

ASPECTOS NUTRICIONAIS APLICADOS A BOVINOS EM PASTEJO NOS TRÓPICOS

Edenio Detmann¹, Mário Fonseca Paulino², Sebastião de Campos Valadares Filho³, Erick Darlisson Batista⁴, Luana Marta de Almeida Rufino⁴

^{1/} Zootecnista, D.Sc., Professor Associado, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. Pesquisador 1A do CNPq, Pesquisador do INCT-Ciência Animal (detmann@ufv.br).

^{2/} Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Professor Associado, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Pesquisador 1A do CNPq, Pesquisador do INCT-Ciência Animal.

^{3/} Zootecnista, D.Sc., Professor Titular, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. Pesquisador 1A do CNPq, Coordenador do INCT-Ciência Animal.

^{4/} Zootecnista, M.Sc., Doutorando em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Bolsista do CNPq.

INTRODUÇÃO

A maioria dos sistemas de produção de bovinos de corte em regiões tropicais está baseada na utilização de gramíneas tropicais como recursos forrageiros basais, pois estas são capazes de prover substratos energéticos de baixo custo, principalmente a partir dos carboidratos fibrosos (Paulino et al., 2008). Contudo, as gramíneas tropicais raramente podem ser consideradas como dieta equilibrada para animais em pastejo, pois estas irão exibir invariavelmente uma ou mais limitações nutricionais que causarão restrições sobre o consumo de pasto, a digestão da forragem ou a metabolizabilidade dos substratos absorvidos. Desta forma, demanda-se a identificação da principal limitação nutricional do pasto para se evitar entraves à produção animal. Depois de identificadas, as deficiências nutricionais poderão ser reduzidas ou eliminadas utilizando-se um programa adequado de suplementação, o que resultará em incremento no desempenho dos animais e na eficiência do sistema de produção (Detmann et al., 2010; 2014a).

Neste contexto, os programas de suplementação constituem ferramentas para o provimento de recursos suplementares visando à redução ou eliminação de entraves nutricionais e/ou metabólicos (meta primária) e ao alcance de metas de produção animal (meta secundária) (Figura 1). Os programas de suplementação variam qualitativamente e quantitativamente em função da dinâmica de



alteração qualitativa e quantitativa dos recursos nutricionais basais (pasto) ao longo do ciclo climático anual e, em segunda instância, em função das metas de produção para as diferentes categorias animais.

Durante a estação do ano com baixa precipitação (época seca) observa-se declínio na qualidade nutricional das gramíneas sob pastejo, refletindo a baixa concentração de proteína bruta (PB) e o incremento na lignificação da parede celular. A disponibilidade restrita de PB constitui entrave para o crescimento microbiano sobre os carboidratos fibrosos da forragem basal (Hennessy et al., 1983; Leng, 1990; Detmann et al., 2009). Esta deficiência específica implica baixa utilização da parede celular potencialmente degradável pelos microrganismos ruminais e resulta em comprometimentos sobre o consumo de pasto e sobre o desempenho animal (Egan & Doyle, 1985; Leng, 1990; Paulino et al., 2008). Sob tais circunstâncias diversos estudos conduzidos em condições tropicais têm permitido evidenciar que a suplementação com compostos nitrogenados constitui a ferramenta prioritária para se incrementar a utilização da forragem de baixa qualidade por animais em pastejo (Hennessy et al., 1983; Leng, 1990; Figueiras et al., 2010; Sampaio et al., 2010; Souza et al., 2010).

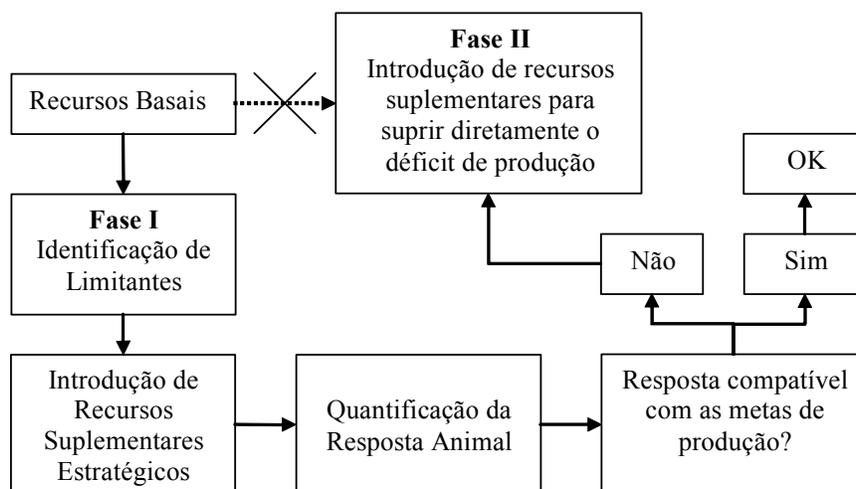


Figura 1 - Descrição teórica do procedimento de adoção de um programa de suplementação em um sistema de produção de bovinos em pastejo.

Fonte: Detmann et al. (2010).

Por outro lado, durante a estação chuvosa (época das águas) as gramíneas tropicais sob pastejo exibem intenso crescimento e a forragem produzida possui valor nutritivo superior àqueles observados durante a época seca. Contudo, a despeito da maior produção animal, a utilização da forragem basal durante a época das águas não deve ser vista como otimizada, pois existe um ganho potencial (ganho latente) de aproximadamente 200 g/animal/dia que pode ser obtido com o uso de suplementos (Poppi & McLennan, 1995; Paulino et al., 2008). Segundo Detmann et al. (2010; 2014a), a avaliação dos pastos tropicais durante o período chuvoso indica que há um desequilíbrio na relação proteína:energia (P:E), com excesso relativo de energia (Figura 2). Isso indica diretamente que os programas de suplementação a serem utilizados neste período devem focar prioritariamente o estabelecimento de um equilíbrio dietético que envolva a elevação da concentração dietética de



proteína para que o excedente relativo de substratos energéticos da forragem possa ser transformado em produto animal. Desta forma, a suplementação na época das águas deve ser centrada em características essencialmente proteicas (Detmann et al., 2010), excetuando-se os casos em que pastos de alto nível proteico são disponibilizados aos animais, o que em termos de gramíneas tropicais somente têm sido obtidos quando manejos intensivos do pasto são associados a quantidades elevadas de adubação nitrogenada.

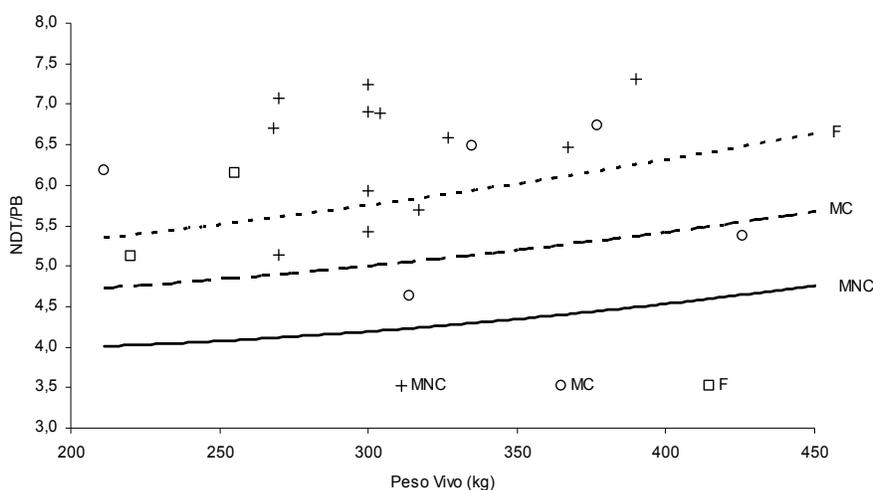


Figura 2 - Relação entre as concentrações de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de proteína bruta (PB) na dieta de bovinos em pastejo em forragens tropicais de média a alta qualidade sem suplementação (Dados oriundos de 20 experimentos conduzidos pelo grupo de pesquisa de Nutrição de Bovinos em Pastejo, DZO-UFV, perfazendo 95 unidades experimentais avaliadas. As linhas contínuas representam a relação NDT/PB ditada pelas exigências nutricionais para manutenção e ganho de 1 kg/dia segundo dados do sistema BR-CORTE. MNC = macho não-castrado; MC = macho castrado; F = fêmea. Os dados de peso vivo são baseados no peso ao início de cada experimento).

