

Teores de proteína bruta e fontes nitrogenadas em dietas com cana-de-açúcar na alimentação de vacas leiteiras

Elmeson Ferreira de Jesus, Luís Henrique Andreucci Conti, Tiago Tomazi, Marina Elena Diniz Amaral Migliano², Juliana Regina Barreiro, Julianne de Rezende Naves, Francisco Palma Rennó, Marcos Veiga dos Santos

Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo

RESUMO

Objetivou-se nesta revisão de literatura apresentar informações recentes de pesquisas sobre teores de proteína bruta e fontes nitrogenadas na alimentação de vacas leiteiras. O Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, e este volumoso tem grande destaque para a alimentação animal, pois apresenta vantagens como facilidade de cultivo, alta produtividade em condições de clima tropical, manutenção do seu valor nutritivo, possibilidade de colheita no período de escassez de forragens, e menor custo por unidade de matéria seca. A suplementação proteica de vacas leiteiras é um dos tópicos mais estudados na área de nutrição de ruminantes. Atualmente, busca-se maximizar o desempenho animal por meio de avaliações relacionadas a fontes proteicas, teores de proteína na dieta, degradabilidade ruminal da proteína e perfil de aminoácidos, o que pode possibilitar maior síntese de proteína microbiana no rúmen, adequada quantidade e qualidade da proteína metabolizável para o animal. Adequar a concentração e o tipo de fonte de proteína bruta (PB) dietética para vacas leiteiras pode ser uma alternativa para diminuir os custos de produção e as perdas de compostos nitrogenados para o ambiente. Neste sentido, pesquisas recentes sugerem que vacas leiteiras em final de lactação podem ser alimentadas com dietas com < 15% de PB sem alterações na produção e composição do leite.

Palavras chave: degradabilidade, fontes proteicas, produção e composição do leite

INTRODUÇÃO

As características que fazem a cana-de-açúcar ocupar lugar de destaque na alimentação de ruminantes são a elevada produção de matéria seca (MS) e facilidade de cultivo. A utilização deste volumoso ocorre justamente no período de escassez de produção de forragens pelas pastagens, o que coincide com o aumento do coeficiente de digestibilidade da MS dessa cultura (Fernandes et al., 2003).

Do ponto de vista nutricional, existem limitações quanto ao consumo da cana-de-açúcar por bovinos, particularmente em vacas leiteiras de média a alta produção. Isso pode ser atribuído, principalmente à baixa digestibilidade da fibra, o que pode comprometer o consumo voluntário (Magalhães et al., 2004). Além disso, existem outras limitações como o baixo teor de proteína, minerais e compostos nitrogenados e ausência de amido. Estas limitações inviabilizam o uso da cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes como alimento exclusivo, quando não são tomadas as devidas correções de suas deficiências nutricionais (Mendonça et al., 2004; Sousa et al., 2009).

São escassos os trabalhos científicos sobre a adequação proteica e degradabilidade em dietas para vacas leiteiras consumindo cana-de-açúcar. A nutrição proteica de ruminantes objetiva disponibilizar adequada quantidade de proteína degradável no rúmen (PDR) para maximizar a eficiência de síntese microbiana e, conseqüentemente, otimizar o desempenho animal com a mínima quantidade de PB dietética (NRC, 2001). Desta forma, a substituição do farelo de soja por fontes proteicas alternativas sem comprometimento do desempenho dos animais é uma alternativa para reduzir custos com alimentação do rebanho leiteiro. Neste contexto, é crescente o interesse pela utilização de ureia em dietas para vacas leiteiras. Entretanto, dietas formuladas com ingredientes alternativos devem ser eficientes e econômicas para permitir o mesmo desempenho produtivo de dietas tradicionais (Pina et al., 2006).

CANA-DE-AÇÚCAR PARA VACAS LEITEIRAS

A produção de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma importante atividade do agronegócio brasileiro. O Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com produção de 569.062.629 de toneladas na safra (ÚNICA 2008/2009). A maior parte da cana-de-açúcar produzida no Brasil é destinada à produção de açúcar e etanol,

entretanto, parte substancial da produção destina-se à alimentação de ruminantes, com relatos desde 1913 (Queiroz et al., 2008).

Ao avaliar a composição das dietas de vacas leiteiras em sistema intensivo no Brasil, as silagens de milho e de sorgo têm sido os volumosos mais utilizados (Nussio, 1993). Porém, estes volumosos exigem grande demanda de recursos técnicos e financeiros para produção. Por outro lado, a utilização conjunta de cana-de-açúcar e silagem de milho ou substituição total ou parcial da silagem de milho pela cana-de-açúcar pode reduzir os custos de alimentação, sem comprometimento da produção de leite (Magalhães et al., 2004).

São crescentes as pesquisas sobre volumosos alternativos e subprodutos na alimentação de vacas leiteiras. Os volumosos têm participação importante na composição da dieta, pois podem representar até 80% da matéria seca (MS) (Costa et al., 2005).

A cana-de-açúcar possui grande destaque para a alimentação animal. Apresenta vantagens como facilidade de cultivo, alta produtividade em condições de clima tropical, manutenção do seu valor nutritivo e possibilidade de colheita no período de escassez de forragens. Além destas, outra vantagem relevante é o menor custo por unidade de MS produzida quando comparada a outros alimentos volumosos, o que apresenta melhor desempenho econômico, dependendo da categoria animal (Nussio et al., 2003).

Tradicionalmente, a cana-de-açúcar é cortada, picada e fornecida aos animais diariamente na forma *in natura*. Contudo, essa técnica de colheita dificulta o uso desta forrageira em sistemas de produção intensiva e de grande escala, o que demanda a busca de novas tecnologias. Isso ocorre por que entre os fatores que norteiam as decisões pelo uso da cana-de-açúcar estão às questões logísticas decorrentes da mão-de-obra diária para cortes, despalhamento, picagem e transporte, o que se torna dificultado em grandes rebanhos (Pedroso, 2006).

A produtividade média da planta inteira de cana cana-de-açúcar (colmo, folhas secas e ponteiros) é de cerca de 100 toneladas (ton) de matéria natural (MN) por hectare por ano. Com o manejo adequado de variedades, técnicas de calagem e adubação, é possível obter produtividades superiores a 100 ton de MN/ha/ano (Oliveira et al., 2001).

De maneira geral, a cana-de-açúcar apresenta teores entre 24 e 34% de MS no momento da colheita. Entretanto, esses valores dependerão do estágio de maturação, variedade e outras características inerentes a planta. O teor de MS da cana-de-açúcar aumenta à medida que avança o estágio fisiológico da planta, principalmente pelo acúmulo de sacarose (Kung & Stanley, 1982).

Existem limitações em termos de consumo desta forrageira para bovinos, particularmente os de raças leiteiras de média a alta produção de leite. Isso pode ser atribuído

principalmente à baixa digestibilidade da sua fibra, o que pode comprometer o consumo voluntário destes animais (Magalhães et al., 2004). Os baixos teores de proteína bruta (PB), aminoácidos sulfurados, lipídios, minerais (especialmente o fósforo), ausência de amido e a presença de carboidratos de rápida fermentação, são limitações que devem ser consideradas na formulação das dietas (Demarcchi, 2001).

