

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

## RESUMO

A evolução dos animais ruminantes baseou-se em uma relação simbiótica com microrganismos (bactérias, protozoários e fungos), que por meio de alterações anatômica e fisiológicas do animal hospedeiro possibilitou a manutenção da microbiota no rúmen-retículo, resultando ao hospedeiro a possibilidade de utilização de alimentos não convencionais, resultando a sua distribuição para os mais distintos ecossistemas. As inúmeras vantagens desta simbiose, destaque - se a produção de proteína microbiana e seu aproveitamento pelo animal, uma vez que esta é denominada como a proteína de mais alto valor biológico, não apenas em quantidade como em qualidade do seu perfil de aminoácidos, não sendo encontrado em qualquer outro alimento rotineiramente usado na alimentação animal. Neste contexto os mais atuais sistemas de exigências nutricionais destacam a importância desta fração para o atendimento das exigências dos animais ruminantes, na busca da maximização da sua produção. A eficiência e síntese de proteína microbiana, sofre influência das características do alimento principalmente ao que se refere à taxa de degradação da fração proteica e energética, taxa de passagem, aos que interfere nas condições do ambiente ruminal como pH ruminal principalmente. Dietas que possibilitam a sincronização da liberação de energia e nitrogênio para microbiota resultam em menor dispendido energético para o animal com a excreção de nitrogênio e sua ação nociva ao meio, e melhor aproveitamento da fração proteica dos alimentos, resultará na maximização da produção de proteína microbiana e conseqüentemente na produção animal.

**Palavras-chave:** Proteína metabolizável, cinética ruminal, taxa de passagem.

## Efeito da taxa de degradação ruminal da proteína e energia sobre a eficiência da síntese de proteína microbiana

Proteína metabolizável, cinética ruminal, taxa de passagem.

Rodrigo de Nazaré Santos Torres<sup>1</sup>

João Rafael de Assis<sup>2</sup>

Andrea Dreher<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Zootecnia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop – Brasil. \*\*santostorres\_13@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutorando em Ciência Animal, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá – Brasil.

<sup>3</sup> Acadêmica do curso de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop

## EFFECT OF DEGRADATION RATE RUMINAL PROTEIN AND ENERGY EFFICIENCY ON PROTEIN SYNTHESIS MICROBIAL

### ABSTRACT

The evolution of ruminant animals was based - in a symbiotic relationship with microorganisms (bacteria, protozoa, and fungi), which by means of anatomical and physiological changes of the host animal enabled the maintenance of microbiota in the rumen - reticulum, resulting in the host the possibility of using nonconventional food, resulting in the distribution to the most diverse ecosystems. The numerous advantages of this symbiosis, highlight - the production of microbial protein and their utilization by the animal as it is and referred to as the protein of the highest biological value, not only in quantity and quality of its amino acid profile, not being found in any other food routinely used in animal feed. In the most current nutritional requirements systems context highlight the importance of this fraction to meet the requirements of ruminant animals in the pursuit of maximization of production. The efficiency and microbial protein synthesis, is influenced by the characteristics of the food and especially what refers to the rate of degradation of protein fraction and energy, pass rate, those who interfere with the conditions of the rumen and ruminal pH mainly. Diets that enable synchronization of lower energy and nitrogen to microbiota resulting in release expended energy to the animal with the nitrogen excretion and their negative effects to the environment and better utilization of the protein fraction of the food, resulting in maximization of microbial protein production and consecutively in animal production.

**Keyword:** Metabolizable protein, ruminal kinetics, pass rate.

## INTRODUÇÃO

O estudo da nutrição proteica em ruminantes passou por distintas evoluções nos aspectos de conceito e da importância e significância do atendimento de compostos nitrogenados para a microbiota ruminal, associada com o conhecimento do perfil de aminoácidos da fração proteica que será metabolizada pelo animal, com a premissa de maximização da produção animal.