Fonte: Detmann et al. (2010).



No entanto, a despeito da visão bem estabelecida no tocante à variação na qualidade e aos entraves nutricionais do pasto ao longo do ano, em poucos estudos têm se atentado para a investigação/elucidação simultânea das interações dos diversos fatores que resultam no estabelecimento das eficiências metabólica e produtiva de animais pastejando gramíneas tropicais (Leng, 1990). Um dos principais aspectos deste processo interativo é a eficiência de uso do nitrogênio (N) para a produção animal. Esta importância se calca sobre o fato de N ser o elemento associado diretamente às deficiências nutricionais do pasto ao longo de todo o ano e, em decorrência disso, o N passa a representar o principal definidor da composição dos suplementos múltiplos a serem ofertados para os animais. A complexidade dos efeitos do N sobre a produção de animais em pastejo nos trópicos se eleva quando se considera que sua disponibilidade metabólica afeta diretamente o uso da energia metabolizável (EM) e que a retenção de N no organismo animal é reflexo da eficiência de uso de todos os substratos envolvidos na síntese corporal e de produtos (e.g., músculos, órgãos, tecidos secretores, conceito), o que resulta em produção (e.g., ganho de peso, gestação, lactação).

A despeito das evidências científicas que suportam a posição prioritária do N em programas de suplementação, diversos paradigmas ainda necessitam ser derrubados e/ou alterados com relação à prática de programas de suplementação.

Um dos principais paradigmas associados aos programas de suplementação reside sobre a visão do pasto como um recurso nutricional de características discretas. Isso leva à classificação do recurso basal a ser utilizado exclusivamente com base na estação do ano (classificação discreta), fazendo com que o pasto seja interpretado como vários substratos diferentes ao longo do ano. O ponto negativo deste tipo de interpretação reside sobre o fato de que os programas de suplementação passam a ser “regidos” por regras momentâneas, que não são funcionais, que não propiciam o entendimento adequado da produção animal e que dificultam o planejamento do sistema de produção em si.



O fato de o N ser a base dos programas de suplementação, independentemente da estação do ano, evidencia que o substrato basal é único (e não “vários”) ao longo do ciclo anual de produção. Em outras palavras, o substrato basal possui características contínuas (e não discretas), assim como a produção animal em pastejo. Desta forma, torna-se necessário e obrigatório o entendimento da dinâmica do pasto ao longo de todo o ciclo anual de produção, o que permitirá a proposição de soluções e regras gerais para os programas de suplementação, ampliando o leque de informações para o planejamento da produção. A partir deste entendimento, chega-se à conclusão de que os problemas de ordem nutricional e metabólica que limitam a produção animal são os mesmos ao longo do ano, uma vez que a produção e o pasto possuem comportamento contínuo. A única variação estaria associada à intensidade com que cada limitação se manifestaria em função das oscilações quantitativas e qualitativas do pasto ao longo do ciclo anual de produção.

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DO NITROGÊNIO DIETÉTICO

Conforme ressaltado previamente, a suplementação proteica/nitrogenada tem sido apontada como principal ferramenta de manejo para incremento da produtividade animal em pastejo, principalmente no tocante à melhor utilização dos recursos nutricionais oriundos dos pastos tropicais.

Os efeitos positivos da PB suplementar sobre a produção de animais em pastejo podem ser entendidos sob dois diferentes aspectos: suprimento de compostos nitrogenados para crescimento microbiano (deficiência primária ou dietética) e adequação metabólica para utilização dos nutrientes absorvidos (deficiência secundária ou metabólica) (Egan & Moir, 1965; Lee et al., 1987; Leng, 1990; Detmann et al., 2010; Detmann et al., 2014b).



Deficiências primárias de nitrogênio

A meta prioritária para o incremento na utilização de forragens tropicais, principalmente aquelas consideradas de baixa qualidade, consiste em otimizar a disponibilidade de nutrientes para o animal a partir dos processos fermentativos ruminais. Para que esta meta seja alcançada deve se assegurar que não haverá deficiências para o crescimento microbiano no rúmen. Assim, os microrganismos ruminais crescerão de forma eficiente e, por intermédio das vias fermentativas, poderão extrair quantidade satisfatória de energia a partir dos carboidratos fibrosos (Leng, 1990; Detmann et al., 2009). Neste contexto, a deficiência de nitrogênio no rúmen deve ser vista como o principal entrave ao consumo e degradação de forragens tropicais de baixa qualidade (Egan & Doyle, 1985; Lee et al., 1987; Souza et al., 2010). Esta deficiência é normalmente caracterizada pela baixa disponibilidade de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR), o que restringe o crescimento microbiano e, por consequência, a utilização dos carboidratos fibrosos da forragem (Satter & Slyter, 1974; MacRae et al., 1979; Lee et al., 1987; Detmann et al., 2009; Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2010).

Considerando-se as situações nas quais deficiências ruminais de compostos nitrogenados são observadas, programas de suplementação com compostos nitrogenados devem ser estabelecidos para que se propicie concentração mínima de 8 mg NAR/dL de fluido ruminal, o que garante aos microrganismos disponibilidade de compostos nitrogenados para a síntese dos sistemas enzimáticos responsáveis pela degradação dos carboidratos fibrosos da forragem (Detmann et al., 2009; Figura 3). Cabe ressaltar que níveis deficitários de NAR somente são observados nos trópicos quando forragens de baixa qualidade são disponibilizadas aos animais (Detmann et al., 2010). De acordo com avaliação conduzida por Detmann et al. (2014b), esta concentração de NAR (8 mg/dL) seria observada com concentração dietética de PB de cerca de 100 g/kg de matéria seca (MS). Considerando o comportamento médio da concentração de PB em forragens tropicais sob pastejo contínuo no Brasil (Detmann et al., 2010; 2014b),



deficiências de compostos nitrogenados para o crescimento microbiano seriam principalmente observadas no período seco do ano.

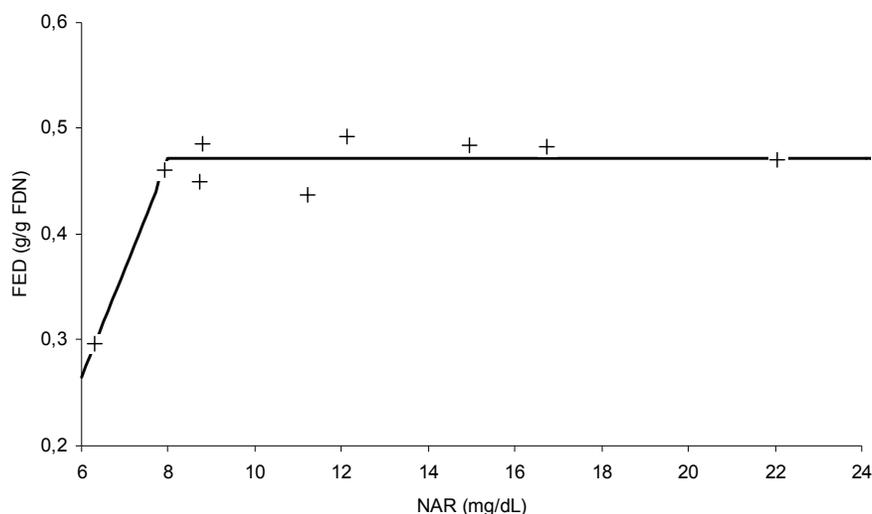


Figura 3 - Relação entre fração efetivamente degradada da fibra em detergente neutro (FED) e a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) em bovinos alimentados com forragem de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados ($\hat{Y} = -35,4390 + 10,323 \times X$, $\forall X \leq 8,0048$; $\hat{Y} = 47,19$, $\forall X > 8,0048$; $R^2 = 0,912$).