O consumo de cana-de-açúcar é menor, quando comparada com outras forrageiras como a silagem de milho e sorgo, o que resulta em maior necessidade de concentrado na dieta. A principal limitação da cana-de-açúcar é a redução de consumo, devido principalmente a baixa digestibilidade da fibra no rúmen (Valadares filho et al., 2002). Outras limitações relevantes são diminuição da produção de leite, menor eficiência alimentar e redução dos coeficientes de digestibilidade da parede celular e da PB. Além destes, ocorre menor síntese microbiana no rúmen e maior concentração de nitrogênio ureico no leite e plasma dos animais quando comparados com dietas com silagem de milho (Mendonça et al., 2004; Costa et al., 2005; Sousa et al., 2009).

É necessário selecionar variedades com adequada relação fibra em detergente neutro (FDN) e açúcares solúveis. Este é um parâmetro importante na escolha da cana-de-açúcar a ser utilizada na dieta dos ruminantes, pois quanto menor essa relação mais energia o animal estará consumindo (Gooding, 1982).

Existem diferentes formas de se utilizar a cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. Dentre estas, destaca-se o uso na forma *in natura* a mais utilizada, na qual a cana-de-açúcar é normalmente enriquecida com fontes de nitrogênio não protéico (NNP) e sulfato de amônio. Outras formas comuns de utilização da cana-de-açúcar são a ensilagem e hidrolisada (Ezequiel et al., 2005; Aquino et al., 2008; Pedroso et al., 2010; Gomez-Vazquez et al., 2011).

DEGRADABILIDADE DA PROTEÍNA NO RÚMEN

A suplementação proteica de vacas leiteiras é um dos tópicos mais estudados na área de nutrição de ruminantes. Numerosos trabalhos têm buscado maximizar o desempenho animal por meio de avaliações relacionadas a fontes proteicas, teores de proteína na dieta, degradabilidade ruminal da proteína e perfil de aminoácidos (Castillo et al., 2001; Broderick, 2003; Naves, 2010).

Até a década de 80 a nutrição proteica de ruminantes tinha como base apenas a PB como parâmetro na determinação de exigências e formulação de dietas. Nesta época, existiam poucas informações sobre degradabilidade ruminal das fontes proteicas e exigências de aminoácidos para bovinos (NRC, 1985).

Em geral, as dietas com cana-de-açúcar demandam quantidades elevadas de suplementos proteicos para atender as necessidades dos ruminantes e o balanceamento de proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradada no rúmen (PNDR). Este fato desperta interesse especial dos nutricionistas, pois os ingredientes proteicos representam fração significativa do custo de alimentação de vacas leiteiras (Silva et al., 2001).

Pesquisas conduzidas na década de 60 indicaram que o rúmen era capaz de suprir toda a proteína necessária para produção de até 4.500 kg de leite por lactação via proteína microbiana com o uso de ureia como única fonte de nitrogênio (N) (Virtanen, 1966). Entretanto, a produção de leite por vaca nos rebanhos leiteiros praticamente dobrou nos últimos 30 anos. Neste contexto, a proteína microbiana sintetizada no rúmen precisa ser complementada com fonte de PNDR para que as exigências proteicas de manutenção e produção de leite possam ser atendidas (Santos et al., 1998).

A proteína microbiana e a proteína dietética que escapa da fermentação ruminal são importantes, pois podem ter um grande impacto na nutrição proteica de ruminantes. O perfil de aminoácidos essenciais (AAE) da proteína que chega ao intestino é tão importante quanto à quantidade desta proteína, uma vez que o desempenho do animal está relacionado aos AAE absorvidos e não pela PB ingerida (Chen, 1992).

Conforme proposto pelo NRC (1985, 1989), o sistema com base na “proteína absorvida” era preconizado para vacas leiteiras, no qual um método fatorial era usado para estimar os requerimentos de proteína absorvida para todas as categorias do rebanho leiteiro. Na sua última edição para gado leiteiro, o NRC, (2001) aprimorou este sistema, agora denominado de sistema de “proteína metabolizável”.

O conhecimento sobre os requerimentos ruminais do animal e dos nutrientes disponíveis na alimentação tem ajudado no desenvolvimento de modelos computadorizados para exploração da alimentação de precisão de bovinos de leite (NRC, 2001). Vacas leiteiras demandam proteína para manutenção e para a produção (gestação, crescimento e aleitamento). Além disso, microrganismos estão presentes no sistema digestivo dos ruminantes. Estes necessitam de N para sua proliferação durante a fermentação ruminal dos alimentos. O N da proteína fornecida, quando excede os valores exigidos são excretados principalmente na forma de ureia na urina, e grande parte é volatilizada por causa da atividade da urease nas fezes (Hutson et al., 1998). O balanceamento correto das dietas é necessário para atender as exigências do rebanho de acordo com suas necessidades, com base na quantidade de leite produzido. O próximo passo é determinar com precisão os requisitos de cada categoria para garantir a produção ótima, minimizando o excesso N (Rotz et al., 1999).

A composição dos alimentos utilizados para ruminantes apresenta a fração PDR e a PNDR. No rúmen ocorre a degradação da PDR pela ação de enzimas (proteases, peptidases e deaminases) que são secretadas pelos microrganismos. Após a degradação da PDR os peptídeos, aminoácidos (AA) e NH₃ (amônia) são utilizados para síntese de proteína microbiana. Quando a capacidade de utilização dos compostos nitrogenados é excedida devido à velocidade de degradação da proteína, o excesso de amônia ruminal atravessa a parede do rúmen e pode ser secretada pela urina na forma de ureia, reciclada via saliva ou por difusão através da parede do rúmen (Santos, 2006).

Santos et al., (1998) em uma revisão de 108 trabalhos publicados entre 1985 e 1997 buscaram integrar e analisar o conhecimento sobre o uso de suplementos proteicos e nutrição proteica de vacas leiteiras. Os dados revisados de 15 ensaios (29 comparações), com vacas canuladas no rúmen e duodeno, mostraram que a suplementação com fontes ricas em PNDR, em substituição parcial ou total ao farelo de soja, não resultou em benefícios consistentes no que refere ao fluxo de proteína e aminoácidos essenciais para o duodeno. A síntese de proteína microbiana foi reduzida pela suplementação com fontes ricas em PNDR em 76% das comparações. Esses dados sugerem que, somente há vantagem no uso de fontes ricas em PNDR quando apresentam perfil adequado de aminoácidos essenciais, especialmente lisina e metionina, principais limitantes à produção de leite.

Reduzir a concentração de PB dietética para vacas em lactação é o modo mais comum e prático para diminuir as perdas de compostos nitrogenados e os custos de produção na nutrição de vacas leiteiras (Smits et al., 1995). Entretanto, se a redução da concentração de PB na dieta não atender as exigências do animal ocorrerá redução da produção de leite (Kalcheur et al., 1999).

No entanto, antes de alterar os teores de PB na dieta, é importante determinar as concentrações ótimas de PDR e PNDR em relação ao consumo de proteína total. Quantidades adequadas destes elementos são necessários para ótima eficiência de síntese microbiana e otimização da produtividade animal, com quantidade mínima de proteína dietética (NRC, 2001).

Existe uma relação inversa entre a demanda de proteína e sua ingestão pelo animal. Pois, quando o animal ultrapassa sua capacidade de metabolização de proteína ocorre diminuição na eficiência de sua utilização. Entretanto, essa eficiência aumenta quando há incremento dos teores de energia da dieta (Silva & Leão, 1979).

