

Efeitos associativos: consequências da suplementação concentrada que afetam o rúmen e o desempenho de ruminantes - Associative effects: consequences of concentrate supplementation that affect the rumen and the ruminant performance

Fernandes, T.A.*: Departamento de Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Campus universitário, s/n. CEP 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. | **Prates, E.R.:** Departamento de Zootecnia. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. | **Barcellos, J.O.J.:** Departamento de Zootecnia. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. | **Costa, P.T.:** Departamento de Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Campus universitário, s/n. CEP 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. | **Farias, G.D.:** Departamento de Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Campus universitário, s/n. CEP 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. | **Vaz, R.Z.:** Departamento de Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Campus universitário, s/n. CEP 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. | **Schafhäuser, J.:** Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, Estação Experimental de Terras Baixas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). BR 392 km 78, Monte Bonito, CEP: 96010971, Pelotas, RS, Brasil.

*Autor para correspondência: Tiago Albandes Fernandes – e-mail: tiago.albandes.fernandes@zootecnista.com.br

Resumo

A produção de ruminantes, em muitas regiões, é baseada na exploração de forrageiras cultivadas e/ou naturais. Entretanto, a produção estacional das plantas, sua baixa produção de matéria seca e/ou qualidade nutricional, limitam o aporte de nutrientes para o potencial produtivo animal, impactando na rentabilidade. Dadas estas limitações, muitos sistemas têm adotado estratégias de suplementação, incorporando na dieta nutrientes de melhor qualidade. Esta técnica reduz ou elimina o déficit, melhora o consumo e digestibilidade da dieta e a produção animal. Contudo, nem sempre, o resultado obtido é o esperado, devido a efeitos contrários como a redução no consumo e aproveitamento da dieta. Estes desvios ocorrem devido às interações entre os componentes da dieta, que afetam o equilíbrio e o

funcionamento do rúmen. Estas interações são denominadas de efeitos associativos, podendo ser positivos ou negativos para o animal e o sistema. Os efeitos associativos dependem de vários fatores, principalmente, da quantidade e da qualidade dos componentes dos alimentos. A formulação de uma dieta é calculada com base na soma dos valores de nutrientes dos alimentos que a integram, assumindo-se que estes valores individuais não se alteram quando o animal consome a mistura. Todavia, os efeitos associativos comprometem os cálculos. Portanto, sua inclusão nos modelos nutricionais, elevaria a precisão de avaliações produtivas relacionadas à eficiência animal e econômica de um sistema.

Palavras Chave: Forragem | Feno | Adição | Substituição.

Abstract

In many regions, ruminant production is based on the cultivated and natural forages explorations. However, the seasonal production, their low dry matter production and nutritional quality, limit nutrient supply for the potential animal production, influencing in the profitability. Given these limitations, many systems have adopted supplementation strategies, incorporating better quality of nutrients in the diet. In many situations, this technique reduces or eliminates the nutritional deficit, improving food intake and digestibility of diet and animal production. However, not always, the result obtained is the expected, due to adverse effects such as reducing food intake and utilization of the diet. These deviations between the observed and the expected are due the interactions between diet components, that affect the equilibrium and functioning of rumen. These interactions called as associative effects, being positive or negative for the performance of the animal and the system. Associative effects are dependent of many factors, principally, of the quantity and quality of food components. The formulation of a diet is calculated based in the sum of the nutrient values of foods that integrate it, assuming that these individual values do not change when the animal ingests the mixture. But, the associative effects prejudice the calculations. Therefore, their inclusion in nutritional models would increase the accuracy of assessments related to animal production and economic efficiency of a system.

Key Words: Forage | Hay | Addition | Substitution.

Introdução

Em geral, os sistemas de produção de ruminantes apresentam como principal recurso alimentar as áreas de pastagens, cultivadas ou naturais. Isto é devido a fatores econômicos ou por sua disponibilidade e qualidade distintas

em diferentes regiões do mundo. Muitas destas regiões situam-se em uma latitude, que pode ser considerada privilegiada, pois permite a utilização de espécies forrageiras tropicais, subtropicais, bem como temperadas. Esse fato possibilita e facilita a adoção de sistemas pastoris de produção animal durante todo o ano ou grande parte do mesmo. Todavia, dadas algumas circunstâncias, os sistemas de produção animal baseados apenas na exploração de áreas de pastejo podem não atender a demanda de nutrientes necessária para que os animais expressem todo o seu potencial genético de produção. Fatores como a produção estacional das plantas forrageiras geram uma grande oscilação na capacidade de suporte destas áreas, demonstrando a existência de períodos de abundância e períodos de escassez.