Fonte: Adaptado de Detmann et al. (2009).

Programas de suplementação baseados no suprimento exclusivo da quantidade de compostos nitrogenados necessária para a correção de deficiências para o crescimento microbiano são normalmente caracterizados pelo fornecimento de baixas quantidades de suplementos com elevada concentração proteica e com grande participação de fontes nitrogenadas não proteicas. Paulino et al. (2001) classificaram esta forma de manejo alimentar como suplementação em níveis catalíticos, na qual objetiva-se



apenas reduzir a relação C:N do substrato basal (forragem), ampliando sua degradação, a extração de energia a partir da fibra e a síntese de compostos nitrogenados microbianos. Nestes casos, os patamares máximos de produção oscilarão entre a manutenção do peso animal e o estabelecimento de ganhos de baixa magnitude, o que logicamente dependerá de interações determinadas pela categoria e estágio fisiológico dos animais e pela disponibilidade quantitativa e qualitativa do substrato basal.

Deve-se, contudo, considerar que as metas de manejo alimentar e produção dos animais e a utilização dos compostos nitrogenados suplementares para produção devem ser interpretadas em dois patamares ou etapas distintas. Qualquer planejamento produtivo para ganhos acima da manutenção deve se iniciar a partir da correção da deficiência em compostos nitrogenados para o crescimento microbiano. Somente após o suprimento de tais deficiências e a obtenção de estimativas da capacidade produtiva do pasto/forragem é que o suprimento direto de compostos nitrogenados para síntese de produto animal (e.g., ganho de peso) deve ser considerado (Figura 1). A suplementação planejada de forma única e exclusiva para o atendimento direto das exigências para ganho (ou produção) pode conduzir à utilização não otimizada dos recursos basais, reflexo de possíveis deficiências marginais de nutrientes no rúmen, que comprometem o consumo e a digestão da forragem, ou podem causar desequilíbrios dietéticos que refletirão em desequilíbrios metabólicos, prejudicando o consumo e a eficiência de utilização da proteína metabolizável (PM) ou da EM.

Assim, qualquer entendimento da eficiência de transformação metabólica dos compostos nitrogenados em produto animal somente pode ser adequadamente obtido considerando-se que as deficiências de compostos nitrogenados do rúmen tenham sido corrigidas.

Deficiências secundárias de nitrogênio

Diversas avaliações da relação entre o fornecimento de suplementos e o consumo de forragem e a produção animal têm



permitido evidenciar que elevações na concentração dietética de PB causam efeitos positivos em situações nas quais a dieta é deficiente em nitrogênio, mas podem gerar resultados negativos se excesso de PB é provido via suplementação (DeIurto et al., 1990; Detmann et al., 2004; Sampaio et al., 2010; Detmann et al., 2014b).

Como ressaltado anteriormente, quando dietas baseadas em forragens tropicais são oferecidas aos animais, efeitos positivos da suplementação com compostos nitrogenados sobre a degradação ruminal da fibra somente são observados com a elevação da concentração de NAR a níveis próximos a 8 mg/dL (Detmann et al., 2009), o que equivaleria ao fornecimento de suplementos nitrogenados de forma a elevar o nível dietético de PB a concentrações próximas a 100 g/kg MS (Detmann et al., 2010; Detmann et al., 2014b).

Quando dietas apresentam alta proporção de forragem, como é o caso de bovinos em pastejo, esperar-se-ia que o consumo voluntário fosse determinado predominantemente por mecanismos associados à repleção física. Sob este pressuposto, ao se otimizar a degradação ruminal por intermédio da suplementação com compostos nitrogenados propiciar-se-ia condições teóricas para maximização do consumo de forragem. No entanto, contrariando estes pressupostos, estudos conduzidos em condições tropicais têm evidenciado que estímulos sobre o consumo voluntário são observados com a elevação da disponibilidade dietética de N a patamares superiores àqueles necessários para a degradação ruminal (Leng, 1990; Detmann et al., 2009; Figueiras, 2013; Detmann et al., 2014b;). Considerando-se resultados obtidos em condições brasileiras, o consumo voluntário de forragem tem sido estimulado com o estabelecimento de concentrações de NAR e de PB próximas a 15 mg/dL (Detmann et al., 2009) e 145 g/kg MS (Detmann et al., 2014b), respectivamente.

Este comportamento evidencia que efeitos metabólicos ou pós-digestivos dos compostos nitrogenados podem afetar positivamente o consumo em adição aos efeitos causados pelo estímulo à degradação ruminal. Isto significa que o consumo voluntário em animais alimentados com forragens deve ser



considerado como resultante da integração de mecanismos reguladores (Weston, 1996) e efeitos do N suplementar diferentes daqueles associados à redução do efeito de enchimento ruminal estão atuando diretamente sobre a regulação do consumo voluntário de forragens, mesmo daquelas consideradas de baixa qualidade (Egan 1965a; Detmann et al., 2009; Costa et al., 2011a; Figueiras, 2013).

Os efeitos da proteína sobre a regulação do consumo voluntário não podem ser avaliados de forma isolada, pois o metabolismo animal está baseado na integração de diferentes mecanismos, na disponibilidade de diversos substratos e metabólitos e em complexo sistema de sinalização e regulação bioquímica e hormonal (Detmann et al., 2014b). Incrementos no consumo voluntário têm sido associados com melhorias no status de proteína no organismo animal (Egan, 1965a; Egan & Moir, 1965; Kempton et al., 1976). Em termos teóricos, a expressão “status de proteína” define a disponibilidade quantitativa e qualitativa de compostos nitrogenados para todas as funções fisiológicas no metabolismo animal, incluindo-se as funções associadas com o metabolismo de outros compostos (e.g., energia). Portanto, o status de proteína constitui um termo relativo que dependerá do nível de produção e estágio fisiológico do animal, os quais definirão os requerimentos de compostos nitrogenados (Detmann et al., 2014b).

A utilização de uma relação P:E constitui ferramenta mais plausível para o entendimento dos efeitos metabólicos da proteína sobre o consumo, uma vez que permite melhor visualização da adequação metabólica do animal. Adicionalmente, a relação P:E é reconhecidamente um dos fatores responsáveis pela regulação do consumo voluntário em animais ruminantes (Illius & Jessop, 1996) e diversos autores têm associado alterações na relação P:E na dieta com variações no consumo voluntário de pasto (Egan, 1977; Panjaitan et al., 2010; Costa et al., 2011a; Figueiras, 2013). Uma das formas de expressão da relação P:E mais comum no estudo com ruminantes em pastejo é a razão entre as concentrações dietéticas de PB e de matéria orgânica digestível (MOD) ou de nutrientes digestíveis totais (NDT). Detmann et al. (2014b) avaliaram dados



oriundos de experimentos brasileiros e inferiram que o máximo consumo voluntário de forragem é observado com a relação de 288 g PB/kg MOD (Figura 4).