O efeito da suplementação com diversos teores de PB e PDR já foi descrito na literatura. Castillo et al. (2001), ao utilizar teores baixos de PB com média a baixa

degradabilidade ruminal da fonte proteica observaram redução na excreção de N sem comprometer a produção de leite (Castillo et al., 2001).

As fontes de PDR mais comuns são: farelo de soja, girassol e algodão, além de subprodutos como o farelo de glúten milho rico em PNDR, são algumas alternativas para formulação de dietas. É prática comum a utilização de farelo de soja, soja grão, farelo de algodão e caroço de algodão como fontes proteicas na alimentação de vacas em lactação. Outro ingrediente bastante utilizado é a uréia, fonte de (NNP) e cujo uso em dietas tem dois objetivos principais: reduzir custos e fornecer quantidades adequadas de PDR. Porém, sua utilização para alimentação de vacas lactantes é frequentemente discutida quando comparada com fontes de proteína verdadeira. Para trabalhar com fontes de NNP na alimentação de ruminantes é necessário atentar a alguns critérios importantes, como a quantidade a ser fornecida aos animais e a adaptação gradativa para evitar intoxicação (Santos et al., 1998).

A recomendação clássica para a utilização da mistura de uréia e sulfato de amônia em dietas com cana-de-açúcar consiste na adição de 1 kg da mistura composta por uréia e sulfato de amônio (nove partes de uréia para cada parte de sulfato de amônio) para cada 100 kg de matéria natural de cana-de-açúcar fresca (Alvarez & Preston, 1976). Essa mistura foi bastante difundida nos sistemas de produção de leite e corte em todo o Brasil, principalmente nas regiões que adotam o uso de pastagens tropicais e cana-de-açúcar. Entretanto, a utilização exclusiva de uréia como suplemento proteico promove resultados inferiores aos obtidos com o uso associado de fontes de NNP e proteína verdadeira, como o farelo de soja ou o farelo de algodão (Alvarez & Preston, 1976).

Segundo o NRC (2001), vacas na fase intermediária da lactação, recebendo ração com 16% de PB e quantidades adequadas de PDR e PNDR, não apresentam resposta a suplementação extra de proteína. A melhor recomendação para vacas leiteiras é suprir quantidades adequadas de PDR, para maximizar a síntese de proteína microbiana. Desta forma, é possível ajustar a proteína metabolizável da dieta com redução de fontes ricas em PNDR de alta qualidade. No entanto, faz-se necessária a suplementação com lisina e metionina protegidas da degradação ruminal, visando níveis destes dois aminoácidos essenciais próximos dos recomendados pelo (NRC, 2001).

CONSUMO DE MATÉRIA SECA

A determinação do consumo de matéria seca (CMS) permite quantificar os nutrientes disponíveis para a manutenção, saúde e produção do animal (NRC, 2001). É de grande

importância na formulação de dietas a fim de evitar erros no suprimento de nutrientes, que poderiam causar efeitos negativos à saúde dos animais ou ainda onerar os custos.

A produtividade de ruminantes depende de sua capacidade de consumir e obter energia dos alimentos disponíveis (Allen, 1996). O conhecimento da ingestão dos alimentos é o principal fator que afeta o desempenho e a eficiência produtiva do animal, sendo necessário para formulação de dietas, predição do desempenho animal, planejamento e controle do sistema de produção. Estimativas precisas de CMS são necessárias para evitar subalimentação ou superalimentação, aumentar a eficiência alimentar e o uso eficiente dos nutrientes (NRC, 2001).

A exigência energética do animal é que define o consumo de dietas de alta densidade calórica, o mesmo não ocorre em dietas com baixo valor nutritivo e baixa densidade energética, nas quais o consumo é determinado pela capacidade física do trato gastrointestinal (Van Soest, 1994).

Existem diversos fatores que podem afetar o consumo voluntário de MS entre os quais destacam-se o estágio fisiológico do animal, a limitação física do rúmen, processamento e a composição da dieta (NRC, 2001). No mecanismo de regulação fisiológico do consumo a regulação é dada pelo balanço nutricional ou status energético, ou seja, por suas exigências de manutenção e produção (Mertens, 1997) e pode ser interpretada em uma situação em que, no consumo de MS, a ingestão energética seja igual à do requerimento animal (Mertens, 1994); dessa forma, em quantidades inferiores às previstas, quando o consumo é limitado pelo enchimento da dieta, o consumo cessa e as demandas relativas ao potencial de performance ou estado fisiológico do animal são atendidas.

O aumento da digestibilidade da FDN em uma unidade *in vitro* ou *in situ* foi associado com aumento de 0,17 Kg do CMS e 0,25 Kg da gordura do leite corrigida para 4%. A ingestão de matéria seca por vaca será menos limitada pela distensão do trato gastrointestinal com aumento da digestibilidade da FDN, levando-se em consideração que a FDN é o melhor componente do alimento para predição do CMS nos ruminantes (Allen, 1996).

Estudo com diferentes níveis de PB na dieta (15,1; 16,7 e 18,4%), com vacas com 130 dias de lactação, foi observado maior CMS com o aumento da PB dietética, independentemente dos teores de FDN das dietas (Broderick, 2003).

O efeito depressivo da cana-de-açúcar sobre o CMS tem sido amplamente relatado na literatura (Preston & Leng, 1980). Ocorre diminuição do CMS, mesmo para dietas fortemente suplementadas com concentrado (Correia et al., 2003). Estes autores sugerem que uma possível causa do baixo consumo em dietas com cana-de-açúcar seria a suplementação

freqüentes dessa forrageira com uréia, que é um ingrediente de baixa aceitabilidade, e digestibilidade da fibra.

Magalhães et al. (2006) estudaram níveis de substituição (0; 33,3; 66,6; e 100%) de silagem de milho por cana-de-açúcar em vacas com 84 dias de lactação. Foi observado uma redução no CMS, mas esta redução não teve relação direta com teor de FDN das dietas, visto que este componente diminuiu com o aumento da proporção de cana-de-açúcar. Este fato foi justificado pela variedade da cana-de-açúcar utilizada que é precoce e apresentava valores considerados médios a baixos, para FDN e lignina de 47,0 e 5%, respectivamente.

A substituição da silagem de milho ou sorgo na dieta por 100% cana-de-açúcar resultou na redução média do CMS de 2,3 Kg/vaca/dia. O que representou consumo 20% menor e conseqüentemente redução da produção de leite em até 4 Kg de leite/dia (Pires et al., 2010). Neste sentido, estudos com a substituição total da silagem de milho por cana-de-açúcar também apresentaram menor CMS (Valvasori et al., 1995; Mendonça et al., 2004; Magalhães et al., 2006). A cana-de-açúcar tem sido correlacionada negativamente com o CMS, não apenas pela fração indigestível da fibra, mas também pela baixa taxa de digestão da fibra potencialmente degradável, as quais apresentam elevado efeito de enchimento ruminal (Pereira et al., 2000).

Em dietas com 60% de volumoso e 40% de concentrado, a substituição total da silagem de milho por cana-de-açúcar reduziu o consumo diário em 4 Kg de MS/vaca (19,77 x 15,78 Kg) e a produção diária de leite em 4,17 Kg/vaca. Foi necessário aumentar a proporção de concentrado na dieta com cana-de-açúcar para 60% da MS, para que o CMS e a produção de leite se equiparassem aos obtidos com silagem de milho (Costa et al., 2005).