O sistema vigente de recomendações nutricional, o National Research Council (NRC, 2001) para gado de leite, evoluiu dos seus antecessores para o conceito de proteína metabolizável e a importância do seu atendimento em quantidade e qualidade. O fracionamento da proteína bruta do alimento em frações como proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR), trazendo consigo a necessidade de adequação da PDR ótima, para maximização da produção da proteína microbiana, com adequada suplementação de PNDR, para complementação do atendimento das exigências do animal em proteína metabolizável.

Contudo as exigências do animal e em aminoácidos, nesse contexto, todo e qualquer sistema de exigência e avaliação de dieta só terá sucesso segundo, Santos & Pedroso, (2011) com a preconização do atendimento das exigências da proteína metabolizável (Proteína microbiana + PNDR + Proteína endógena). Porém associadas a duas vertentes, quantidade e qualidade no perfil de aminoácidos, principalmente nos aminoácidos lisina e metionina, que rotineiramente são apontados como limitantes na produção de leite.

O mesmo autor, citado acima, destaca a grande importância da fração referente à proteína microbiana, devido ao seu perfil de aminoácidos superior aos alimentos utilizados em dietas de ruminantes e sua proximidade com o perfil da carne e leite. Neste contexto a busca pelo aumento da eficiência e da síntese de proteína microbiana, toma destaque, contudo o meio ruminal é complexo, deste modo a compreensão das interações dos efeitos alimento, microbiota ruminal e hospedeiro torna-se importante.

Dentre os principais fatores que afetam a síntese de proteína microbiana e consecutivamente a sua eficiência são as fontes de energia, de compostos nitrogenados, vitaminas e minerais, cinética e ambiente ruminal e sincronização da degradação ruminal de energia e proteína (Karsli & Russell, 2001; Santos & Pedroso, 2011).

Todos os fatores citados acima são resultantes da interação existente entre alimento, atividade da microbiota ruminal e hospedeiro, contudo o fator alimento e suas características apresentam fundamental importância para a compreensão das diferentes respostas com diferentes alimentos. Tal importância gerou a necessidade de informações sobre as diferentes frações de compostos no alimento e sua interação com o meio ruminal.

Outro sistema também utilizado pelo NRC gado de leite (2001) é o sistema de fracionamento de nutrientes de Cornell (CNCPS), apresenta um submodelo que prediz a fermentação e a digestão ruminal. Que classifica os carboidratos em quatro frações de acordo com a taxa de degradação ( $h^{-1}$ ) no rúmen, e para a fração proteica em cinco frações que distinguem na solubilidade em tampão de borato de fosfato em detergente ácido e neutro e precipitação em ácido tricloroacético.

Neste contexto objetiva-se com o presente trabalho a elucidação dos efeitos da sincronização da taxa de degradação das fontes de energia e proteína sobre a eficiência e síntese de proteína microbiana em ruminantes.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### TAXA DE DEGRADAÇÃO RUMINAL

A amplitude de alimentos utilizado nas dietas dos animais é muito extensa. Os ruminantes aumentam ainda mais essa amplitude em relação aos demais animais, devido a sua relação simbiótica com microrganismo presentes no rúmen e retículo, possibilitando o uso de alimentos não convencionais, como exemplo a ureia.

Neste contexto Berchiel et al. (2011) destaca que o objetivo prático da avaliação dos alimentos é

aperfeiçoar a sua eficiência de utilização, oferecer respostas mais confiáveis em relação à resposta animal. Referente aos ruminantes, as características dos alimentos que afetem a degradação ruminal e a dinâmica de passagem de líquido e sólido do rúmen apresentam grande importância sobre a digestão destes animais.

A digestão dos ruminantes é o resultado de dois processos concorrentes: digestão e passagem. A taxa de passagem ( $K_p$ ) determina o tempo que o alimento é retido, no trato digestivo para a ação digestiva e a taxa de degradação ( $K_d$ ) determina a digestão que pode ocorrer durante o período de retenção (Mertens, 2005).