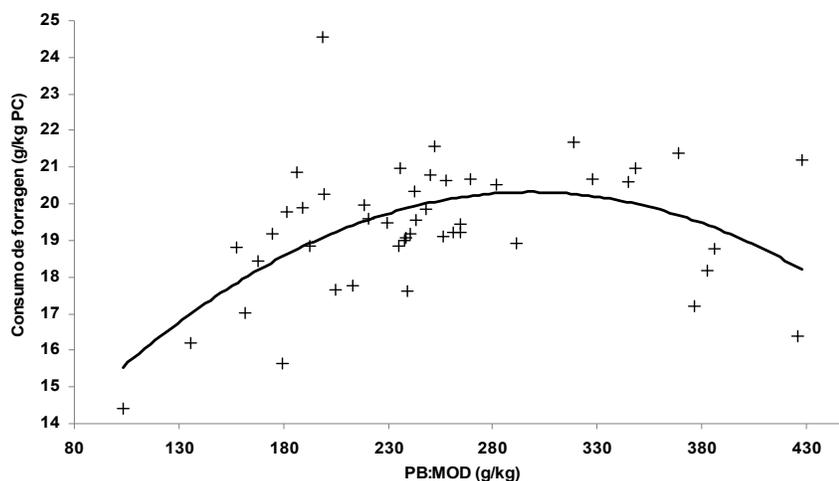


Figura 4 - Associação entre a relação proteína bruta:matéria orgânica digerida (PB:MOD) e o consumo de forragem em bovinos em condições tropicais ($\hat{Y} = 9,1 + 0,075 \times X - 0,00013 \times X^2$; $R^2 = 0,759$).

Fonte: Detmann et al. (2014b).

Durante os períodos de crescimento das forragens (i.e., período de chuvas ou períodos de transição) os pastos tropicais não seriam considerados deficientes em PB (Poppi & McLennan, 1995). Contudo, em recente abordagem, Detmann et al. (2010) avaliaram dados oriundos de 20 experimentos conduzidos no Brasil durante os períodos de crescimento forrageiro e concluíram que existem um desbalanço dietético da relação P:E nos pastos tropicais, com excesso relativo de energia em relação à proteína (Figura 2). Este tipo de desbalanço decresce a eficiência de utilização da EM e pode reduzir o consumo devido ao aumento na produção de calor corporal atribuído à necessidade de eliminação do excesso relativo de



energia (Poppi & McLennan, 1995; Illius & Jessop, 1996;). Portanto, a suplementação proteica pode promover adequação na relação P:E e ampliar o consumo voluntário de pasto (Figura 4).

Por outro lado, o excesso de N em relação à energia disponível no metabolismo animal pode acarretar diversos efeitos negativos sobre o consumo voluntário (Poppi & McLennan, 1995; Detmann et al., 2007).

Em abordagem utilizando dados australianos, Poppi & McLennan (1995) inferiram que perdas de proteína iriam ocorrer (e, por consequência, observar-se-ia excesso de proteína em relação à energia) quando a concentração de PB na dieta excedesse 210 g/kg MOD, sendo esta relação recomendada como valor ótimo. Este valor mostra-se inferior à relação ótima sugerida por Detmann et al. (2014b) a partir de dados obtidos no Brasil (288 g PB/kg MOD; Figura 4). No entanto, as respostas à PB suplementar são também dependentes da forragem utilizada e da estrutura da parede celular, além do teor de PB da forragem (Bohnert et al., 2011), fatores que poderiam explicar a diferença entre as relações P:E ótimas estabelecidas na Austrália e no Brasil.

Levando-se em consideração o conceito de status de proteína previamente apresentado, pode ser percebido que os compostos nitrogenados disponíveis para o metabolismo animal seriam utilizados para diferentes funções metabólicas seguindo-se uma ordem de prioridade para o animal, a saber: sobrevivência, manutenção e produção (crescimento, reprodução, etc). Portanto, deposições de N na forma de tecidos corporais ou de produtos somente ocorreriam depois de supridas as demandas por compostos nitrogenados de maior prioridade (Detmann et al., 2014b).

Uma das funções metabólicas de maior prioridade é a reciclagem de N para o trato gastrointestinal. Esta assertiva mostra-se plausível considerando-se que um suprimento contínuo de N para o crescimento microbiano no rúmen deve ser visto como estratégia de sobrevivência (Egan, 1965b; Van Soest, 1994). Sob suprimento deficiente de N, o animal reduz a excreção urinária de N e incrementa a fração do N dietético que é reciclada ao ambiente ruminal (Hennessy & Nolan, 1988). Se a deficiência de N se torna



mais severa, o animal pode ampliar a mobilização de tecido para sustentar a massa de N reciclada (NRC, 1985; Rufino, 2011; Detmann et al., 2014a; Figura 5).

Considerando-se uma situação alimentar “normal”, sem que haja uma deficiência proeminente de compostos nitrogenados, a quantidade de N reciclada ao ambiente ruminal mantém-se relativamente constante (Marini & Van Ambourgh, 2003; Maltby et al., 2005; Reynolds & Kristensen, 2008). Portanto, haverá menor deposição de N na forma de tecidos sob baixas concentrações dietéticas de compostos nitrogenados devido ao fato de uma maior percentagem do N ingerido ser direcionada para reciclagem e, como consequência, menor percentagem do N estará disponível para produção.

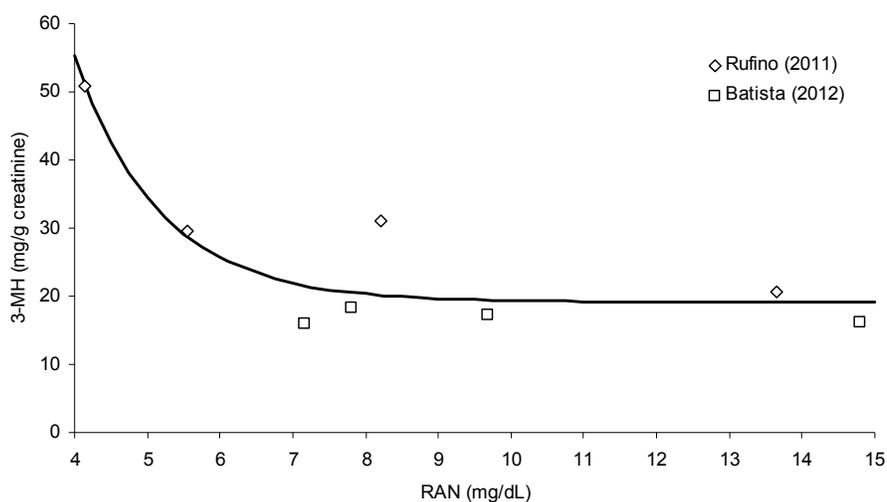


Figura 5 - Excreção urinária de 3-metil histidina (3-MH) em função da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (RAN) em bovinos alimentados com forragens tropicais ($\hat{Y} = 1120,0 \times e^{-0,8589 \times X} + 19,1657$, $s_{XY} = 5,88$, $n = 32$; a excreção urinária de 3-MH é utilizada como indicador da mobilização de proteína miofibrilar).

Fonte: Detmann et al. (2014a).



As questões relacionadas às prioridades metabólicas dos compostos nitrogenados podem ser percebidas, ao menos em parte, a partir da avaliação do balanço de N no ambiente ruminal (BNR). Diversas estimativas negativas de BNR têm sido obtidas em experimentos conduzidos em condições tropicais, o que significa que o fluxo de N para o abomaso é superior ao consumo de N. Nestes casos, existirá maior dependência dos eventos de reciclagem para prover suprimento adequado de N no ambiente ruminal. Isto acarretará em redução da eficiência de utilização da PM para ganho e, em alguns casos, em elevação da taxa de mobilização de proteína muscular para o suprimento das demandas de N de maior prioridade (Costa et al., 2011b; Rufino, 2011; Detmann et al., 2014a; Figura 5), implicando baixa eficiência de utilização do N dietético (Figura 6).