Apesar do elevado número de pesquisas indicarem menor potencial de utilização da cana-de-açúcar, em comparação com outros alimentos volumosos especialmente silagens de milho e sorgo, sua utilização na alimentação animal, principalmente para os rebanhos leiteiros, continua evoluindo (Landell, 2002).

Ferreira de Jesus (2011) avaliou o efeito do teor de PB e da fonte nitrogenada na dieta de vacas no terço final da lactação (235 dias) sobre o consumo e digestibilidade da MS e nutrientes, utilizando cana-de-açúcar como volumoso. Não foi observado efeito da variação da fonte nitrogenada, do teor de proteína bruta da dieta e interação sobre o CMS (kg/dia e % PV), matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro (kg/dia e % PV), carboidrato não fibroso, carboidrato total, nutrientes digestíveis totais e energia líquida de lactação (Tabela 1).

|

|

Tabela 1 – Efeito do teor de PB e da fonte nitrogenada principal da dieta sobre as médias ajustadas do consumo e digestibilidade aparente total da matéria seca e nutrientes em função das dietas

	Dietas ¹				Média	CV(%)	Probabilidade ²		
	FS		U				Teor	Fonte	Int
	Alta	Baixa	Alta	Baixa					
<i>Consumo kg/dia</i>									
Matéria seca	19,40	17,55	17,14	18,99	18,27	11,43	0,995	0,781	0,265
Matéria orgânica	17,81	16,28	15,76	17,32	16,79	11,67	0,987	0,708	0,308
Proteína bruta	2,88	2,40	2,78	2,79	2,71	12,72	0,369	0,557	0,356
Extrato etéreo	0,44	0,82	0,45	0,44	0,54	17,02	0,748	0,786	0,861
Fibra detergente neutro	6,42	5,68	5,81	6,25	6,04	13,04	0,773	0,969	0,311
Carboidrato não fibroso	7,97	7,56	6,63	7,70	7,47	11,07	0,574	0,300	0,207
Carboidratos totais	8,96	6,61	8,34	8,81	8,18	14,56	0,932	0,771	0,604
NDT ³	14,05	13,32	12,66	13,82	13,46	11,34	0,842	0,670	0,384
<i>Mcal/dia</i>									
Energia líquida lactação	37,87	35,79	34,09	37,63	36,35	11,20	0,798	0,728	0,370
<i>Coefficiente de Digestibilidade %</i>									
Matéria seca	67,20	60,40	57,06	63,32	62,00	7,88	0,920	0,278	0,082
Matéria orgânica	68,65	60,90	57,33	65,44	63,08	10,15	0,978	0,461	0,097
Proteína bruta	69,20	60,12	60,50	60,20	62,51	7,70	0,508	0,582	0,076
Extrato etéreo	88,30	87,80	87,32	87,28	87,68	4,52	0,847	0,584	0,883
Fibra detergente neutro	55,80	51,92	59,88	57,61	56,30	10,36	0,425	0,835	0,268
Carboidrato não fibroso	74,06	71,42	64,04	68,75	69,57	11,65	0,847	0,223	0,523
Carboidratos totais	67,06	61,22	57,41	62,73	62,11	8,30	0,941	0,259	0,134
NDT obs ⁴	67,66	63,32	60,00	65,15	64,03	7,91	0,904	0,383	0,207
<i>Consumo % PV⁵</i>									
Matéria seca	3,45	3,32	3,06	3,37	3,30	10,85	0,739	0,513	0,446
Fibra detergente neutro	1,14	1,01	0,97	1,11	1,06	12,01	0,937	0,671	0,153

Fonte: Ferreira de Jesus (2011).

¹Dieta com 16,0% de proteína bruta e 65% de PDR; dieta com 14,5% de proteína bruta e 65% de PDR; dieta com 16,0% de proteína bruta e 70% de PDR; dieta com 14,5% de proteína bruta e 70% de PDR. ²Probabilidade de efeito teor de proteína bruta, fonte de proteína degradável no rúmen (PDR) e interação. ³NDT: nutrientes digestíveis totais; NDTobs: NDT observado; ⁵PV: peso vivo.

FERMENTAÇÃO RUMINAL

Durante o processo evolutivo, os animais ruminantes desenvolveram características anatômicas, que possibilitam utilizar eficientemente alimentos fibrosos como fonte de energia e compostos nitrogenados não proteicos como fonte de proteína. A fermentação pré-gástrica, pela ação de microrganismos permite aos ruminantes o aproveitamento de energia proveniente de componentes fibrosos, além de converter NNP da dieta em proteína verdadeira de alto valor biológico (Allen, 1996).

Para o entendimento da utilização de um alimento devem ser levadas em consideração, além da produção e composição do leite, as condições ecológicas do rúmen, que devem ser mantidas com faixa de pH $6,7 \pm 0,5$ para melhor crescimento e metabolismo microbiano (Van

Soest, 1994; Ezequiel et al., 2001). Valores de pH abaixo de 5,8 caracterizam acidose ruminal subclínica e alteram as condições normais do rúmen. As consequências podem ser a redução da digestão da fibra, mudanças no CMS, diminuição da gordura do leite e laminites (Nocek, 1988).

A fermentação ruminal com dietas a base de cana-de-açúcar caracteriza-se por apresentar pH alto e estável, podendo variar de 6,8 a 7,3 (Leng & Preston, 1976). Isso é atribuído a intensa salivação dos animais e a ação regulatória por parte dos protozoários sobre a disponibilidade dos carboidratos solúveis (Oliveira, 1999). Resultados semelhantes foram relatados em outros estudos que avaliaram a relação entre a fermentação e o pH ruminal (Mendonça et al., 2004; Magalhães et al., 2006; Sousa et al., 2009). No processo fermentativo, a fração fibrosa dos volumosos é afetada por vários fatores, dentre eles, a redução do pH que parece ser o principal fator na diminuição da degradação de fibra (Pereira et al., 1996).

Ferreira de Jesus (2011) avaliou dietas com teores de proteína bruta de 14,5 e 16% e uréia e farelo de soja como fontes nitrogenadas. Neste estudo, observou-se efeito de interação entre a fonte nitrogenada e teor de PB da dieta para variável pH ruminal. Os animais que receberam a dieta 14,5% de PB e ureia como fonte nitrogenada apresentaram redução do pH ruminal (6,91), quando comparado aos animais que receberam a dieta com 14,5% de PB e FS como fonte nitrogenada (7,14). O inverso ocorreu quando os animais receberam a dieta 16% de PB e ureia, com maiores valores de pH (7,54) em relação aos animais alimentados com 16% de PB e FS, nos quais, o pH foi de 6,98 (Tabela 2). Estes resultados sugerem que o aumento do teor PB com ureia como fonte nitrogenada nas dietas de 14,5% para 16% de PB aumentou o pH, quando comparada a fonte nitrogenada FS.

Neste mesmo estudo, não se observou efeito da dieta sobre a concentração de acetato, propionato, butirato e ácidos graxos de cadeia curta total quando avaliados em mmol/L. O autor sugere uma melhor sincronia entre carboidratos presentes na cana-de-açúcar e proteínas para dietas com ureia nesta fase de lactação.

