da ingestão de MS são necessárias para evitar sub ou superalimentação e aumentar a eficiência alimentar, promovendo o uso eficiente de nutrientes. Características físicas e químicas dos ingredientes dietéticos e suas interações – conteúdo de fibra, facilidade de hidrólise do amido e da fibra, fragilidade e tamanho de partículas, produtos de fermentação das silagens, quantidade e degradação ruminal da proteína dietética – podem ter grande efeito na IMS de vacas lactantes (ALLEN, 2000).

Após o conhecimento da composição química, a estimativa dos valores de digestibilidade é reconhecidamente essencial para determinar o valor nutritivo dos alimentos (VALADARES FILHO et al., 2000). Segundo Pereira et al. (2005 a, b), a digestibilidade dos nutrientes é um dos componentes básicos na determinação da energia dos alimentos para produção de leite, ou seja, energia líquida de lactação (ELL), energia metabolizável (EM), energia

digestível (ED) ou NDT. Entretanto, existe uma complexa relação entre proteína dietética e energia e a quantidade de proteína utilizada pelo animal (BRODERICK, 1992).

A digestão dos ruminantes envolve constante atividade simbiótica dos microrganismos ruminais com hospedeiro, que são altamente susceptíveis às alterações do meio, afetando não só a extensão da degradação dos componentes dos alimentos, mas também as quantidades e proporções dos produtos resultantes da ação destes.

A associação entre composição química e o potencial de degradação dos alimentos vai 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, 1990).

O nível 2 do sistema Cornell Net Carbohydrate and Protein System-CNCPS (FOX et al., 2000) integrou as taxas de degradação das diferentes frações de carboidratos e proteínas na síntese de proteína microbiana, fermentação ruminal e fluxo de nutrientes para absorção intestinal. A proteína é fracionada na fração A (solúvel, nitrogênio não protéico, NNP); fração B_1 (solúvel rapidamente degradada no rúmen); fração B_2 (fração solúvel, com degradação intermediaria no rúmen); fração B_3 (insolúvel, lentamente degradada no rúmen); e a Fração C (indigestível durante sua permanência no trato gastrintestinal). O nível 2 aplicou não só o conceito da proteína metabolizável (proteína microbiana + proteína não-degradável no rúmen) que chega ao duodeno, mas a qualidade desta proteína varia com o perfil de aminoácidos.

Os pesquisadores têm buscado cada vez mais o controle de liberação de N oriundo da uréia, a fim de permitir maior sincronização com a degradabilidade dos carboidratos, sendo estes mais aproveitados pelas bactérias ruminais, aumentando a eficiência e o fluxo de proteína microbiana, reduzindo as necessidades de fontes protéicas verdadeiras e conseqüentemente melhorando o desempenho animal. Quando a taxa de degradação de proteína excede a de carboidratos, grandes quantidades de nitrogênio podem ser perdidas. A

degradação dos nutrientes é determinada pela competição entre a 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 et al., 1992).

O nitrogênio presente na dieta pode ser oriundo de fontes: nitrogênio protéico e nitrogênio não protéico (NNP). A capacidade das bactérias para utilizarem o NNP vai depender, primariamente, da quantidade e do nível de degradação da energia fornecida ao animal (carboidratos) e da capacidade de crescimento da população de microrganismos, mas existe um limite para o crescimento microbiano, o qual, teoricamente, depende da ingestão de energia.

As bactérias celulolíticas usam basicamente nitrogênio amoniacal (N-NH_3) como fonte de nitrogênio, e sua capacidade fermentativa é menor na ausência desta fonte, uma vez que sua capacidade de usar N na forma de aminoácidos e peptídeos é bastante reduzida. As bactérias amilolíticas crescem mais rapidamente utilizando cerca de 60% de peptídeos e aminoácidos e 34% de nitrogênio amoniacal como fontes de N para seu crescimento (RUSSELL et al., 1992). Além disso, as bactérias que degradam o amido, pectina ou açúcares são capazes de continuar a degradação do substrato mesmo quando o N é limitante no meio (RUSSELL et al., 1992). Dessa forma, a concentração de N-NH_3 é dependente da degradabilidade da fonte protéica, da disponibilidade de carboidratos e do equilíbrio entre sua produção e utilização pelos microrganismos (SATTER; ROFFLER, 1979; NOCEK; RUSSELL, 1988).