Sob condições tropicais, o BNR está positivamente associado à disponibilidade de N (concentração dietética de PB e concentração de NAR), mas não sofre influência direta da digestibilidade da dieta (Detmann et al., 2014b). Este comportamento indica que a deficiência dietética de N é a causa da falta de equilíbrio no ambiente ruminal concernente ao balanço de N e situações de BNR negativos podem ser contornadas pela utilização de suplementos proteicos (Figueiras et al., 2010; Costa et al., 2011b; Lazzarini, 2011; Rufino, 2014). De acordo com avaliações conduzidas por Detmann et al. (2014b), seriam necessárias concentrações mínimas de 124 g PB/kg MS ou 9,2 mg NAR/dL de fluido ruminal para proporcionar um equilíbrio aparente entre *input* e *output* de N no rúmen (i.e., BNR = 0) e, conseqüentemente, garantir boa disponibilidade de N para outras demandas no metabolismo animal (Figura 7).

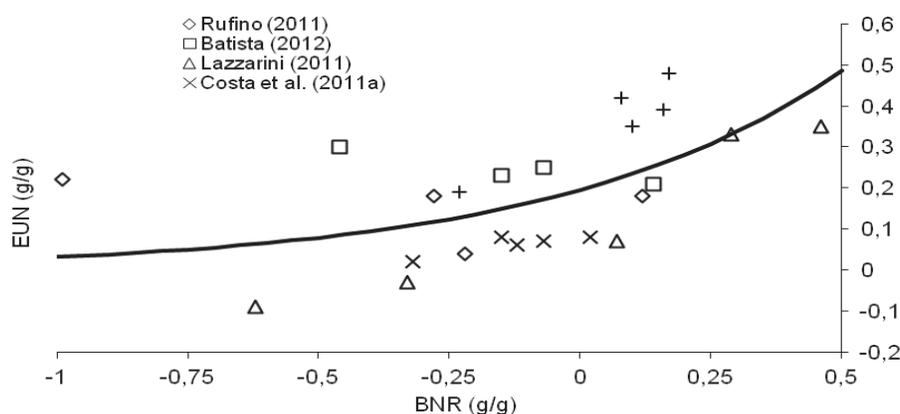


Figura 6 - Eficiência de utilização do nitrogênio no organismo animal (EUN; g N retido/g N ingerido) em função do balanço de nitrogênio no rúmen [BNR, (g N ingerido – g N fluído para o abomaso)/g N ingerido] em bovinos alimentados com forragens tropicais ($\hat{Y} = 0,1955 \times e^{1,8199 \times X}$, $s_{XY} = 0,1261$, $n = 107$).

Fonte: Detmann et al. (2014a).

As avaliações em termos de BNR podem ser realizadas em conjunto com mensurações da produção microbiana relativa no ambiente ruminal (NMICR; g N microbiano/g N ingerido), uma vez que ambas as variáveis são consideradas indicadores do status de N no rúmen e, conseqüentemente, estão indiretamente associadas ao status de proteína no organismo animal. Estimativas de NMICR maiores que 1 indicam deficiência severa de N e elevada dependência do N reciclado para manutenção do crescimento microbiano no rúmen (Detmann et al., 2010). Sob condições de suprimento dietético deficiente ocorrerá um ganho líquido de N no rúmen devido à assimilação do N reciclado na forma de proteína microbiana (Egan, 1974; MacRae et al., 1979; NRC, 2001), o que constitui uma das principais causas dos valores negativos de BNR e das altas estimativas de NMICR. Uma vez mais se ressalta que o



suprimento de N suplementar pode ser utilizado para se contornar esta deficiência ruminal (Figura 7).

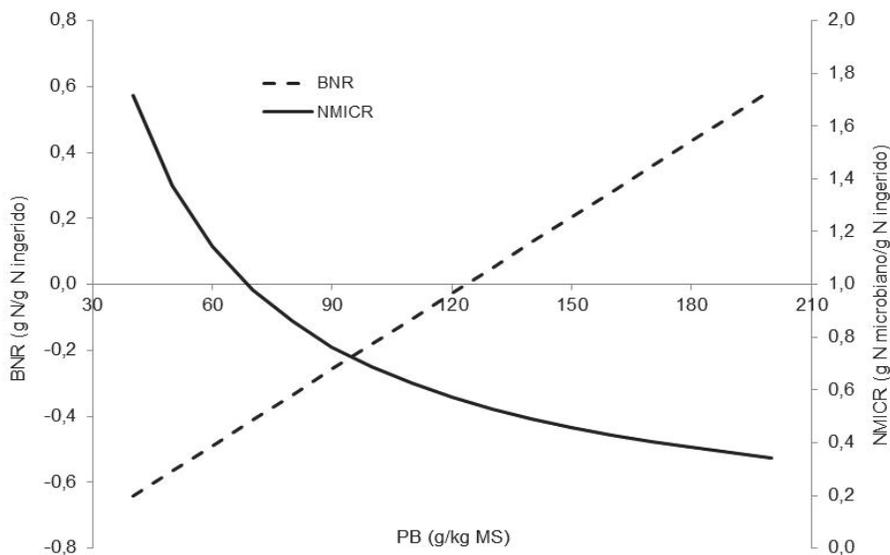


Figura 7 - Relação entre o balanço de nitrogênio no rúmen (BNR), a produção relativa de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (NMICR) e a concentração dietética de proteína bruta (PB) ($\hat{Y}_{\text{BNR}} = -0,951 + 0,0077 \times X$; $r^2 = 0,641$; $\hat{Y}_{\text{NMICR}} = 68,67/X$; $R^2 = 0,965$).

Fonte: adaptado de Detmann et al. (2014b).

De forma geral, a eficiência de utilização do N no organismo do animal (EUN; g N retido no organismo/g N ingerido) está mais fortemente associada ao suprimento de N do que ao conteúdo de energia da dieta e é ampliada pela melhoria nas condições do status de proteína no organismo animal (Detmann et al., 2014b). Estas relações confirmam os argumentos previamente apresentados, nos quais a melhoria no status de proteína incrementa a proporção do N total que é utilizada para fins anabólicos, o que eleva a eficiência global de utilização da PM. Em recente experimento, Rufino (2014) verificou que a suplementação de bovinos alimentados com forragem



tropical de baixa qualidade com compostos nitrogenados incrementou as atividades anabólicas no organismo animal, o que foi evidenciado pela elevação na concentração sanguínea do fator de crescimento similar à insulina (Figura 8).

A hipótese de que a EUN é ampliada pela melhoria no status de proteína do organismo animal parece ser muito mais verossímil do que qualquer efeito direto do suprimento de PM via suplementos, pois incrementos na EUN têm sido obtidos como fornecimento de fontes nitrogenadas protéicas ou não-protéicas (Egan & Moir, 1965; Costa et al., 2011b).