Os períodos de escassez, sejam provenientes da baixa produção de matéria seca e/ou baixa qualidade nutricional dos componentes das plantas, repercutem em redução no ganho de peso animal e, até mesmo, perda de peso. São esses fatores que corroboram para uma maior lentidão do sistema produtivo e, conseqüentemente, queda ou atraso do seu retorno financeiro. Dados estes fatos, os suplementos concentrados podem ser vistos como uma importante ferramenta para se corrigir ou amenizar possíveis deficiências nutricionais que interferem no desempenho dos animais em pastejo, sejam elas de ordem quantitativa e/ou qualitativa. A suplementação energética e/ou protéica tende a disponibilizar dentro do ambiente ruminal um maior aporte de nutrientes como nitrogênio, fósforo e enxofre, além de energia, estimulando a atividade da fauna bacteriana ruminal, disponibilizando maiores teores de ácidos graxos voláteis e proteína microbiana.

O emprego de estratégias de suplementação concentrada tem apresentado uma significativa elevação com o decorrer do tempo. Sua justificativa está intimamente ligada à capacidade, muitas vezes, limitada das plantas forrageiras em manterem os níveis de produção em seus ápices, justamente quando a demanda do mercado exige índices zootécnicos cada vez mais elevados ao longo dos anos. Esta tática pode ser incorporada ao sistema de produção de maneira sistêmica ou estrutural, permitindo uma considerável elevação do retorno econômico dos sistemas de atividade pecuária, através do favorecimento de uma melhor e mais significativa eficiência produtiva e, por conseguinte, redução temporal no ciclo produtivo.

Existem parâmetros envolvidos na utilização de suplemento e seus impactos sobre a fisiologia digestiva animal e sua consequente resposta produtiva, os quais devem ser levados em consideração antes de se estabelecer a estratégia adequada. A inclusão de alimentos concentrados a base de grãos e seus subprodutos na composição da dieta total de ruminantes podem prejudicar a manutenção do equilíbrio do ambiente ruminal, principalmente, quando estes possuem elevados teores de nutrientes altamente solúveis, dando-se ênfase, aos carboidratos de rápida fermentação ruminal. Teores dietéticos elevados de proteína de fácil fermentação, além de desequilíbrio, pela formação e acúmulo excessivo de amônia no ambiente ruminal, tendem a desencadear um dispêndio energético desnecessário, pois

toda amônia produzida em excesso, posteriormente, será metabolizada no fígado e excretada na forma de uréia com conseqüente gasto de energia.

A população bacteriana ruminal para apresentar uma satisfatória eficiência fermentativa e desenvolvimento, necessita de um correto aporte de substratos, tais como amônia, aminoácidos e ácidos graxos, dentre outros. Um desequilíbrio no fornecimento destes gera transtornos na funcionalidade da câmara fermentativa como um todo, através da interação entre os componentes dos alimentos que compõem a dieta total. Tais interações, normalmente, tendem a favorecer um maior ou menor aproveitamento dos componentes da dieta e, conseqüentemente, no desempenho animal. A estas interações entre os alimentos componentes da dieta, volumosos e concentrados, que desencadeiam uma série de alterações nos parâmetros de consumo e digestibilidade, por parte do animal, dá-se o nome de efeitos associativos, que por sua vez podem ser benéficos ou prejudiciais, dependendo dos níveis de inclusão na dieta e da magnitude das interações apresentadas entre si. Todavia a amplitude dos efeitos associativos ainda não está bem clara e definida. Mas sabe-se que quanto melhor for a qualidade do alimento volumoso, maior será o impacto negativo causado pela suplementação sobre o seu consumo e sua digestibilidade. Diferentemente, com forrageiras de baixa qualidade, a suplementação em níveis moderados tende a estimular e melhorar tais parâmetros.

Importância da Suplementação em Sistemas Produtivos de Ruminantes

Devido a Era da industrialização e a grande expansão do capitalismo, a população humana tem apresentado um crescimento gradual, fato que resulta em uma substancial elevação da demanda por alimentos. Tal elevação visa atender à grande extensão numérica populacional e às mudanças de hábitos alimentares que esta nova população civilizada apresenta, migrando de uma alimentação baseada principalmente em produtos de origem vegetal para uma alimentação mais baseada em proteína de origem animal. Em virtude dessa crescente demanda, as técnicas de produção têm se apresentado de maneira mais organizada, aperfeiçoando-se para atingir o máximo e mais eficiente grau de produtividade. São as exigências mercadológicas as maiores responsáveis por nortear os sistemas de criação de ruminantes que utilizam as pastagens como base de alimentação, principalmente, referindo-se à possibilidade de se suprir à quantidade de nutrientes exigida para que o animal possa alcançar seu ápice de desempenho produtivo (Poppi & McLennam, 1995).