Os processos de digestão citados acima são dependentes das características dos alimentos, como é destacado por Kozloski, (2011) que afirma que a susceptibilidade dos diferentes carboidratos e compostos nitrogenados bem como a degradação ruminal é variável, dependendo das características físico – química ou dos fatores que limitam o acesso das enzimas bacterianas ao substrato. dessas fontes.

A degradação ruminal de carboidratos e compostos nitrogenados são afetados pela alteração de pH que perturba a adesão e taxa de crescimento microbiano. A presença de ligação com a lignina, pontes de dissulfeto, reação de maillard e taninos (Ítavo & Ítavo, 2005).

A taxa de passagem ( $K_p$ ) pode afetar de forma positiva quando seu aumento decorrente ao acréscimo do consumo de matéria seca possibilita o aumento da disponibilidade de substrato para o crescimento da microbiota (Kozloski, 2011). Contudo o aumento excessivo pode afetar negativamente, devido à passagem de partículas de alimento que sofrerão pouca ação digestiva da microbiota (Santos & Pedroso, 2011). O aumento da passagem pode ser ocasionado pela redução excessiva do tamanho de partícula.

Dada a importância a taxa de degradação ( $K_d$ ) ruminal, o conhecimento dos valores das diferentes frações dos alimentos possibilita a classificação dos

seus valores de  $K_d$ .

O sistema preconizado na universidade de Cornell, nos EUA, denominado de The net carbohydrate and Protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion, resultando no software conhecido como CNCPS possui um submodelo que prediz a fermentação e digestão ruminal das frações de proteína e carboidratos no alimento.

O modelo do CNCPS é o mais utilizado pelos sistemas de previsão de exigências animal (Rodrigues & Vieira, 2011). Este também é utilizado e recomendado pelo NRC tanto para bovinos de corte como bovinos de leite (NRC, 2001).

Neste sistema a fração de carboidratos é classificada em quatro frações de acordo com a taxa de degradação ( $h^{-1}$ ) no rúmen (Fox et al., 2003; Rodrigues & Vieira, 2011).

As frações A; B1; B2 e C apresentam a taxa de degradação rápida, intermediária, lenta e indigestível, respectivamente.

Fração A: representa a fração da PB instantaneamente solubilizada, sendo solúvel em TBF que não precipita em TCA. Fração C: é a fração da PB recuperada com a FDA (indigestível), são proteínas ligadas a lignina, taninos ou danificada pelo calor (reação de maillard). A fração B representa a proteína verdadeiramente degradável, apresentando subdivisões: B1= a fração solúvel em TBF, mas precipita no TCA; B3 = é a diferença da fração da PB recuperada com a FDN e a fração da PB recuperada com a FDA ( $B3 = NIDN - NIDA$ ). É a fração da proteína potencialmente degradável existente na parede celular. B2= é a proteína restante, calculada entre os valores de proteína total do alimento e a soma das frações A; B1; B3 e C.

## SÍNTESE DE PROTEÍNA MICROBIANA

Os atuais sistemas de exigências nutricionais expressam as exigências dos ruminantes em proteína metabolizável (PM), sendo esta decorrente da somatória da proteína microbiana ( $P_{mic}$ ), proteína não degradável no rúmen (PNDR) e proteína endógena.

A proteína microbiana é normalmente a principal fonte de PM para os ruminantes, na maioria das situações produtivas, podendo representar ao redor de 45 a 55% da PM no intestino de vacas leiteiras de alta produção, 55 a 65% em bovinos de corte confinados com rações ricas em energia, e mais de 65% em bovinos mantidos exclusivamente em pastagens (Santos & Pedroso, 2011).

Os dados acima demonstram a importância da proteína microbiana para a nutrição dos ruminantes, sendo necessário a compreensão dos fatores que afetam a eficiência da sua síntese na busca da maximização da produção animal com a mínima excreção de compostos nitrogenados.