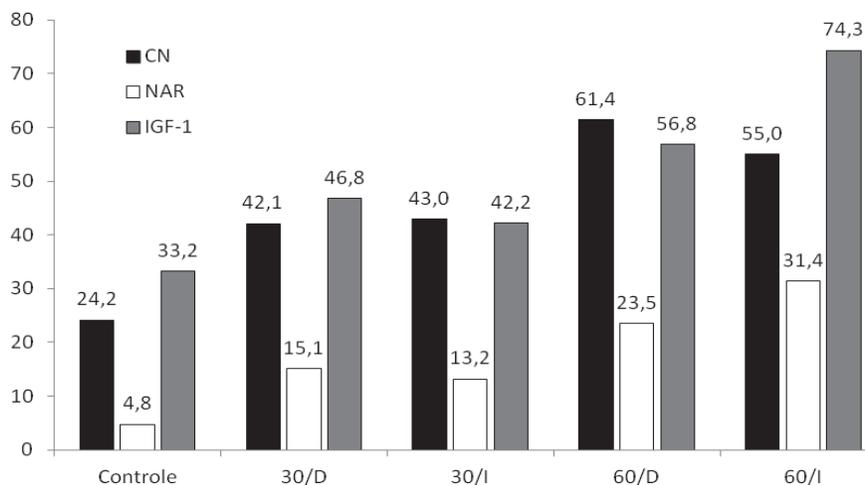


Figura 8 - Médias para o consumo de nitrogênio (CN; g/dia), concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR; mg/dL) e concentração sanguínea do fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1; ng/mL) em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados (Controle = sem suplementação; 30 e 60 = suprimento de 30 e 60% das exigências diárias de proteína degradável no rúmen; D e I = fornecimento de suplemento diário ou infrequente, a cada três dias). A concentração de IGF-1 constitui indicador das atividades anabólicas no organismo animal.

Fonte: Rufino (2014).



A baixa associação entre EUN e energia dietética relatada por Detmann et al. (2014b) agrega suporte aos argumentos previamente apresentados por Detmann et al. (2010) com relação ao excesso relativo de energia nos pastos tropicais. Neste contexto, incrementos na EUN com a suplementação com compostos nitrogenados (Figura 9) somente são possíveis devido ao fato de haver energia disponível no metabolismo animal (Figueiras, 2013; Detmann et al., 2014b). Este argumento é reforçado pelos resultados obtidos por Figueiras (2013), o qual verificou que a suplementação exclusivamente energética em animais em pastejo durante o período das águas poderia resultar em incrementos no consumo de pasto. Contudo, elevações na eficiência metabólica somente foram obtidas com o fornecimento de compostos nitrogenados (Tabela 1). Desta forma, a suplementação nitrogenada pode também incrementar a eficiência de utilização da EM (Leng, 1990; Poppi & McLennan, 1995), mais uma vez corroborando que os compostos nitrogenados devem ser a base para o estabelecimento de programas de suplementação, mesmo quando as forragens sob pastejo são consideradas de média ou alta qualidade.



Tabela 1 - Médias de quadrados mínimos e desvio-padrão residual (s) para o consumo de pasto (CP; g/kg de peso corporal), consumo de N (CN; g/dia), concentração de N amoniacal ruminal (NAR; mg/dL), eficiência de uso do nitrogênio (EUN; g N retido/g de N ingerido), fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NMIC; g/dia) em bovinos em pastejo durante o período das águas recebendo suplementos com diferentes concentrações de proteína

Item	Tratamentos ¹						Valor-P ²			
	C	0	330	670	1000	s	C vs S	L	Q	C
CP	19,0	20,7	22,0	21,7	24,5	1,9	0,001	0,024	0,427	0,218
CN	121	113	135	169	196	21	0,014	<0,001	0,780	0,657
NAR	7,5	7,7	9,7	11,9	14,6	0,7	<0,001	<0,001	0,294	0,788
EUN	0,16	-0,07	0,12	0,09	0,11	0,13	0,164	0,099	0,184	0,344
NMIC	44	59	72	71	98	18	0,007	0,016	0,446	0,279

¹/ C = controle, sem suplementação; 0, 330, 670 e 1000 = concentração de proteína bruta nos suplementos (g/kg de matéria natural). Os suplementos foram fornecidos na quantidade de 1 g/kg de peso corporal. O pasto apresentava concentração de PB de 122,5 g/kg MS. ²/ C vs S = comparação entre controle (sem suplementação) e tratamentos com o fornecimento de suplementos; L, Q e C = efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica em função da concentração de proteína nos suplementos. Os efeitos foram considerados significativos com P<0,10. Fonte: Figueiras (2013).

NITROGÊNIO SUPLEMENTAR E DESEMPENHO ANIMAL

O manejo da suplementação animal em pastejo no Brasil tem sido realizado tomando-se como base a categoria animal, a meta de produção e, principalmente, as características qualitativas e quantitativas da forragem disponível ao pastejo. Estas características da forragem refletem tão somente as respostas da planta às características climáticas peculiares de cada estação do ano, as quais são geralmente agrupadas em períodos de crescimento ou não das plantas forrageiras.

Durante o período seco do ano, embora com menor qualidade, a forragem disponível ao pastejo pode ser considerada estável do ponto de vista nutricional. Devido à interrupção quase



completa do crescimento vegetal, a variabilidade nutricional do pasto ao longo da estação é afetada praticamente pela disponibilidade de massa forrageira. Ao início da estação seca, a maior disponibilidade de forragem permite aos animais exercer de forma mais intensa a seleção do material a ser ingerido. Sem crescimento vegetal, a massa disponível se reduz ao longo da estação seca, reduzindo a possibilidade de seleção e, conseqüentemente, fazendo com que o animal ingira partes da planta de menor qualidade nutricional (Detmann et al., 2010).

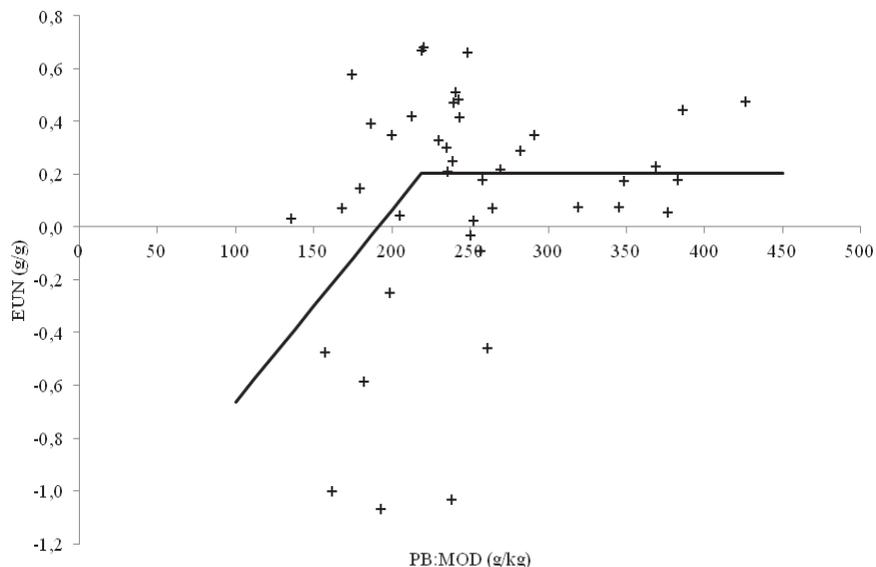


Figura 9 - Associação entre a relação entre as concentrações dietéticas de proteína bruta e de matéria orgânica digestível (PB:MOD) e a eficiência de utilização do nitrogênio no organismo animal (g N assimilado no organismo/g N ingerido; $\hat{Y} = -1,395 + 0,0073 \times X$, $\forall X \leq 218,8$ $\hat{Y} = 0,202$, $\forall X > 218,8$; $s = 0,171$).

Fonte: Detmann et al. (2014b).