Houve efeito de interação entre a fonte nitrogenada e teor de PB da dieta sobre a porcentagem de acetato. Animais que receberam a dieta com 14,5% de PB e ureia como fonte nitrogenada apresentaram menor concentração de acetato, quando comparado aos animais que receberam 14,5% de PB e FS. Já os animais que receberam a dieta com 16% de PB e ureia tiveram maior porcentagem de acetato que os animais alimentados com dietas com 16% de PB e FS (Ferreira de Jesus, 2011). Esses resultados indicam que a utilização de ureia como fonte nitrogenada principal aumenta a porcentagem do acetato quando o teor de PB aumenta de 14,5 para 16% da dieta.

Ainda, com base neste estudo, observou-se efeito da interação entre a fonte nitrogenada e o teor de PB sobre a porcentagem de propionato. Animais alimentados com a dieta de 14,5% de PB e ureia apresentaram maior concentração de propionato que os animais com 14,5% de PB e FS. Essa diferença pode ter ocorrido pela maior proporção de milho grão nesta dieta, ao fornecer mais amido para fermentação o que proporciona a maior concentração de propionato. O contrário ocorreu para os animais que receberam dietas com 16% de PB e uréia, os quais apresentaram menor concentração de propionato quando comparados aos animais que receberam 16% de PB e FS (Tabela 2).

Tabela 2 – Efeito do teor de PB e da fonte nitrogenada principal da dieta sobre as médias ajustadas da fermentação ruminal das dietas

Variáveis	Dietas ¹				Média	CV(%)	Probabilidade ²		
	FS		U				Fonte	Teor	Int
	Alta	Baixa	Alta	Baixa					
pH	6,98	7,54	7,14	6,91	7,14	3,16	0,228	0,083	0,007
N-NH ₃ (mg/dl) ³	10,27	9,83	11,19	10,81	10,52	30,23	0,839	0,632	0,989
	<i>Mmol/l</i>								
Acetato	52,09	35,30	47,88	50,22	46,37	18,54	0,414	0,414	0,178
Propionato	16,80	9,46	14,00	16,42	14,17	21,07	0,286	0,365	0,059
Butirato	10,88	6,56	9,72	10,05	9,30	21,33	0,202	0,450	0,151
AGCC total ⁴	79,81	50,65	71,09	76,72	69,56	18,70	0,245	0,389	0,111
	<i>Porcentagem</i>								
Acetato	65,23	69,32	66,26	65,57	66,59	2,63	0,113	0,193	0,027
Propionato	21,04	18,24	20,24	21,35	20,21	7,71	0,344	0,190	0,045
Butirato	13,72	12,32	13,20	13,07	13,07	10,47	0,313	0,872	0,436
Rel, A/P ⁵	3,11	3,91	3,36	3,09	3,36	9,44	0,108	0,080	0,003

Fonte: Ferreira de Jesus (2011).

¹Dieta com 16,0% de proteína bruta e 65% de PDR; dieta com 14,5% de proteína bruta e 65% de PDR; dieta com 14,5% de proteína bruta e 70% de PDR; dieta com 14,5% de proteína bruta e 70% de PDR. ²Probabilidade de efeito teor de proteína bruta, fonte de proteína degradável no rúmen (PDR) e interação, ³nitrogênio amoniacal (N-NH₃), ⁴ácido graxo de cadeia curta (AGCC), ⁵relação acetato/propionato (REL. A/P).

Mendonça et al. (2004) não verificaram variação no pH ruminal (6,7) três horas após o fornecimento de alimento, para a dieta contendo 60% de silagem de milho na MS ou para a dieta com 60% de cana-de-açúcar na MS. Em outro estudo, com diferentes teores de substituição (0; 33,3; 66,6; e 100%) de silagem de milho por cana-de-açúcar, com 60% de volumoso e 40% de concentrado o pH ruminal médio foi de 6,78, para dietas com 100% de cana-de-açúcar (Magalhães et al., 2006). Da mesma forma, em um experimento realizado em condições similares a este, com vacas com média de 170 dias em lactação, o pH médio foi de 6,93 (Naves, 2010).

O fornecimento de amônia para o metabolismo ruminal é feito pelo NNP da dieta, pela degradação da proteína verdadeira e pela reciclagem da ureia via saliva ou difusão pela parede

ruminal. Enquanto que sua remoção pode ser realizada via incorporação em proteína microbiana, pela passagem para intestino ou absorção ruminal (Nolan, 1993; Van Soest, 1994). A concentração de amônia no rúmen depende do equilíbrio entre as taxas de produção e utilização desta substância (Broderick et al., 1991). Leng (1990) indica que em condições tropicais, são necessárias concentrações de amônia superiores a 20 mg/dL para maximização da digestão ruminal da MS e do consumo.

Em dietas à base de cana-de-açúcar sem suplementação com fontes de NNP ou PDR, as concentrações de nitrogênio amoniacal estão na faixa de 1,0 a 4,0 mg/dL (Leng & Preston, 1976), ou seja, abaixo do valor mínimo recomendado de 5,0 mg/dL (Satter & Slyter, 1974).

McCarthy et al. (1989) sugerem que o pico de concentração de amônia no líquido ruminal depende das fontes de N presentes na dieta. Quando a ureia é fornecida, este pico ocorre aproximadamente duas horas após a alimentação. Em fontes de proteína verdadeira, este pico ocorre ao redor de 3 a 5 horas após a alimentação, dependendo da degradabilidade ruminal dessas fontes (Santos, 2006).

Alterações no ambiente ruminal influenciam diretamente a concentração de amônia absorvida pelos microrganismos para a síntese microbiana. A concentração de amônia em torno de 22,2 mg/dL permite máxima atividade fermentativa no rúmen (Santos, 2006). As concentrações ótimas de nitrogênio amoniacal variam de acordo com a disponibilidade de carboidratos fermentáveis no rúmen. Além disto, a concentração de amônia ruminal está intimamente relacionada à concentração de ureia circulante no organismo do animal (Broderick & Clayton, 1997).

Olmos Colmenero & Broderick (2006), avaliaram dietas com diferentes teores de PB (13,5 a 15, 16,5, 17,9 e 19,4% da MS) relacionando-as com o metabolismo do nitrogênio ruminal. Com o aumento do teor de PB da dieta de 13,5 para 19,4%, ocorreu elevação da concentração ruminal de NH_3 (6.1 para 12.8 mg/dL). A concentração de ácidos graxos de cadeia ramificada só teve aumento com a alteração de 13.5 para 15% de PB, sem respostas significativas para as demais dietas. Neste mesmo estudo, aumento de acetato e propionato foi observado na dieta com elevação de 13.5 para 19.4% de PB.

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE

A produção de leite no Brasil passa por grande transformação em virtude da nova realidade econômica mundial. O mercado consumidor de leite está mais exigente, e com a implantação da Instrução Normativa 51(IN 51) tem ocorrido uma maior preocupação não só em produzir, mas sim, produzir com qualidade. A atividade leiteira está mais competitiva, o que tem levado a utilização de novas tecnologias e alternativas nutricionais a fim de

maximizar a produtividade dos animais. Esta modernização tem sido cada vez mais decisiva para que a atividade leiteira passe de um modelo extrativista para um modelo competitivo e sustentável.

Avanços na produção e qualidade do leite têm despertado interesse por grande parte dos produtores, principalmente os mais especializados. Estes objetivos influenciam diretamente o manejo alimentar dos animais, que são exigidos metabolicamente para atender níveis quantitativos e qualitativos de produção (Peres, 2001).