A maximização da síntese de Pmic é dependente de dois conceitos: Eficiência de síntese de proteína microbiana (Emic) que é a quantidade de N microbiano sintetizado por Kg de carboidrato (CHO) fermentado no rúmen e a produção de proteína microbiana (gN) que é calculada pelo produto da quantidade de substrato fermentado no rúmen (Kg de CHO) multiplicado pela eficiência microbiana (gN/Kg CHO fermentado) (Santos & Pedroso, 2011).

O NRC, (2001), distingue o seu conceito de eficiência de síntese e produção de proteína microbiana, por incorporar não apenas o carboidrato fermentado, mas englobar como um todo a matéria orgânica degradável no rúmen.

Esta distinção baseia-se em que a síntese de proteína microbiana não é apenas dependente de carboidratos fermentado no rúmen e sim da proporção de proteína fermentada, sendo estas duas frações responsável pelo atendimento de esqueleto de carbono, energia (ATP) e nitrogênio que são requeridos para a síntese de proteína microbiana.

Entretanto a eficiência da síntese de proteína microbiana é amplamente variável, sendo dependente da sincronização da degradação da fonte de energia e proteína. A taxa de degradação das fontes de carboidratos e proteína semelhantes possibilita maximização de síntese microbiana, quando os demais fatores estão adequados (Hoover & Stokes, 1991).

Na busca de padronização o NRC, (2001) aceita uma constante de eficiência de 130g de PBmic/ Kg de NDT para a sincronização da síntese de proteína microbiana no rúmen. A relação de 25g de N – proteína/ Kg de Matéria orgânica degradável no rúmen, é assumida como uma relação ótima (Czerkawski, 1986).

Contudo a variação existente na literatura destes valores é dependente das exigências nutricionais dos microrganismos ruminais, que somado as características dos alimentos, e os fatores que afetam a taxa de degradação, apresentam distintos efeitos sobre a eficiência e síntese de proteína microbiana.

Os fatores como o consumo de matéria seca; relação volumoso e concentrado; fontes de energia, de compostos nitrogenados, cinética e ambiente ruminal e sincronização da degradação ruminal de energia, proteína e a presença de minerais e vitaminas, são os fatores que determinam a eficiência e produção de proteína microbiana (Karsli & Russell, 2000; Santos & Pedroso, 2011).

## DESENVOLVIMENTO

A Tabela 01 apresenta o resultado do compilado de trabalhos científicos sobre a eficiência de síntese e produção de proteína microbiana.

Como é observado na Tabela 01, os resultados de Cabral et al, (2008) quando avaliaram a eficiência e produção de proteína microbiana em bovinos recebendo apenas silagem de milho, de capim elefante e feno de tifton 85, não foi observado efeito significativo para a produção de proteína microbiana, entre as dietas.

Contudo foi observado efeito significativo para a eficiência da síntese, sendo a dieta composta com silagem de capim elefante diferindo das demais e apresentando a maior média entre os tratamentos.

Apresentando uma eficiência de 135g de PBmic/kg de NDT, estando em conformidade com NRC (2001) que padronizou 130gPBmic/kg de NDT. Estes resultados se adéquam a citação de Santos & Pedroso, (2011) onde verificaram que o aumento do

teor de forragem na ração, normalmente aumenta a eficiência, mas reduz a produção de proteína microbiana.