Em uma situação onde a pastagem é tida como a base da alimentação de um rebanho, da interação entre as exigências nutricionais e o valor nutritivo da pastagem resulta o desempenho animal, que pode, ou não, ser satisfatório. Em ruminantes consumindo forragens, a quantidade de alimento e, conseqüentemente, nutrientes que o animal é capaz de consumir é o fator de maior impacto e controle sobre a sua capacidade produtiva (Minson, 1990). Na situação em que apenas a forragem não é capaz de suprir as exigências de produção do animal, faz-se necessária a inclusão de uma

estratégia de suplementação, a qual se apresente mais conveniente e adaptada, dependendo, basicamente, das exigências dos animais e da quantidade e qualidade da forragem que se dispõe.

De um ponto de vista produtivista, Cibilis et al. (1997) definem o ato de se suplementar ruminantes, como a ação de se complementar e/ou integrar nutrientes a dieta, em um processo que é composto pelo animal, pela pastagem e pelo manejo, visando-se sempre a otimização do desempenho físico e econômico do sistema. Todavia, a suplementação concentrada de ruminantes pode ser definida de forma mais básica, como o ato de se incorporar na dieta total do animal um maior aporte de nutrientes de melhor qualidade (Cronjé, 1990).

De acordo com Lange (1980), ao se suplementar um animal, procura-se obter um ou mais efeitos imediatos, tais como: aumentar o nível de produção individual, proporcionando os nutrientes cuja insuficiência faz com que a produção por animal fique abaixo do desejado; melhorar a eficiência e utilização do alimento, suprindo-se as exigências nutricionais do animal de forma completa e com correto balanço das proporções dos diferentes nutrientes; melhorar a utilização de plantas forrageiras, permitindo o aumento ou manutenção da carga animal nos períodos de déficit forrageiro, favorecendo a recuperação das forragens para novos picos de produção e evitando situações de sub-pastejo; prevenir déficits e doenças nutricionais por ausência de carências minerais; e transformar forragens e subprodutos de colheitas agrícolas em produto de origem animal.

O suprimento das exigências nutricionais para que seja possível a correta síntese de tecidos em ruminantes é altamente dependente do conteúdo de nutrientes presentes no alimento volumoso que o animal está consumindo, da composição bromatológica da porção da forragem selecionada para consumo pelo animal, da quantidade de cada nutriente obtida devido à seleção, das alterações realizadas pelos microrganismos ruminais sobre os nutrientes e da eficiência das reações bioquímicas envolvidas nos processos (Black, 1990).

A utilização e composição de um suplemento concentrado são dependentes da composição, valor nutritivo, digestibilidade, taxa de consumo, dentre outros, tanto do suplemento, quanto da forragem utilizada, ou seja, da dieta total consumida pelo animal. Cochran et al. (1998) definem como suplemento ideal aquele que seja capaz de fornecer o aporte nutricional deficiente nos demais componentes da dieta total consumida pelo animal, permitindo a maximização do uso do alimento volumoso, ou seja, faz-se importante que o suplemento concentrado apenas complemente os nutrientes faltantes no alimento volumoso, sem causar impactos negativos nos parâmetros de consumo e digestibilidade dos componentes nutricionais ofertados pelas plantas forrageiras.

Owens et al. (1991), salientam que o fornecimento de suplementos concentrados com boa disponibilidade de nutrientes, principalmente proteína,

tendem a melhorar consideravelmente o desempenho de ruminantes consumindo forragens de baixo valor nutricional. De acordo com os mesmos autores, esse fato pode ser atribuído aos seguintes fatores: elevação do consumo e da digestibilidade da matéria seca, ocasionado pela inclusão do suplemento e seu aporte de proteína, energia e demais nutrientes, afetando fatores relacionados a forragem, como aumento na digestão microbiana e aumento da taxa de digestão total, elevando a taxa de passagem; elevação na eficiência do uso de nutrientes, devido ao suprimento das exigências de proteína e energia para a síntese de tecidos e apresentando alterações no status hormonal e/ou utilização dos nutrientes.