Para que se possa obter um bom desempenho dos animais é importante estabelecer uma boa relação entre as fontes de carboidratos e proteínas. Desta forma, é possível melhorar a produção e composição do leite conforme a fase de lactação da vaca. Portanto, é necessário fornecer quantidades corretas destes nutrientes, com atenção especial a fração de PDR (NRC, 2001). Se estes nutrientes não forem balanceados adequadamente, a fermentação ruminal será prejudicada, pois ocorrerá um comprometimento da síntese microbiana e redução da oferta de proteína metabolizável. Este fato, por sua vez, ocasionará redução da produção e dos componentes do leite. Aumentos na produção de proteínas do leite ocorrem em resposta ao aumento de energia da dieta. Isso acontece quando há adequado fornecimento da proteína dietética, capaz de atender o aumento dos teores da proteína láctea (Rius et al., 2010).

Vários autores relataram que a PB da dieta não tem efeito sobre a gordura e proteína do leite, componentes de maior importância econômica (Cunningham et al., 1996; Sannes et al., 2002; Arieli et al., 2004). Por outro lado, Broderick (2003) verificou que a produção de leite, leite corrigido para gordura, gordura e proteína foram maiores quando a PB da dieta foi aumentada de 15,1 para 16,7% para vacas no terço médio da lactação, produzindo 34 kg de leite/dia com relação volumoso:concentrado (V:C) de 75:25. Em dietas com alteração para 18,4% de PB ocorreu aumento do consumo de MS, porém, sem efeito sobre a produção e composição do leite.

Fontes de PNDR, como FS tratado quimicamente com solvente, melhoram a produção de leite, em dietas com silagem de alfafa (Broderick et al., 1991) ou silagem de grão umido de milho e de alfafa (Reynal & Broderick, 2005). Dietas com 16,5% de PB à base de silagem de alfafa e silagem de milho, suplementadas com FS, resultaram em maior produção, proteína e gordura do leite (Olmos Colmenero; Broderick, 2006).

A suplementação de NNP é utilizada como alternativa na substituição de fontes de proteína verdadeira. Carmo et al. (2001) observaram que para vacas em final de lactação, a suplementação com teores elevados de NNP (2% de ureia na MS da dieta) em substituição

parcial ao FS não comprometem o desempenho animal, uma vez que não foram observadas alterações na produção e no teor de PB do leite.

A cana-de-açúcar adquiriu posição consolidada dentre as alternativas de volumoso a ser fornecido na alimentação de vacas leiteiras. Magalhães et al. (2004) estudaram o efeito de substituição de até 100% da silagem de milho por cana-de-açúcar, em dietas com relação V:C de 60:40 para vacas produzindo em média 24 kg de leite/dia. Os resultados deste estudo demonstraram que a produção decresceu linearmente com o nível de substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar. Entretanto, quando avaliaram a variação de peso vivo e o desempenho econômico, concluíram que o nível de 33% de substituição apresentou os melhores resultados.

Mendonça et al. (2004) ao comparar diferentes formulações com utilização da cana-de-açúcar suplementada com uréia (0,35%) para vacas leiteiras com silagem de milho na proporção V:C de 60:40, encontraram redução no consumo de 17,8 para 15,03 Kg/dia, e na produção de leite de 22 para 19,23 Kg/dia, nas dietas com cana-de-açúcar. Entretanto, ao avaliar a relação V:C de 50:50, não houve diferença na produção de leite corrigida para 3,5% de gordura entre as dietas com cana-de-açúcar (21,3 Kg de leite/dia) e silagem de milho (23,0 Kg de leite/dia), embora com pequena redução de peso vivo. Os resultados deste estudo demonstraram que o uso de cana-de-açúcar fornecida aos animais na relação 60:40 apresentou menor desempenho, inclusive com variação negativa de peso corporal.

Ao avaliar a produção e composição do leite de vacas no terço final da lactação, Ferreira de Jesus (2011) não observou efeito das dietas sobre a produção de leite corrigido (kg/dia), produção de leite, gordura, PB e lactose (Tabela 3). Os resultados deste estudo indicam que o aporte de nutrientes para o animal, e especialmente para a glândula mamária não foi limitado pela fonte nitrogenada e pelos teores de PB das dietas. Resultados semelhantes foram obtidos em um estudo realizado por Naves (2010), no qual a produção de leite média foi de 19,1 Kg/dia em vacas com 170 dias de lactação em média, cana-de-açúcar como volumoso basal e relação V:C 45:55.

Sousa et al. (2009) avaliaram a substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar corrigida com uréia (1%) e sulfato de amônio (9:1) e suplementada com 0%, 7% e 14% de caroço de algodão. As dietas avaliadas apresentavam relações V:C de 60:40 e 50:50, fornecidas para vacas produzindo em média 22 kg de leite/dia. Foi observado menor CMS e produção de leite quando utilizada a cana-de-açúcar. No entanto, os autores concluíram que a inclusão do caroço de algodão em níveis adequados, pode aumentar a energia e melhorar as características nutricionais de dieta contendo cana-de-açúcar como volumoso.

Costa et al. (2005) avaliaram três relações V:C em dietas a base de cana-de-açúcar corrigida (60:40; 50:50; e 40:60), em comparação a uma dieta a base de silagem de milho com relação 60:40, para vacas produzindo 20 Kg de leite/dia. Neste estudo, vacas que receberam dieta a base de cana-de-açúcar corrigida na relação 40:60 atingiram o mesmo CMS e produziram a mesma quantidade de leite, com variação positiva de peso corporal.

Tabela 3 – Efeito do teor de PB e da fonte nitrogenada principal da dieta sobre as médias ajustadas para produção e composição do leite

Variável	Dietas ¹				Média	CV (%)	Probabilidade ²		
	FS		U				Fonte	Teor	Int
	Alta	Baixa	Alta	Baixa					
PLC (Kg/dia) ³	20,72	18,23	19,48	20,24	19,66	23,24	0,455	0,734	0,185
PL (Kg/dia) ⁴	20,23	19,65	17,04	19,71	19,15	25,94	0,271	0,100	0,114
G (Kg/dia) ⁵	0,73	0,61	0,75	0,73	0,70	22,48	0,122	0,149	0,284
PB (Kg/dia) ⁶	0,66	0,65	0,55	0,63	0,62	17,63	0,247	0,052	0,163
L (Kg/dia) ⁷	0,87	0,84	0,76	0,85	0,83	26,84	0,527	0,297	0,192
G (%)	3,7	3,3	4,38	3,75	3,78	14,44	0,001	0,005	0,472
PB (%)	3,38	3,38	3,28	3,34	3,34	13,9	0,809	0,565	0,829
L (%)	4,33	4,29	4,35	4,33	4,32	6,31	0,703	0,68	0,682
ECC ⁸	2,62	2,96	2,9	2,62	2,77	11,89	0,805	0,817	0,081
PV (Kg) ⁹	608	616	609	612	611,25	12,54	0,675	0,847	0,725

¹Dieta com 16,0% de proteína bruta e 65% de PDR; dieta com 14,5% de proteína bruta e 65% de PDR; dieta com 14,5% de proteína bruta e 70% de PDR; dieta com 14,5% de proteína bruta e 70% de PDR. ²Probabilidade de efeito teor de proteína bruta, fonte de proteína degradável no rúmen (PDR) e interação, ³produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; ⁴produção de leite (PL); ⁵gordura (G); ⁶proteína Bruta; ⁷lactose (L); ⁸escore de condição corporal (ECC); ⁹peso vivo (PV).