**Tabela 01:** Valores de eficiência e produção de proteína microbiana em diferentes inclusões de volumoso na dieta.

	Volumoso (%) na dieta					
	100	90 a 80	70 a 60	50 a 40	30 a 20	
PB mic (g/dia)	707,06 <sup>SM</sup>	--	--	--	--	Cabral et al., 2008 <sup>1</sup>
	561,06 <sup>FCT</sup>	--	--	--	--	
	431,63 <sup>SCE</sup>	--	--	--	--	
	--	<sup>SM</sup> 643,50a	494,35a	347,49b	--	Chizzotti et al., 2006 <sup>2</sup>
	--	<sup>FCT</sup> 354,25	447,31	367,81	358,75	Ítavo et al., 2002
gPBmic/Kg MODR	--	<sup>FCT</sup> 271,19	260,87	503,50	349,25	Rennó et al., 2000 <sup>3</sup>
	--	<sup>SM</sup> 392,19	590,06	701,94	747,25	Tibo et al., 2000 <sup>4</sup>
	134,94b	--	--	--	--	Cabral et al., 2008 <sup>1</sup>
	175,63a	--	--	--	--	
	189,94a	--	--	--	--	
--	286,88	325,38	278,19	262,31	Ítavo et al., 2002	
--	170,13	245,75	288,38	237,63	Tibo et al., 2000 <sup>5</sup>	
gPBmic/Kg NDT	97,11b	--	--	--	--	Cabral et al., 2008 <sup>1</sup>
	105,14b	--	--	--	--	
	135,22 <sup>a</sup>	--	--	--	--	
	--	128,93	143,96	156,81	--	Chizzotti et al., 2006 <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Valores seguidos com letras diferentes na mesma coluna diferem (P<0,05) entre si pelo teste SNK.

<sup>2</sup>Valores seguidos com letras diferentes na mesma coluna diferem (P<0,05) entre si pelo teste Newman Keuls.

<sup>3</sup> $\hat{Y}=4,159 + 2,755X - 0,0217X^2$  ( $r^2=0,94$ ); <sup>4</sup> $\hat{Y}=-3,784 + 3,418X - 0,025X^2$  ( $r^2=0,73$ ); <sup>5</sup> $\hat{Y}=-3,868 + 1,699X - 0,016X^2$  ( $r^2=0,55$ ).

<sup>SM</sup> Silagem de milho; <sup>FCT</sup> Feno de capim tifton 85; <sup>SCE</sup> Silagem de capim elefante.

A redução da produção de proteína microbiana em dietas com elevada proporção de forragens pode estar associada ao fato de as forrageiras apresentarem elevada proporção de nitrogênio não proteico (NNP), que apresentam taxa de degradação rápida e sua fonte de carboidratos, sendo estes fibrosos, que possuem Kd lenta. Ocasionalmente uma disparidade da liberação de energia e proteína para síntese de proteína microbiana.

Outra possibilidade é que o maior tempo de retenção do alimento no rúmen - retículo, pode reduzir tanto a produção como a eficiência da síntese. Kozloski, (2011) relata que o maior tempo de retenção da digesta no rúmen resulta na redução da passagem de proteína microbiana para o abomaso, devido maior gasto de energia pela microbiota para a manutenção, assim reduzindo a energia disponível

para incorporação de nitrogênio na massa microbiana.

Os autores concluíram que mesmo a silagem de milho, apresentando a menor E<sub>mic</sub>, possibilitou a maior passagem de proteína microbiana, sendo este fator mais importante que a própria E<sub>mic</sub>.

Quando avaliado os resultados de Rennó et al. (2000); Tibo et al. (2000) é observado efeito quadrático com a redução da proporção de volumoso na dieta sobre a produção de proteína microbiana, este resultado está de acordo ao encontrado por Branco et al. (2010) e Carvalho et al. (2014), que também observaram efeito quadrático com aumento da inclusão de concentrado na dieta. Em discordância a estes dados, Ítavo et al. (2002) não observou efeito

com o aumento da inclusão de concentrado.

O aumento da inclusão de concentrado pode reduzir a produção de proteína microbiana, devido à redução de pH do meio ruminal que segundo Kozloski, (2011) um baixo pH ruminal, afeta negativamente o metabolismo bacteriano por reduzir a adesão a partícula de alimento e a captação de substrato do meio.