Em muitas circunstâncias, a suplementação concentrada proporciona uma significativa melhora no desempenho animal, servindo como fonte de energia e/ou proteína, contornando o déficit de nutrientes observado no alimento volumoso e apresentando melhoras nos parâmetros de consumo e digestibilidade da dieta. Contudo, nem sempre, a resposta é satisfatória, podendo ser maior ou menor que a esperada, apresentando efeitos contrários e indesejáveis, como a redução do consumo e aproveitamento dos nutrientes do componente volumoso da dieta (Orskov, 1999). Essa variação perante a resposta obtida e a esperada pode ser explicada pela interação entre os componentes do suplemento concentrado e do volumoso, a qual afeta o comportamento de consumo e digestibilidade da dieta, sendo estes considerados os efeitos associativos (Moore *et al.*, 1999).

Conceitualização de Efeitos Associativos

Dietas formuladas para ruminantes são, normalmente, baseadas em uma mistura de alimentos e seus valores nutricionais. Geralmente, são calculados com base na soma dos valores de nutrientes presentes nos alimentos que a integram, assumindo-se que estes valores individuais de cada componente não se alteram quando o animal consome tal mistura (Robinson *et al.*, 2009). Segundo os mesmos autores, a influência individual de cada ingrediente que compõe a dieta total de um ruminante sobre a sua atividade ruminal pode ser muito variável e contraditória. Cada alimento que compõe a dieta apresenta um comportamento distinto quando combinado com outro ingrediente e isto faz com que os resultados esperados com a mistura de alimentos sejam diferentes dos observados quando os mesmos ingredientes são fornecidos aos animais de maneira separada.

Moore *et al.* (1999) definem os efeitos associativos como os desvios entre o desempenho esperado e observado, decorrentes dos efeitos da suplementação sobre o consumo e a disponibilidade total de nutrientes na dieta do animal, ou seja, quando o aproveitamento dos nutrientes provenientes de uma mistura de alimentos não é exatamente igual à soma dos aproveitamentos dos mesmos nutrientes quando os alimentos são ofertados separadamente. Conforme Moe (1979), citado por Hart (1987), o termo efeito associativo representa de maneira descritiva uma resposta não

linear no aproveitamento dos nutrientes quando dois ou mais alimentos são ofertados em forma de mistura compondo a dieta de um ruminante.

Os efeitos associativos ocorrem geralmente quando se incluem grãos ricos em carboidratos de fácil fermentação na dieta de ruminantes baseada em forragem. Os mesmos autores salientam que os efeitos associativos podem ser denominados positivos quando a ingestão de energia metabolizável a partir da mistura for maior do que a esperada se grão e forragem fossem fornecidos separadamente e denominados negativos em situações onde a ingestão de energia metabolizável for menor que a esperada (Dixon & Stockdale, 1999).

Embora o significado dos efeitos associativos seja evidente, ou seja, que se saiba que a soma das partes que compõem a dieta, muitas vezes, é menor ou maior do que o observado com a combinação das partes, as razões que desencadeiam os efeitos associativos ainda não estão bem claras (Robinson *et al.*, 2009). Os mesmos autores ressaltam que um verídico efeito associativo não se refere apenas à correção da deficiência de um nutriente, mas sim às interações entre os nutrientes.

Classificação dos Efeitos Associativos

A suplementação concentrada de ruminantes consumindo forragens pode proporcionar efeitos associativos de ordem aditiva ou substitutiva, entre forragem e suplemento, com consequências importantes na eficiência de utilização dos nutrientes (Moore *et al.*, 1999). O tipo e a magnitude dos efeitos associativos são altamente dependentes da qualidade do volumoso, do nível de inclusão do suplemento na dieta, das características do suplemento utilizado e das exigências nutricionais por parte do animal (Goetsch *et al.*, 1991).

Segundo Ellis *et al.* (1988), podem ser considerados volumosos de alta qualidade, os que apresentam digestibilidade da matéria orgânica (DMO) superior a 70 %, níveis de FDN inferiores a 45 % e um consumo de matéria seca (CMS) superior a 90 g/UTM. Volumosos de média qualidade apresentam DMO entre 55 e 70 %, teores de FDN entre 45 e 65 % e CMS entre 70 e 90 g/UTM. Volumosos de baixa qualidade são aqueles que apresentam DMO entre 45 e 55 %, teores de FDN entre 65 e 80 % e CMS entre 50 e 70 g/UTM.