O NRC (2001) sugere que 67% das proteínas necessárias para produção de leite provêm da proteína metabolizável. Assim, a necessidade de PM para uma vaca é equivalente à quantidade de proteína que ela secreta no leite, dividida por 0,67. Portanto, para uma vaca com produtividade de 25 kg de leite por dia com 3,5% de proteína é necessário fornecer 1,31 kg de PM diariamente. Rius et al. (2010) sugerem que cada grama de proteína de leite secretada requer 1,5 g de PM.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de 14,2% de proteína bruta na dieta de vacas no terço final de lactação alimentadas com cana-de-açúcar não altera consumo, digestibilidade da MS e nutrientes, e fermentação ruminal quando comparado com o uso de 15,6% de PB. Com produção de leite

média de 19,6 Kg/dia, o uso de farelo de soja ou ureia como fontes nitrogenadas principais e dois teores de PB da dieta (14,2 vs 15,6%), não altera a produção e composição do leite, exceto para a variável gordura (%).

IMPLICAÇÕES

De acordo com resultados apresentados pode-se utilizar dietas com 14,2% de PB com fonte nitrogenada principal ureia, para vacas no terço final de lactação sem que ocorra diminuição da produção e composição do leite. Para animais nesta fase a cana-de-açúcar é uma alternativa a ser utilizada, desde que a suplementação com concentrado seja feita adequadamente.

AGRADECIMENTOS

A FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo auxílio ao desenvolvimento dos projetos de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v. 74, n. 12, p. 3063-3075, 1996

AQUINO, A. A.; LIMA, Y. R.; BOTARO, B. G.; ALBERTO, C. S. S.; PEIXOTO, K. C.; SANTOS, M. V. Effects of dietary urea levels on milk protein fractions of Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*, v. 140, n. 1-2, p. 191-198, 2008.

ALVAREZ, F. J.; PRESTON, T. R. Ammonia/molasses and urea/molasses as additives for ensiled sugar cane. *Tropical Animal Production*, Edinburg, v. 1, p. 98–104, 1976.

ARIELI, A.; ADIN, G.; BRUCKENTAL, I. The effect of protein intake on performance of cows in hot environmental temperatures. *Journal of Animal Science*, v. 87, p. 620–629, 2004.

BRODERICK, G. A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 86, n. 4, p. 1370-1381, 2003.

BRODERICK, G. A., and M. K. CLAYTON. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 80:2964–2971.

BRODERICK, G.A.; WALLACE, R.J.; ØRSKOV, E.R. Control of rate and extent of protein degradation. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. (Eds.). Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. New York: Academic Press, 1991. p.542-592.

CARMO, C. A.; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; ZEOLA, N. M. B. L. Degradabilidade da matéria seca e fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) com diferentes fontes de proteína. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 30, n. 6S, p. 2126-2133, 2001.

CASTILLO, A. R.; KEBREAB, E.; BEEVER, D. E.; BARBI, J. H.; SUTTON, J. D.; KIRBY, H. C.; FRANCE, J. The effect of energy supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. Journal of Animal Science, v. 79, p. 240–246, 2001.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details. (Occasional publication). In: CONFERENCE NAME, 1992, Aberdeen. Anais... [S.l]: Rowett Research Institute, 1992, 21 p.

CORREA, C. E. S.; PEREIRA, M. N.; OLIVEIRA, S. G.; RAMOS, M. H. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. Scientia Agricola, v. 60, n. 4, p. 621-629, 2003.

COSTA, M. G.; CAMPOS, J. M. D.; VALADARES, S. D.; VALADARES, R. F. D.; MENDONÇA, S. D.; SOUSA, D. D.; TEIXEIRA, M. D. Effects of feeding corn silage or different dietary ratios of sugarcane and concentrate on production of lactating dairy cows. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 6, p. 2437-2445, 2005.

CUNNINGHAM, K. D.; CECAVA, M. J.; JOHNSON, T. R.; LUDDEN, P. A. Influence of source and amount of dietary protein on milk yield by cows in early lactation. Journal of Dairy Science, v. 79, n. 4, p. 620-630, 1996.

DEMARCCHI, J. O. Uso da cana-de-açúcar como recurso forrageiro. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE PASTAGENS DA ESALQ, 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba, 2001.

EZEQUIEL, J. M. B.; MATARAZZO, S. V.; SALMAN, A. K. D.; JUNIOR, A. P. M.; SOARES, W. V. B.; SEIXAS, J. R. C. Digestibilidade aparente da energia e da fibra de dietas para ovinos contendo ureia, amireia ou farelo de algodão. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 30, n. 1, p. 231-235, 2001.

EZEQUIEL, J. M. B.; QUEIROZ, M. A. A.; GALATI, R. L.; MENDES, A. R.; PEREIRA, E. M. D.; FATURI, C.; DO NASCIMENTO, V. F.; FEITOSA, J. V. Effects of sugar cane processing on digestibility, intake and rate of passage. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 5, p. 1704-1710, 2005.

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C.; PEREIRA, J. C.; LANA, R. P.; PEREIRA, M. H.; FONSECA, B. D. M.; DETMANN, E.; CABRAL, L. S.; PEREIRA, E. S.; VITTORI, A. Composição Químico-Bromatológica de Variedades de Cana-de-Açúcar (*Saccharum spp* L.) com Diferentes Ciclos de Produção (Precoce e Intermediário) em Três Idades de Corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, n. 4, p. 977-985, 2003.

FERREIRA DE JESUS, E. Fontes nitrogenadas e teor de proteína bruta em dietas com cana-de-açúcar para vacas lactantes: consumo, digestibilidade, fermentação ruminal, balanço de

energia, produção e composição do leite. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

GOMEZ-VAZQUEZ, A.; PINOS-RODRIGUEZ, J. M.; GARCIA-LOPEZ, J. C.; DE LA CRUZ-LAZARO, E.; LUNA-PALOMERA, C.; SANCHEZ-HERNANDEZ, R. Nutritional value of sugarcane silage enriched with corn grain, urea, and minerals as feed supplement on growth performance of beef steers grazing stargrass. *Tropical Animal Health and Production*, v. 43, n. 1, p. 215-220, 2011.

GOODING, E. G. B. Effect of quality of cane on its value as livestock feed. *Tropical Animal Production*, v. 7, n. 1, p. 72-91, 1982.

HUTSON, J. L.; PITT, R. E.; KOELSCH, R. K.; WAGNET, R. J. Improving dairy farm sustainability. II. Environmental losses and nutrient flows. *Journal Production Agriculture*, v. 11, p. 233–239, 1998.

KALSCHEUR, K. F.; VANDERSALL, J. H.; ERDMAN, R. A.; KOHN, R. A.; RUSSEK-COHEN, E. Effects of dietary crude protein concentration and degradability on milk production responses of early, mid and late lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.82, p. 545-554, 1999.

KUNG, J. R. L.; STANLEY, R. W. Effects of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 54, n. 4, p. 689-696, 1982.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; ROSSETO, R.; FIGUEIREDO, P. A variedade IAC 86-2480 como nova opção de cana-deaçúcar para fins forrageiros: manejo da produção e uso na alimentação animal. Campinas: IAC, 2002. 36p. (Boletim Técnico IAC 193 Série Tecnologia APTA).