A uréia é uma das principais fontes de NNP utilizada na alimentação animal. Durante a digestão no animal, ao alcançar o rúmen, a uréia é rapidamente desdobrada em amônia e CO_2 pela enzima uréase, produzida pelas bactérias. A amônia presente no rúmen, resultante da uréia ou de outra fonte protéica, é utilizada pelos microrganismos para a síntese de sua própria proteína. Para que isso ocorra, é essencial a presença de uma fonte de energia (celulose das forragens ou amido do milho, por exemplo). A proteína assim formada é chamada de proteína microbiana.

As exigências protéicas de ruminantes são atendidas mediante absorção intestinal de aminoácidos. As principais fontes de aminoácidos são a proteína microbiana, que supre acima de 50% dos aminoácidos absorvidos, e a proteína não-degradada no rúmen digestível no intestino delgado (PNDR digestível) (SNIFFEN & ROBINSON, 1987; MERCHEN & BOURQUIN, 1994; VALADARES FILHO, 1997).

Embora vários dados de eficiência sejam expressos com base do NDT ou da MODR, é preciso observar que a maioria dos microrganismos é incapaz de crescer somente com proteínas e lipídeos, como fonte de energia, sendo os carboidratos a principal fonte (RUSSELL et al., 1992). Ainda, o uso de eficiência estática, pelo NRC (1985), ignora os requerimentos de energia de mantença dos microrganismos ruminais.

Segundo Satter e Slyter (1974), níveis de nitrogênio amoniacal ruminal entre 2 e 5 mg/dl não restringem a digestão da matéria orgânica da dieta. Leng (1990) definiu que para condições tropicais, a dose mínima de concentração de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal seria de 10 mg/dl.

A concentração mínima de N-NH_3 necessária para se manter máxima taxa de crescimento microbiano varia em função da fermentabilidade da dieta. Satter & Slyter (1974); Preston (1986) revelaram que concentrações de amônia inferiores a 5,0 mg de N-NH_3/100mL de fluido ruminal limitam a atividade de bactérias celulolíticas do rúmen, diminuindo a síntese microbiana. Normalmente, a concentração de amônia ruminal varia com o tempo decorrido da alimentação, o local de amostragem no rúmen, o balanço entre proteína e energia na dieta, solubilidade e o nível de proteína da ração (EARDMAN et al., 1986).

O suprimento de proteína em quantidade e qualidade, observando suas relações com os demais ingredientes dietéticos, é muito importante, pois a proteína é o segundo nutriente limitante em dietas para ruminantes, de modo que as fontes protéicas podem ser consideradas o ingrediente mais oneroso na formulação de dietas para vacas lactantes, em virtude de seu grande requerimento e do elevado custo de fontes tradicionais, como o farelo de soja.

A substituição do farelo soja por fontes protéicas alternativas sem o comprometimento do desempenho dos animais pode ser uma alternativa viável para reduzir os custos com alimentação do rebanho leiteiro. Por isso, cresce o interesse por parte dos pesquisadores quanto à utilização de uréia e farelo de algodão em dietas para vacas em lactação, de modo que o potencial de incorporação desses ingredientes em dietas para animais ruminantes requer cuidado, planejamento, avaliação e estudo. Rações formuladas com ingredientes alternativos devem ser eficientes, seguras e econômicas para permitir o mesmo desempenho produtivo de animais alimentados com dietas tradicionais (PINA et al., 2006).

Os microrganismos ruminais dependem de fontes de energia e nitrogênio fermentáveis para sua atividade metabólica, influenciando fortemente a digestibilidade ruminal e, conseqüentemente, o fluxo de nutrientes, tanto de ácidos graxos voláteis quanto de proteína microbiana, para o ruminante.

O nutriente exigido em maior quantidade pelos ruminantes, após a energia, é a proteína, que tem como principal função fornecer os aminoácidos para a promoção dos muitos processos de síntese que ocorrem no organismo dos ruminantes (DUTRA et al., 1997). Sincronização da fermentação energética e da degradação da PB é essencial para eficiente utilização da energia e proteína pelos microrganismos ruminais (EKINCI e BRODERICK, 1997).

Considerando que os carboidratos são a principal fonte de energia para o crescimento microbiano e a proteína microbiana, a principal fonte de aminoácidos para o hospedeiro, as variações em suas frações, bem como nas taxas de digestão entre e dentro de alimentos, podem afetar o suprimento de proteína microbiana ao intestino delgado e, conseqüentemente, o desempenho animal.