Especialmente no caso de concentrados que apresentem elevados teores de carboidratos rapidamente fermentáveis, sugere-se que não se ultrapasse níveis de 0,7 a 0,8% do peso vivo (Horn & Mccollum, 1987; Caton & Dhuyvetter, 1997). Silveira *et al.* (2008) afirmam que a suplementação de forragens de média qualidade com suplemento em nível de 1% do peso vivo causa depressão no consumo de volumoso e nos coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica total e estimada do feno, fibra em detergente neutro, celulose e hemicelulose. Entretanto, Medeiros *et al.* (2008) salientam que desde que se mantenham níveis adequados de proteína degradável no rúmen na dieta, a suplementação até níveis de 0,8% do peso

vivo apresenta um pequeno efeito de depressão sobre a digestibilidade do volumoso e elevação no consumo de matéria orgânica digestível.

Embora os efeitos associativos sejam amplamente discutidos na temática da nutrição de ruminantes, ao menos em teoria, raramente são levados em consideração no momento de se formular uma dieta (Robinson *et al.*, 2009). Para que seja benéfica a utilização da suplementação concentrada para o sistema produtivo, deve-se levar em consideração a qualidade e a quantidade de forragem disponível, tendo em vista os impactos positivos e negativos que a suplementação pode apresentar sobre o consumo de forragem (Islas *et al.*, 2013).

Segundo Lange (1980), dependendo das combinações de volumoso e suplemento concentrado, das interações entre esses componentes e seus resultados na produtividade animal, pode-se classificar os efeitos associativos em cinco tipos de relações possíveis:

Efeito de adição de nutrientes: Pode ocorrer quando o animal obtém da planta forrageira uma reduzida quantidade total de nutrientes em situações onde a forragem pode apresentar pouca palatabilidade ou digestibilidade. Neste caso, o animal não havendo completado sua capacidade de ingestão, ao se fornecer quantidades relativamente reduzidas de suplemento na dieta total, principalmente grãos, os nutrientes que este fornece se somam aos provenientes da forragem, suprimindo as necessidades nutritivas do animal.

Efeito de substituição de nutrientes: em situações onde se apresentam elevadas ofertas de forragem e, estas, de elevado valor nutritivo, o animal pode obter suficientes quantidades de nutrientes, para apresentar o seu máximo desempenho produtivo. Neste caso, ao se incluir suplementos concentrados na dieta dos animais, acaba-se induzindo a um menor consumo de forragem, mas esse efeito substitutivo da forragem por grão não modifica a produtividade do animal, a qual já se apresentava em condição máxima sem a suplementação.

Efeito de adição e substituição: com os efeitos combinados de adição e substituição, ficam compreendidas todas as situações intermediárias que ocorrem com maior frequência do que esses efeitos isoladamente. Pode-se observar uma elevação da média da carga animal refletindo o efeito da substituição. Já os incrementos do ganho médio diário indicam que a inclusão de suplemento concentrado na dieta eleva a quantidade de nutrientes que o animal consome, refletindo o efeito de adição.

Efeito de adição com estímulo: esta situação pode se apresentar ao se administrar um suplemento concentrado de elevado teor de proteína aos animais consumindo forragem de baixa ou média qualidade, como forragens de pastagens diferidas ou em avançado estágio evolutivo. Pressupõe-se que a inclusão de suplemento na dieta eleva a oferta de proteína e energia para o animal, estimulando um maior consumo da forragem de menor valor nutritivo. Além de melhorar o consumo de forragem, a suplementação concentrada com

bom teor de proteína pode apresentar efeitos benéficos sobre a digestibilidade dos componentes da forragem, fato que explica a melhora no consumo voluntário de forragens de baixa e média qualidade. Se somente o consumo de forragem aumenta, espera-se que a capacidade de carga animal diminua, no caso de apenas a digestibilidade aumentar, a capacidade de carga tende a se manter estável, já em situações onde ambos os parâmetros de consumo e digestibilidade são afetados positivamente, observa-se uma elevação da capacidade de carga animal.

Efeito de substituição com depressão: este efeito é comum em situações onde o suplemento utilizado apresenta menor aporte nutricional do que a forragem que os animais se encontram consumindo e a oferta de forragem se encontra restrita, portanto, quanto maior for a restrição da oferta de forragem, maior será a sua substituição dentro da dieta pelo suplemento em questão (normalmente, forragens de baixa qualidade conservadas na forma de silagem ou feno), como consequência, a capacidade produtiva do animal apresenta-se reduzida, pois o suplemento em questão é de baixo aporte nutricional.

Incidência dos Efeitos Associativos

De acordo com alguns autores (Blaxter *et al.*, 1961; Blaxter & Wilson, 1963; Campling & Murdoch, 1966), o efeito mais comum do fornecimento de alimentos concentrados para ruminantes é a redução do consumo de forragem, mas este efeito, normalmente, se faz mais evidente com forragens de elevada digestibilidade. Entretanto alguns estudos sugerem que a oferta de pequenas quantidades de suplemento eleva a ingestão de forragens de baixa digestibilidade (Blaxter & Wilson, 1963; Crabtree & Williams, 1971).