Somado aos efeitos do pH, os resultados de Tibo et al. (2000) para produção e eficiência de síntese se adéquam a teoria da cinética de saturação típica de sistemas enzimáticos, descrito por Michaelis & Menten, (1913). Resultando um excedente de energia ou compostos nitrogenados que podem ser direcionados para ciclos fúteis ou dispendido energético para sua excreção respectivamente, ambas as situações resultam em perda metabólica para o animal hospedeiro.

Valores de pH entre 6,0 e 7,0 possibilitam o crescimento de uma gama de microrganismo ruminais (Russell, 2002).

A falta de efeito apresentado por Ítavo et al. (2002), pode estar associado a utilização de bicarbonato de sódio nas dietas com 60 e 80% de concentrado, resultando na estabilidade do pH que no respectivo experimento não apresentou média inferior a 6,5 possibilitando estabilidade do meio ruminal.

Contudo não houve efeito significativo do aumento do concentrado na dieta para a Emic para Ítavo et al. (2002), Chizzotti et al. (2006). Como é observado na tabela 01, numericamente inclusões inferiores a 40% de volumoso ocasiona redução na Emic. Em colaboração aos dados acima, Branco et al. (2010) observou efeito quadrático da Emic em bovinos recebendo diferentes proporções de concentrado, a inclusão de 60% apresentou a menor média para a Emic.

O aumento de concentrado na ração aumenta disponibilidade de substrato para a fermentação aumentando a produção de proteína, entretanto reduz a eficiência em decorrência das reduções na

taxa de diluição e no pH ruminal (Santos & Pedroso, 2011).

Baseado na avaliação de 36 estudos, Karsli & Russell, (2000) observaram uma Emic média de 176,6 variando de 90,1 a 270, 9g de PB mic/Kg de MO verdadeiramente degradável no rúmen, para dietas compostas de concentrado e volumoso, sendo esta média superior, para as dietas baseada apenas em volumoso ou concentrado.

Estes valores estão em conformidade aos apresentados na Tabela 01, sendo observado maiores médias para as dietas que possuem inclusão de 40 a 70 % de volumoso.

A utilização de rações mista (concentrado + volumoso), com níveis de inclusão de concentrado que não perturbe as condições do meio ruminal (pH, osmolaridade etc), possibilita maiores valores de Emic, decorrente a sincronização da liberação de energia e proteína para o crescimento microbiano (Hoover & Stokes, 1991).

Rações (concentrado + volumoso) possibilitam liberação de energia e proteína tanto para a incorporação de nitrogênio com rápida e lenta taxa de degradação, devido à presença de carboidratos com diferentes taxas de degradação (Karsli & Russell, 2000).

A mistura de carboidratos e compostos nitrogenados com diferentes taxas de degradação que possibilitem a liberação de energia e nitrogênio de curto a longo prazo possibilita a melhor utilização da fração nitrogenada do alimento como a porção reciclada para o rúmen, possibilitando a redução na excreção de compostos nitrogenados, que resultam em dispendido energético para o animal e ação nociva ao ambiente.

## CONCLUSÃO:

O uso de rações mistas (volumoso + concentrado) possibilitam melhor sincronização