As proteínas ingeridas pelo ruminante podem sofrer atividade proteolítica ruminal, sendo os aminoácidos desaminados e sua terminação amino liberada na forma de amônia. Quando há excesso de amônia ocorre absorção pela parede do rúmen, sendo jogada na corrente sangüínea e levada para o fígado,

onde é convertida em uréia. Parte desta uréia sofre refluxo para o rúmen, parte é reciclada via saliva e parte vai para os rins sendo excretada pela urina.

A utilização de dietas ricas em carboidratos, principalmente de fontes de alta degrabilidade associadas à fontes de baixa degrabilidade, 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). Este excesso, também pode ser depositado na forma de gordura.

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 matéria seca (MS), especialmente da fração fibrosa. O aumento na eficiência microbiana permitiria aumento na disponibilidade de proteína microbiana para ser absorvida no intestino, suprindo, assim, as exigência de produção dos animais.

No CNCPS é enfatizada a necessidade da sincronização na degradação de N e carboidratos no rúmen, para que se obtenha a máxima eficiência de síntese de proteína microbiana, bem como a redução das perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal. Modelos mecanicistas são utilizados para estimativa da quantidade de proteína microbiana sintetizada, do escape ruminal de nutrientes e, com isso, da proteína metabolizável, a partir dos dados relativos às frações de carboidratos e proteínas, bem como de suas taxas de degradação. Dessa forma, espera-se predizer com maior exatidão o desempenho dos animais a partir dos ingredientes da dieta (RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992).Para que isto possa ser alcançado, devem-se desenvolver técnicas precisas e acuradas, simples e não-onerosas para a estimativa dos parâmetros cinéticos da degradação dos nutrientes no trato gastrintestinal.

Caldas Neto et al. (2007), avaliando a utilização de dietas com níveis crescentes de proteína degradável no rúmen (PDR) associada à fonte de amido de alta degrabilidade ruminal (farinha de varredura de mandioca) verificou que esta associação influenciou na digestibilidade *in vitro* da MS, comprovando a possibilidade de existência de um nível de sincronização da liberação de nitrogênio e energia no rúmen que permita maior digestibilidade ruminal da dieta. Avaliou também o desempenho de novilhos em crescimento com a mesma dieta e, não encontrou diferença no consumo de MS, conversão alimentar e ganho de peso medo diário (GPMD).

Segundo Zeoula & Caldas Neto (2001), fontes de amido podem ser utilizadas para melhorar as características de fermentação ruminal, principalmente durante a utilização de fontes de nitrogênio não-protéico, possibilitando melhor utilização dos carboidratos estruturais e maior fluxo de proteína microbiana para o intestino delgado.

McCarthy et al. (1989) e Weiss et al. (1989) notaram redução na produção de leite quando substituíram o milho moído pela cevada, que apresenta característica semelhante à raspa de mandioca no que se refere à velocidade de degradação ruminal do amido. Esses autores relacionaram a queda na produção de leite à utilização menos eficiente da energia quando da utilização de amido de mais rápida degradação ruminal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia é o primeiro nutriente limitante em dietas para ruminantes, sendo a proteína o segundo e o de maior custo. A formulação de dietas exige um conhecimento avançado da potencial de degrabilidade desses dois nutrientes no rúmen para que não tenha perda e ocorra o máximo desempenho microbiano na síntese de proteínas microbianas. O uso de fontes alternativas de proteína como a uréia é uma estratégia para reduzir custos no sistema de produção.

A utilização de dietas com níveis crescentes de uréia, associada à fontes de amido de alta degradabilidade ruminal melhora a digestibilidade da MS, comprovando a possibilidade de existência de um nível de sincronização da liberação de nitrogênio e energia no rúmen que permita maior digestibilidade ruminal da dieta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1598-1624, 2000.

ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3063- 3075, 1996.

BRODERICK, G.A., MERCHEN, N.R. 1992. Markers for quantifying microbial protein synthesis in the rumen. **Journal of Dairy Science**, 75(9):2618-1632.

CALDAS NETO, S.F.; ZEOULA, L.M.; KAZAMA, R. 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.452-460, 2007.

CALDAS NETO, S.F.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Proteína degradável no rúmen na dieta de bovinos: digestibilidades total e parcial dos nutrientes e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1094-1102, 2008.

CRURCH, D. C. **The ruminant animal:** digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs: Waveland Press, 1990. 563 p.