Por outro lado, durante o período de crescimento das plantas, a massa disponível ao pastejo não pode ser considerada estável do ponto de vista nutricional, pois a forma como o crescimento vegetal se altera durante este período e a interação do animal com a variabilidade na massa disponível podem levar a alterações marcantes na qualidade do material ingerido. Segundo Detmann et al. (2010), sob as óticas nutricional e produtiva, o período em que forragem de melhor qualidade é ofertada ao animal pode ser dividido em três fases distintas:

- I. **Transição Seca-Águas:** fase que se segue após a ocorrência das primeiras chuvas. Caracteriza-se pelo aumento na disponibilidade de água após a seca e início da elevação da temperatura e do fotoperíodo após o inverno. O processo de crescimento da forrageira se inicia de forma rápida e se caracteriza por ampla emissão de novas folhas. A relação folha:colmo e o teor de proteína da forragem se elevam rapidamente. Devido ao alto teor de proteína solúvel nas folhas recém-emitidas, a suplementação proteica nos primeiros dias do período de transição pode trazer consequências negativas ao animal, como, por exemplo, ocorrência de diarreias;
- II. **Águas:** fase em que a temperatura, a precipitação e a radiação solar encontram-se em patamares relativamente estáveis e propícios ao crescimento vegetal, que é contínuo, excetuando-se momentos em que pequenos distúrbios, como veranicos, são observados; e
- III. **Transição Águas-Seca:** se inicia no final do período de verão, com a redução do fotoperíodo, da temperatura e da frequência de precipitação. Normalmente as plantas entram em estágio reprodutivo, observando-se redução gradativa da relação folha:colmo, do teor de proteína na forragem e do crescimento vegetal.

Detmann et al. (2014b) realizaram meta-análise envolvendo o desempenho de animais, características da forragem pastejada e dos suplementos utilizados em 44 experimentos com animais em pastejo no Brasil. Estes autores concluíram que as transições apresentam características similares entre si, mas possuem



características distintas daquelas observadas nas estações de seca e águas, demandando adequações específicas dos programas de suplementação.

A despeito das diferenças entre estações, Detmann et al. (2014b) concluíram que há respostas positivas à suplementação proteica ao longo de todo o ano. Contudo, de forma lógica, a resposta à PB suplementar será inversamente proporcional à concentração de PB no pasto. Em outras palavras, a resposta à suplementação proteica será mais proeminente à medida que ocorre queda na qualidade do pasto. Segundo a equação ajustada por estes autores, respostas positivas com a suplementação proteica seriam obtidas com pastos de até 225 g PB/kg MS (Figura 10).

Os resultados expostos sobre o desempenho animal representam uma aproximação prática para a discussão previamente apresentada sobre a EUN. A maior resposta verificada com forragens de baixa qualidade (i.e., período seco) pode ser explicada pelo efeito duplo do N suplementar em termos de se ampliar a disponibilidade de N para a fermentação ruminal e ampliar o status de proteína no metabolismo animal (Egan & Moir, 1965; Detmann et al., 2009). Por outro lado, as respostas à proteína suplementar com forragens de média a alta qualidade (Figura 10) corroboram as assertivas realizadas por pesquisadores australianos (Poppi & McLennan, 1995) e brasileiros (Paulino et al., 2008), nas quais declara-se haver a possibilidade de obtenção de ganho adicional de aproximadamente 200-300 g/dia com o uso de suplementos quando as forragens pastejadas apresentam boa qualidade nutricional.

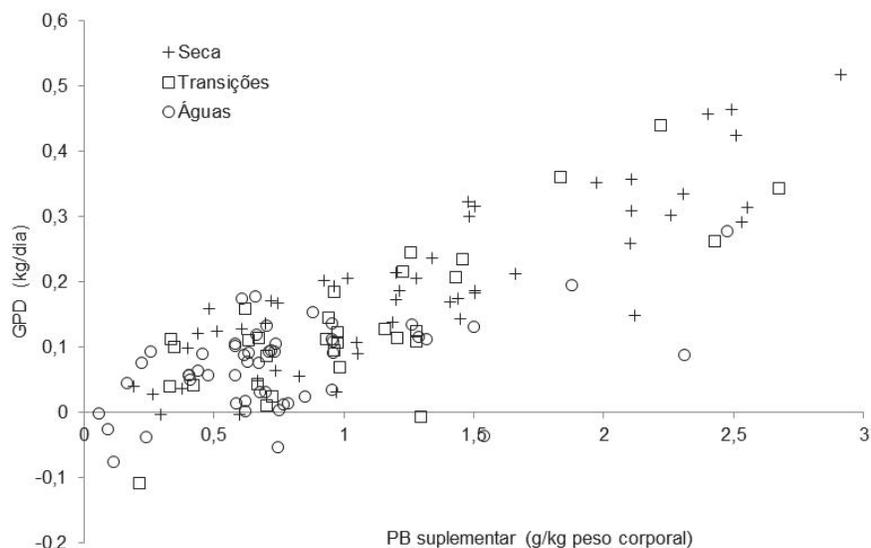


Figura 10 - Relação entre o ganho de peso diferencial (GPD; ganho adicional em relação ao ganho obtido apenas com forragem, sem suplementação) e a proteína bruta (PB) fornecida via suplementação [$\hat{Y} = 0,198 \times \text{PBS} - 0,00088 \times (\text{PBS} \times \text{PBP})$; $R^2 = 0,965$; em que: PBS = proteína bruta suplementar (g/kg de peso corporal) e PBP = concentração de proteína bruta no pasto (g/kg MS)].

Fonte: Detmann et al. (2014b).

CONCLUSÕES

Existem respostas positivas da suplementação com compostos nitrogenados com relação ao consumo de forragem e eficiência de uso do nitrogênio no metabolismo animal. Estas respostas são em parte atribuídas a melhorias na digestibilidade da dieta, principalmente quando as forragens apresentam baixa qualidade. Contudo, o principal benefício da suplementação com compostos nitrogenados está baseado em melhorias do status de proteína no metabolismo animal. Ambos os efeitos contribuem para a



observação de respostas positivas da suplementação proteica sobre o desempenho animal ao longo de todo o ano.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao INCT-Ciência Animal, que tornaram possível a realização dos trabalhos de pesquisa que serviram de base para esta revisão.

Aos estudantes de graduação e pós-graduação e egressos ligados aos grupos de pesquisa Nutrição de Bovinos em Pastejo do DZO-UFV, os quais são responsáveis por grande parte do conhecimento aqui apresentado.

REFERÊNCIAS

- Batista, E.D., 2012. *Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade*. Departamento de Zootecnia/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (Dissertação – Mestrado em Zootecnia)
- Bohnert, D.W., DelCurto, T., Clark, A.A., Merrill, M.L., Falck, S.J., Harmon, D.L., 2011. Protein supplementation of ruminants consuming low-quality cool-or warm-season forage: Differences in intake and digestibility. *J. Anim. Sci.*, 89, 3707-3717.
- Costa, V.A.C., Detmann, E., Paulino, M.F., Valadares Filho, S.C., Carvalho, I.P.C., Monteiro, L.P., 2011a. Intake and digestibility in cattle under grazing during rainy season and supplemented with different sources of nitrogenous compounds and carbohydrates. *R. Bras. Zootec.*, 40, 1788-1798.
- Costa, V.A.C., Detmann, E., Paulino, M.F., Valadares Filho, S.C., Henriques, L.T., Carvalho, I.P.C., 2011b. Total and partial digestibility and nitrogen balance in grazing cattle supplemented with non-protein and, or true protein nitrogen during the rainy season. *R. Bras. Zootec.*, 40, 2815-2826.