O uso de rações mistas (volumoso + concentrado) possibilitam melhor sincronização da taxa de degradação da fração energética e proteica da dieta possibilitando, aumento na eficiência de síntese e produção de proteína microbiana. Contudo o uso de rações baseada tanto em forragens como em concentrado, necessita a busca da adequação da sincronização da liberação de energia e proteína. Entretanto na formulação de dietas é preciso buscar, não apenas a sincronização como o aumento na passagem da proteína microbiana para o abomaso, possibilitando na permanência de uma microbiota jovem, logo resultando a maximização da degradação ruminal dos componentes dietéticos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERCHIELLI, T. T; GARCIA, A. V; OLIVEIRA, S.G. 2011 . Principais Técnicas de Avaliação Aplicadas em Estudos de Nutrição. p415-436. In: BERCHIELLI, T. T; PIRES, A. V; OLIVEIRA, S.G. Nutrição de Ruminantes. 2 Ed, Funep.
- CABRAL, L.S; VALADARES FILHO, S.; DETMAN, E. 2008 . Eficiência microbiana e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas a base de volumosos tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 37:919-925.
- CARVALHO,D.M.G; REVERDITO, R; CABRAL, L.S. 2014. Níveis de concentrado na dieta de ovinos: Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais. **SEMINA: Ciências Agrárias, Londrina**. 35:2649-2658.
- CHIZZOTTI, M.L; VALADARES FILHO, S. C; VALADARES, R. F. D. 2006. Consumo, digestibilidade e excreção de ureia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**.35:1813-1821.
- CZERKAWSKI, J.W. 1986. An Introduction to rumen studies. Pergamon international library of science, technology, engineering and social studies.
- FOX, D.G; TYLUTKI, T. P; TEDESCHI, O. 2003. The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient excretion (CNCPs, version 5.0). Departamento f animal science, Cornell University.
- HOOVER, W.H; STOKES, S. R. 1991. Balancing carboydrates and proteins for optimun rumen microbial yield. **Journal dairy Science**.34:3630-3644.
- ÍTAVO, L.C.V; VALADARES FILHO, S.C; SILVA, F.F. 2001. Produção microbiana e parâmetros ruminais de novilhas alimentadas com dietas contendo vários níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**.31:1663-1681.
- ÍTAVO, L.C.V; ÍTAVO, C.C.B.F. 2005. Parâmetros ruminais e suas correlações com desempenho, consumo e digestibilidade em ruminantes.p49-72. In: ÍTAVO, L.C.V; ÍTAVO, C.C.B.F. **Nutrição de Ruminantes: Aspectos relacionados a digestibilidade e aproveitamento de nutrientes**. Campo Grande: UCDB.
- KARSLI, M.A; RUSSELL, J.R. 2000. Effects of some dietary factors on ruminal microbial protein synthesis. **Turk Journal Veterinary Animal Science**.681-686.
- KOZLOSKI, G.V. 2011. Bioquímica dos ruminantes. 3 Ed UFMS – Santa Maria.
- MERTENS, D.R. 2005. Rate and extention of digestion.p13-48. In: DIJKSTRA, J. FORBES, J.M; FRANCE, J. Quantitative aspects of ruminants digestion and metabolismo. 2 Ed.
- MICHAELIS, L; MENTEN, M.L. Kinetics of invertase action. **Biochemistry zournal**, V.49, p.333-369, 1913.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of dairy Cattle (7th Ed). National Academy Press. Washington. DC.
- RANCO, R. H; RODRIGUES, M. T; FLORENTINO, C. A. 2010. Efeito dos níveis de fibra em detergente neutro oriunda da forragem sobre a eficiência microbiana e os parâmetros digestivos em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**.39:372-381.
- RENNÓ, L.N; VALADARES, R. F. D; LEÃO, M. L. 2000. Estimativa da produção de proteína microbiana pelos derivados de purinas na urina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 29:1223-1234.
- RODRIGUES, M.T; VIEIRA, R.A.M. 2011. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos.p29-56. In: BERCHIELLI, T. T; PIRES, A. V; OLIVEIRA, S.G. Nutrição de Ruminantes. 2 Ed, Funep.
- RUSSELL, J.B. 2002. Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition. Ithaca. NY.
- SANTOS, F.A.P; PEDROSO, A.M. 2011. Metabolismo de Proteínas.p265-292. In:BERCHIELLI, T. T; PIRES, A. V; OLIVEIRA, S.G. Nutrição de Ruminantes. 2 Ed, Funep.
- TIBO, G.C; VALADARES FILHO, S.C; SILVA, J.F.C. 2000. Níveis de concentrado em dietas de novilhos mestiços F1 Simental X Nelore. Balanço Nitrogenado, eficiência microbiana e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**.29:921-929.