DUTRA, A.R., QUEIROZ, A.C., PEREIRA, J.C. et al. Efeitos dos níveis de fibra e das fontes de proteínas sobre a síntese de compostos nitrogenados microbianos em novilhos. **Revista Brasileira de Zootenia**, 26(4):797-805, 1997.

EARDMAN, R.A., PROCTOR, G.H., VANDERSALL, J.H. 1986. Effect of rumen ammonia concentration on "in situ" rate and extent of digestion of foodstuffs. **Journal Dairy Science**, 29(9):2312-2320.

EKINCI, C., BRODERICK, G.A. Effect of processing high moisture ear corn on ruminal fermentation and milk yield. **Journal Dairy Science***.,* 80:3298-3307, 1997.

FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P.; VAN AMBURGH, M. E.; CHASE, L. E.; PELL, A. N.; OVERTON, T. R.; TEDESCHI, L. O.; RASMUSSEN, C. N.; DURBAL, V. M. The Net Carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **The Cornell University Nutrient Management Planning System.** Ithaca, NY: Cornell University, 2000. 236 p.

LENG, R. A. Factors affecting the utilization of quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews, v. 3, p. 277-303, 1990.**

McCARTHY, R.D.; KLUZMEYER, Jr., T.H.; CLARK, J.H. et al. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.2002-2016, 1989.

MERCHEN, N.R., BOURQUIN, L.D. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: FAHEY JR, G.C. (Ed.) Forage quality, evaluation and utilization. NATIONAL CONFERENCE ON FORAGE QUALITY, EVALUATION, AND UTILIZATION, 1994. ***Proceedings*...** University of Nebraska, Lincoln, 1994. p.564-612.

ALVES, E.M. et al. Importância da sincronização do complexo proteína/energia na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 20, Ed. 125, Art. 845, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1985. **Ruminant nitrogen usage***.* Washington D.C. 158p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle***.* 7.ed*.* Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.

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

PAIXÃO, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Uréia em dietas para bovinos: consumo, digestibilidade aparente, ganho de peso, característica da carcaça e produção microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2451-2460, 2006.

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 médio da lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta no concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.1040-1050, 2005a.

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, 2005b.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1543-1551, 2006.

PRADO, O.P.P.; ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F. et al. Digestibilidade dos nutrientes de rações com diferentes níveis de proteína degradável no rúmen e fonte de amido de alta degradabilidade ruminal em ovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences.** Maringá, v. 26, no. 4, p. 521-527, 2004.

PRESTON, T.R. 1986. *Better utilization of crop residues and by products in animal feeding: research guidelines 2. A practical manual for research workers*. S.1. Food and Agriculture Organization of the United States Nations. 154p.

RUSSELL, J.B. et al. 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.

RUSSELL, J.B. Strategies that ruminal bacteria use to handle excess carbohydrate. **Journal of Animal Science** , v.76, n.8, p.1955-1963, 1998.

SATTER, L. D.; ROFFLER, R. E. Nitrogen requeriment and utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science,** v. 62, p.237, 1979.

SATTER, L.D., SLYTER, L.L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial production in vitro. **Br. J. Nutr***.*, 32(2):199-208.

SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II- Carbohydrate and protein availability. ***Journal Animal Science****,* v.70, p.3562-3577, 1992.

SNIFFEN, C.J., ROBINSON, P.H. 1987. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. **Journal of Dairy Science**, 70(1):425-441.

VALADARES FILHO, S. C. **Digestão pós - ruminal de proteína e exigências de aminoácidos para ruminantes***.* In. TEIXEIRA J.C. (ed.) Simpósio Internacional de Digestibilidade em Ruminantes, Lavras: UFLA - FAEPE, p. 87 – 113. 1997.

ALVES, E.M. et al. Importância da sincronização do complexo proteína/energia na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 20, Ed. 125, Art. 845, 2010.

VALADARES FILHO, S.C.; BRODERICK, G.A.; VALADARES, R.F.D. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.106-114, 2000.

VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K.; MAGALHÃES, K.A. et al. Alternativas para otimização da utilização de uréia para bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 4., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.313-338.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

WEISS, W.P.; FISHER, G.R.; ERICKSON, G.M. Effect of source of neutral detergent fiber and starch on nutrient utilization by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.2308-2315, 1989.

ZEOULA, L.M.; FERELI, F.; PRADO, I. N. et al. Digestibilidade e balanço de nitrogênio de rações com diferentes teores de proteína degradável no rúmen e milho moído como fonte de amido em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2179-2186, 2006.