- DelCurto, T., Cochran, R.C., Corah, L.R., Beharka, A.A., Vanzant, E.S., Johnson, D.E., 1990. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: II. Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. *J. Anim. Sci.*, 68, 532-542.
- Detmann, E., Paulino, M.F., Zervoudakis, J.T., Cecon, P.R., Valadares Filho, S.C., Gonçalves, L.C., Cabral, L.S., Melo, A.J.N., 2004. Crude protein levels in multiple supplements for finishing crossbred beef cattle at pasture during dry season: productive performance and carcass characteristics. *R. Bras. Zootec.*, 33, 169-180.
- Detmann, E., Paulino, M.F., Valadares Filho, S.C., Lana, R.P., 2007. Fatores controladores de consumo em suplementos múltiplos fornecidos *ad libitum* para bovinos manejados a pasto. *Cad. Téc. Vet. Zootec.*, 55, 73-93.
- Detmann, E., Paulino, M.F., Mantovani, H.C., Valadares Filho, S.C., Sampaio, C.B., Souza, M.A., Lazzarini, I., Detmann, K.S.C., 2009. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. *Liv. Sci.*, 126, 136-146.
- Detmann, E., Paulino, M.F., Valadares Filho, S.C., 2010. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: *Anais do 7º Simpósio de Produção de Gado de Corte*, Viçosa. pp.191-240.
- Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Paulino, M.F., Huhtanen, P., 2014a. Nutritional aspects applied to grazing cattle in tropics: a review based on Brazilian results. *Semina* (submetido e fazendo aniversário).
- Detmann, E., Valente, E.E.L., Batista, E.D., Huhtanen, P., 2014b. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Liv. Sci.*, 162, 141-153.
- Egan, A.R., 1965a. Nutritional status and intake regulation in sheep. III. The relationship between improvement of nitrogen status and increase in voluntary intake of low-protein roughages by sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, 16, 463-472.
- Egan, A.R., 1965b. The fate and effects of duodenally infused casein and urea nitrogen in sheep fed on a low-protein roughage. *Aust. J. Agric. Res.*, 16, 169-177.



- Egan, A.R., 1974. Protein-energy relationships in the digestion products of sheep fed on herbage diets differing in digestibility and nitrogen concentration. *Aust. J. Agric. Res.*, 25, 613-630.
- Egan, A.R., 1977. Nutritional status and intake regulation in sheep. VIII. Relationships between voluntary intake of herbage by sheep and the protein/energy ratio in the digestion products. *Aust. J. Agric. Res.*, 28, 907-915.
- Egan, J.K., Doyle, P.T., 1985. Effect of intraruminal infusion of urea on the response in voluntary food intake by sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, 36, 483-495.
- Egan, A.R., Moir, R.J., 1965. Nutritional status and intake regulation in sheep. I. Effects of duodenally infused single doses of casein, urea, and propionate upon voluntary intake of a low-protein roughage by sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, 16, 437-449.
- Figueiras, J.F., 2013. *Desempenho nutricional de bovinos em pastejo suplementados durante os períodos de transição seca águas e de águas*. Departamento de Zootecnia/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (Tese – Doutorado em Zootecnia).
- Figueiras, J.F., Detmann, E., Paulino, M.F., Valente, T.N.P., Valadares Filho, S.C., Lazzarini, I., 2010. Intake and digestibility in cattle under grazing during dry season supplemented with nitrogenous compounds. *R. Bras. Zootec.*, 39, 1303-1312.
- Hennessy, D.W., Nolan, J.V., 1988. Nitrogen kinetics in cattle fed a mature subtropical grass hay with and without protein meal supplementation. *Aust. J. Agric. Res.*, 39, 1135-1150.
- Hennessy, D.W., Williamson, P.J., Nolan, J.V., Kempton, T.J., Leng, R.A., 1983. The roles of energy-or protein-rich supplements in the subtropics for young cattle consuming basal diets that are low in digestible energy and protein. *J. Agric. Sci.*, 100, 657-666.
- Illius, A.W., Jessop, N.S., 1996. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *J. Anim. Sci.*, 74, 3052-3062.
- Kempton, T.J., Nolan, J.V., Leng, R.A., 1976. Principles for the use of non-protein nitrogen and by-pass proteins in diets of ruminants. *World Anim. Rev.*, 22, 2-10.



- Lazzarini, I., 2011. *Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante os períodos de seca e águas suplementados com compostos nitrogenados e/ou amido*. Departamento de Zootecnia/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (Tese – Doutorado em Zootecnia).
- Lazzarini, I., Detmann, E., Sampaio, C.B., Paulino, M.F., Valadares Filho, S.C., Souza, M.A., Oliveira, F.A., 2009. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *R. Bras. Zootec.*, 38, 2021-2030.
- Lee, G., Hennessy, D.W., Nolan, J., Leng, R.A., 1987. Responses to nitrogen and maize supplements by young cattle offered a low-quality pasture hay. *Austr. J. Agric. Res.*, 38, 195-207.
- Leng, R.A., 1990. Factors affecting the utilization of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.*, 3, 277-303.
- MacRae, J.C., Milne, J.A., Wilson, S., Spence, A.M., 1979. Nitrogen digestion in sheep given poor-quality indigenous hill herbage. *Br. J. Nutr.*, 42, 525-534.
- Maltby, S.A., Reynolds, C.K., Lomax, M.A., Beever, D.E., 2005. Splanchnic metabolism of nitrogenous compounds and urinary nitrogen excretion in steers fed alfalfa under conditions of increased absorption of ammonia and L-arginine supply across the portal-drained viscera. *J. Anim. Sci.*, 83, 1075-1087
- Marini, J.C., Van Amburgh, M.E., 2003. Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. *J. Anim. Sci.*, 81, 545-552.
- National Research Council – NRC, 1985. *Ruminant nitrogen usage*. Washington, DC, Academic Press.
- National Research Council – NRC, 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7 ed. Washington, DC, Academic Press.
- Panjaitan, T., Quigley, S.P., McLennan, S.R., Swain, T., Poppi, D.P., 2010. Intake, retention time in the rumen and microbial protein production of *Bos indicus* steers consuming grasses varying in crude protein content. *Anim. Prod. Sci.*, 50, 444-448.
- Paulino, M.F., Detmann, E., Zervoudakis, J.T., S.C., 2001. Suplementos múltiplos para recria e engorda de bovinos em pastejo. In: *Anais do 2º Simpósio de Produção de Gado de Corte*, Viçosa. pp.187-232.



- Paulino, M.F., Detmann, E., Valente, E.E.L., Barros, L.V., 2008. Nutrição de bovinos em pastejo. In: *Anais do 4º Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem*, Viçosa. pp.131-169.
- Poppi, D.P., McLennan, S.R., 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.*, 73, 278-290.
- Reynolds, C.K., Kristensen, N.B., 2008. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. *J. Anim. Sci.*, 86, E293-E305 (electronic supplement).
- Rufino, L.M.A., 2011. *Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade*. Departamento de Zootecnia/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (Dissertação – Mestrado em Zootecnia).
- Rufino, L.M.A., 2014. *Desempenho nutricional e características metabólicas em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade em respostas à suplementação infrequente com compostos nitrogenados*. Departamento de Zootecnia/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (Tese – Doutorado em Zootecnia – em andamento).
- Sampaio, C.B., Detmann, E., Paulino, M.F., Valadares Filho, S.C., Souza, M.A., Lazzarini, I., Paulino, P.V.R., Queiroz, A.C., 2010. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Trop. Anim. Health Prod.*, 42, 1471-1479.
- Satter, L.D., Slyter, L.L., 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Br. J. Nutr.*, 32, 199-208.
- Souza, M.A., Detmann, E., Paulino, M.F., Sampaio, C.B., Lazzarini, I., Valadares Filho, S.C., 2010. Intake, digestibility, and rumen dynamics of neutral detergent fibre in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. *Trop. Anim. Health Prod.*, 42, 1299-1310.
- Van Soest, P.J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. Ithaca, Cornell University Press.
- Weston, R.H., 1996. Some aspects of constraint to forage consumption by ruminants. *Aust. J. Agric. Res.*, 47, 175-197.