O efeito positivo ocorrerá quando um nutriente limitante para a microbiota ruminal, geralmente correlacionado com forrageiras de baixa ou média qualidade, é fornecido através do suplemento. Em situação contrária, tendo a forrageira uma qualidade de média para alta, o fornecimento de suplementos ricos em energia proveniente de carboidratos de rápida fermentação, apresentará interação negativa com a microbiota, gerando efeito negativo sobre a degradação da fibra (Dixon & Stockdale, 1999).

Efeitos associativos aditivos ocorrem na situação em que a suplementação proporciona aumento do consumo de matéria seca e/ou da digestão da forragem, as quais ocorrem em virtude dos nutrientes limitantes como o nitrogênio, fósforo ou enxofre presentes no concentrado e pouco disponíveis pela forragem (Dixon & Stockdale, 1999), de forma contrária, os efeitos associativos de substituição, onde a suplementação reduz o consumo e/ou a digestão da forragem, ocorrem freqüentemente em função de impactos negativos da suplementação e da rápida fermentação de seus carboidratos sobre o pH ruminal, gerando inibição do crescimento e/ou atividade dos microrganismos ruminais (Dixon & Stockdale, 1999; Rommey & Gill, 2000).

A substituição está relacionada com o efeito associativo negativo entre volumoso e concentrado, situação na qual a forragem apresenta uma carência nutricional e conseqüente queda em sua aceitabilidade por parte do animal, deste modo, a suplementação com concentrado vem suprir tais deficiências e conseqüentemente ocupa a maior parte na dieta dos ruminantes (Campling & Murdoch, 1966). Neste contexto, Morrison & Mackie (1996), defendem que a taxa de substituição entre volumosos de baixa qualidade e concentrados não é significativa e a ingestão da mistura apresenta efeito aditivo, aumentando a densidade energética da dieta e melhorando o desempenho do animal. O efeito substitutivo é quantificado através da taxa de substituição que representa a redução no consumo de volumoso expressa como proporção da quantidade de suplemento consumido, a qual apresenta maior magnitude quanto maior a qualidade do volumoso (Minson, 1990; Moore *et al.*, 1999).

Suplementação Concentrada e Efeitos Associativos em Ruminantes

Em muitas regiões os ruminantes são predominantemente mantidos com alimentos ricos em fibra (forragens, fenos, palhas e etc.), normalmente, deficientes em energia, proteína, minerais, vitaminas e vários nutrientes essenciais para a fermentação microbiana no rúmen e que, muitas vezes, fazem-se fatores limitantes para a produtividade ideal dos animais (Reed *et al.*, 1990). Moore *et al.* (1999) salientam que dietas compostas exclusivamente por forragens podem não oferecer aporte energético suficiente para os animais atingirem seu máximo desempenho produtivo e reprodutivo. Isto pode ser explicado por seu baixo consumo voluntário, associado à baixa digestibilidade e valor nutricional de tais forragens (Egan, 1977; Dixon & Egan, 2000).

De acordo com Tripathi *et al.* (2007), em muitas situações a quantidade e a qualidade da parte volumosa da dieta não pode ser melhorada, devido ao aumento da população animal e, conseqüente, aumento da pressão de pastejo ou volume de consumo do componente forrageiro. Uma possível solução para este problema, onde a qualidade e/ou a quantidade de forragem são fatores limitantes para a manutenção de um bom desempenho animal, e para gerar melhores índices zootécnicos seria a utilização de suplementos concentrados (McDonald *et al.*, 1995; Islas *et al.*, 2013). Suplementos contendo boas concentrações de energia metabolizável, proteína ou demais nutrientes que possam ser deficientes no volumoso são muitas vezes ofertados com o objetivo de melhorar a ingestão de nutrientes dos animais nestas condições (Dixon & Egan, 2000).

Em animais consumindo palha de cereais, ou feno de gramíneas, suplementos que forneçam substratos para a microbiota ruminal, em particular nitrogênio e/ou enxofre, muitas vezes resultam em aumentos substanciais na ingestão de volumoso e redução na taxa de perda de peso vivo (Coombe & Tribe, 1962). Segundo Mandebvu & Galbraith (1999), a suplementação concentrada reduz a produção de metano e aumenta a produção de propionato no rúmen, contribuindo, assim, para a maior

eficiência na utilização da energia proveniente da dieta e, conseqüente, desempenho animal. Outros autores (Stephenson & Bird, 1992; Molina *et al.*, 1994; Maurya *et al.*, 2004; Njoya *et al.*, 2005) salientam que a suplementação energética e/ou protéica não apresentam benefícios apenas no crescimento e desenvolvimento animal, mas, também, melhoram as taxas de fertilidade, desempenho reprodutivo e, conseqüentemente, a produtividade do sistema e dos animais consumindo forrageiras de baixa e média qualidade.