LENG, R. A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition Reserve Review*, v. 3, n. 3, p. 277-303, 1990.

LENG, R. A.; PRESTON, T. R. Sugar cane for cattle production: present constraints, perspectives and research priorities. *Tropical Animal Production*, v. 1, p. 1-22, 1976.

MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. D.; CABRAL, L. D.; MELLO, R.; DE FREITAS, J. A.; TORRES, R. D.; VALADARES, S. D.; DE ASSIS, A. J. Effects of replacing corn silage with sugarcane on production and ruminal metabolism of lactating dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 2, p. 591-599, 2006.

MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. D.; VALADARES, S. D.; TORRES, R. D.; NETO, J. M.; DE ASSIS, A. J. Sugar cane as a substitute for corn silage in diets for milking cows. performance and economical viability. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 5, p. 1292-1302, 2004.

McCARTHY JR, R. D.; KLUSMEYER, T. H.; VICINI, J. L.; CLARK, J. H.; NELSON, D. R. 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, n. 8, p. 2002-2016, 1989.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR. G. C. (Ed.) Forage quality, evaluation, and utilization. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p. 450-493.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80: 1463-1481, 1997.

MENDONÇA, S. D.; CAMPOS, J. M. D.; FILHO, S. D. V.; VALADARES, R. F. D.; SOARES, C. A.; LANA, R. D.; DE QUEIROZ, A. C.; DE ASSIS, A. J.; PEREIRA, M. L. A. Intake, apparent digestibility, milk production and composition and ruminal variables of dairy cows fed sugar cane based diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 2, p. 481-492, 2004.

NAVES, J. R. Utilização de fontes proteicas em dietas à base de cana-de-açúcar para vacas leiteiras. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, D.C.: National Academy Press 1985.

NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, D.C.: National Academy Press 1989.

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

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. A review. *Journal of Dairy Science*, v. 71, p. 2051-2069, 1988.

NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.). Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Cambridge: University Press, 1993. p.123-144.

NUSSIO. Milho e sorgo para a produção de silagem In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.). Volumosos para bovinos., 1993, Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, , p. 75-177.

NUSSIO. Cana. Depois de se impor em pequenos confinamentos, ela começa a atrair os grandes *Revista DBO Rural*, v. 1, n. 6, p. 104-112, 2003.

OLIVEIRA, M.D.S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1999. 128p.

OLIVEIRA, J. C. M.; TIMM, L. C.; TOMINAGA, T. T.; CASSARO, F. A. M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; DOURADO-NETO, D.; CAMARA, G. M. D. Soil temperature in a sugarcane crop as a function of the management system. *Plant and Soil*, v. 230, n. 1, p. 61-66, 2001.

OLMOS COLMENERO, J. J.; G. A. BRODERICK, G. A. Effect of dietary crude protein concentration on ruminal nitrogen metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 89, p. 1694–1703, 2006.

PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; BARIONI JR., W. RODRIGUES, A. A.; LOURES, D. R. S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J. L.; MARI, L. J.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.;

SCHMIDT, P.; PAZIANI, S. F.; HORII, J. Performance of Holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, p. 649-654, 2006.

PEDROSO, A. D.; NUSSIO, L. G.; RODRIGUES, A. D.; SANTOS, F. A. P.; MOURAO, G. B.; BARIONI, W. Performance of dairy cows fed rations produced with sugarcane silages treated with additives or fresh sugarcane. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, n. 9, p. 1889-1893, 2010.

PEREIRA, E. S.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; VALADARES FILHO, S. C.; MIRANDA, L. F.; FERNANDES, A. M.; CABRAL, L. S. Determinação das frações protéicas e de carboidratos e taxas de degradação *in vitro* da cana-de-açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, n. 6, p. 1887-1893, 2000.

PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. Degradabilidade “in vivo” e “in situ” de nutrientes e eficiência de síntese de proteína microbiana, em bovinos, alimentados com cana-de-açúcar sob diferentes formas. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 763-777, 1996.

PINA, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; CAMPOS, J. M.; DETMANN, E.; MARCONDES, M. I.; OLIVEIRA, A. S.; TEIXEIRA, R. M. A. 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.

PIRES, A. V.; SUSIN, I. M.; SIMAS, J. M. C.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; FERNANDES, J. J. R.; ARAUJO, R. C.; MENDES, C. Q. Substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar e caroço de algodão sobre o desempenho de vacas holandesas em lactação. Ciência Animal Brasileira, v. 11, n. 2, p. 251-257, 2010.

PRESTON, T. R.; LENG, R.A. Utilization of tropical feeds by ruminants. In: RUCKBRUSH, T.; THIVELAND, P. Digestive physiology and metabolism in ruminants. Westport: AVI, 1980. p. 620-640.

QUEIROZ, O. C. M.; NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J. L.; SANTOS, M. C.; ZOPOLLATTO, M. Sugar cane silage as compared to traditional supplemental sources of forage in the performance of high production cows. Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science, v. 37, n. 2, p. 358-365, 2008.

REYNAL, S. M.; BRODERICK, G. A. Effect of dietary level of rumen-degraded protein on production and nitrogen metabolism in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, v. 88, n. 11, p. 4045-4064, 2005.

RIUS, A. G.; MCGILLIARD, M. L.; UMBERGER, C. A.; HANIGAN, M. D. Interactions of energy and predicted metabolizable protein in determining nitrogen efficiency in the lactating dairy cow. Journal of Dairy Science, v. 93 p. 2034–2043, 2010.

ROTZ, C. A.; SATTER, L. D.; MERTENS, D. R.; MUCK, R. E. Feeding strategy, nitrogen cycling, and profitability of dairy farms. Journal of Dairy Science, v. 82 p. 2841–2855, 1999.

SANNES, R. A.; MESSMAN, M. A.; VAGNONI, D. B. Form of rumen-degradable carbohydrate and nitrogen on microbial protein synthesis and protein efficiency of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 85, p. 900–908, 2002.

SANTOS, F. A. P. Metabolismo de proteínas. In. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 538-601.

SANTOS, F. A. P.; SANTOS, J. E. P.; THEURER, C. B.; HUBER, J. T. Effects of rumen undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literature review. *Journal of Dairy Science*, v. 81, n. 12, p. 3182-3213, 1998.

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

SILVA, R. M. N.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R.; CAMPOS, J. M. S.; OLIVEIRA, G. A.; OLIVEIRA, A. S. Uréia para vacas em lactação. 1. Consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 5, p. 1639-1649, 2001.

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Livroceres, 1979.

SMITS, M. C. J.; VALK, H.; ELZING, A.; KEEN, A. Effect of protein nutrition on ammonia from a cubicle house for dairy cattle. *Livestock Production Science*, v. 44, n. 1, p. 47-156, 1995.

VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JR., V. R.; CAPPELLE, E. R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. CQBAL 2.0. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 297.

VALVASORI, E.; LUCCI, C. S. L.; ARCARO, J. R. P. Avaliação da cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho para vacas leiteiras. *Brazilian Journal of Veterinarian Research in Animal Science*, v. 32, n. 4, p. 224-228, 1995.

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

VIRTANEN, A. I. Milk production of cows on protein-free feeds. *Science*, v. 153, p. 1603-1610, 1966.