Animais que recebem suplementação protéica e/ou energética tendem a gastar menos tempo com a alimentação do que animais alimentados apenas com forragem (Adams, 1985; Krysl & Hess, 1993). Estas mudanças no comportamento alimentar, talvez estejam relacionadas a fatores que influenciam a saciedade e o consumo de alimento, devido ao maior aporte nutricional que a suplementação oferece (Islas *et al.*, 2013).

Segundo Dixon e Egam (2000), as respostas dos ruminantes consumindo volumosos de baixa qualidade aos suplementos são determinadas por um dado número de fatores. Os mesmos autores mencionam que tais volumosos normalmente contêm baixas concentrações de nutrientes essenciais, bem como de energia metabolizável e apresentam características físicas que podem limitar o consumo. Por outro lado, os suplementos geralmente apresentam elevadas concentrações de nutrientes essenciais e energia metabolizável. Autores como Leng (1990), Dixon e Stockdale (1999) e Fisher (2002), salientam que os suplementos podem reduzir, não apresentar efeito, ou elevar, tanto o consumo voluntário de forragens, quanto a digestibilidade dos componentes fibrosos das mesmas, assim afetando diretamente o consumo de nutrientes e energia metabolizável.

A suplementação protéica de animais consumindo forragens de média e baixa qualidade tende em maior número de vezes a elevar o consumo de forragem, enquanto a suplementação energética apresenta maiores resultados de redução no consumo de forragem (Caton & Dhuyvetter, 1997; Moore *et al.*, 1999). Em geral, a maioria dos suplementos concentrados utilizados para ruminantes são capazes de fornecer simultaneamente energia e proteína para os animais, todavia em proporções distintas. Moore *et al.* (1999), sugerem que para a suplementação reduzir o consumo de forragem a relação entre energia e proteína da forrageira deve ser menor ou igual a 7, caso contrário o efeito da suplementação tende a ser a elevação no consumo de forragem.

Existem inúmeros fatores responsáveis pelos impactos positivos e/ou negativos da suplementação sobre o consumo de forragem, entretanto, a composição nutricional do suplemento e suas interações com o ambiente e a função ruminal, certamente são os fatores de maior importância (Mertens, 1987).

A teoria bifásica da regulação do consumo voluntário, descrita por Forbes (1995), sugere que o animal pode substituir consideravelmente a energia

metabolizável proveniente dos volumosos de elevada qualidade, pela do suplemento. Normalmente, quando a dieta basal é composta de volumoso de alta qualidade, pode-se supor que a limitação do consumo voluntário ocorra devido a mecanismos de regulação metabólica, ou seja, a adição de níveis crescentes de suplementos energéticos à dieta faz com que a energia metabolizável do volumoso seja substituída pela do suplemento, permanecendo o consumo limitado por razões metabólicas (Bines, 1971; Mertens, 1987; Dixon & Stockdale, 1999; Fisher, 2002). Em situação oposta, onde a dieta basal é composta de volumoso de baixa qualidade, o fator limitante do consumo é o enchimento ruminal, portanto ao suplementar-se a dieta com baixas quantidades de alimentos energéticos, a contribuição ao enchimento ruminal será pequena, propiciando um maior consumo de matéria seca. Entretanto, a utilização de níveis elevados de suplementação poderá reduzir a digestibilidade da fibra, aumentando o tempo de retenção ruminal das partículas fibrosas no ambiente ruminal, levando a menores consumos de matéria seca (Dixon & Stokdale, 1999).

Almejando-se uma capacidade produtiva máxima de ruminantes dentro dos sistemas produtivos, atualmente, muitas dietas têm sido formuladas com elevados teores de nutrientes, principalmente energia e proteína de elevada digestibilidade, visando o suprimento das exigências nutricionais dos animais (Beauchemin & Yang, 2005; Zebeli *et al.*, 2008). Entretanto, os fatores envolvidos na utilização desta estratégia, os quais contribuem para as alterações das funções ruminais e digestivas, são de suma importância perante a regulação do consumo de alimento em ruminantes (Caton & Dhuyvetter, 1997; Mertens, 1987).

Um dos principais problemas da intensificação nutricional dos sistemas de produção é o aparecimento de desordens metabólicas, tal como a acidose ruminal subclínica, que afeta o funcionamento do rúmen do animal, sua saúde e, conseqüentemente, a sua produtividade (Zebeli *et al.*, 2008). Franzolin & Dehority (1996) salientam que dietas com elevadas quantidades de alimentos concentrados, podem reduzir o pH ruminal, o que, de acordo com Owens *et al.* (1998), é o fator principal para o aparecimento de um quadro de acidose subclínica, apresentando como conseqüência, a redução do consumo de alimentos e a absorção de nutrientes.

Segundo Hindrichsen *et al.* (2006), existe uma grande variação na composição dos distintos carboidratos utilizados na alimentação de ruminantes e, devido a tal variação, observa-se diferentes impactos sobre a digestão ruminal e pós-ruminal, conforme o tipo de carboidrato na dieta. A inclusão dietética de grandes quantidades de carboidratos de rápida fermentação presentes nos grãos, e pelos baixos teores de fibra fisicamente efetiva presentes nos mesmos ou na dieta total, são os principais fatores que favorecem as quedas de pH ruminal e o quadro de acidose subclínica (Plaizier *et al.*, 2008). Autores como Lamb & Eadie (1979), Doyle *et al.* (1988), Kennedy & Bunting (1992) e Tripathi *et al.* (2007) em estudos com ovinos e Aguerre *et al.* (2013) com ovinos e bovinos fístulados alimentados com

volumoso de baixa qualidade e níveis de suplementação, observaram que os valores de pH do fluido ruminal decresceram linearmente conforme o nível de suplemento foi elevado na dieta.

Gozho et al. (2005) definem a acidose ruminal subclínica na situação em que o pH ruminal se mantém abaixo ou igual a 5,6 excedendo o período de 3 horas/dia. Li et al. (2014) salientam que em ambientes ruminais com pH baixo, menor do que 5,8, as bactérias celulolíticas apresentam a sua capacidade de proliferação comprometida. Segundo Schwartzkopf-Genswein et al. (2003), existe uma alta correlação entre o manejo alimentar, ingestão de alimentos e desempenho animal, onde a variação na ingestão de alimentos causada por distúrbios digestivos, relacionados ao pH, é um dos fatores que mais tem apresentado baixo desempenho em ruminantes alimentados com elevados níveis de concentrado.

Alguns autores (Emery & Brown, 1961; Balch, 1971; Tripathi *et al.*, 2004) afirmam que, além de outros fatores, a redução da ruminação, mastigação e salivação, normalmente associadas com dietas de elevados níveis de concentrado, apresentam como consequência uma baixa capacidade de tamponamento ruminal, o que, juntamente com a rápida fermentação microbiana dos carboidratos solúveis, resulta na significativa queda no pH do rúmen, alteração na atividade da população microbiana ruminal, levando a um maior tempo de retenção ruminal da fibra, impactando negativamente sobre a digestibilidade e o consumo da pastagem. O tamanho das partículas do volumoso e, por conseguinte, sua efetividade física na dieta é responsável pela manutenção do pH do ambiente ruminal, pois afeta diretamente a mastigação do alimento por parte do animal e sua produção de saliva (Mertens, 1997). Li et al. (2014) salientam que o decréscimo do pH do ambiente ruminal, provavelmente, é proveniente da interação entre a inclusão de carboidratos de rápida fermentação na dieta, os quais causam a queda do pH, e a restrição da fibra efetiva da mesma, a qual reduz a capacidade tamponante ruminal, pela menor produção de saliva, rica em bicarbonato, devido a um menor tempo de mastigação.

Uma questão importante a se atentar é que em muitas situações, onde o alimento volumoso é de baixa ou média qualidade, mesmo que não ocorra um efeito de adição ou ocorra um de substituição, a inclusão de suplemento concentrado na dieta de ruminantes tende a elevar o consumo de matéria seca proveniente da mistura da dieta total (suplemento+concentrado). Este fato afeta diretamente o consumo de água, que tende a crescer linearmente, em função da elevação do consumo de alimento (Brew *et al.*, 2011), pois a ingestão de dietas ricas em nutrientes, em especial nitrogênio, apresenta um consumo de água mais elevado (Squires, 1988) e, por sua vez, esta maior ingestão de água tende a facilitar e estimular a ingestão de alimento (Silva, 2006). Além disso, as propriedades sensoriais do alimento consumido são importantes influenciadores do consumo de água, além do consumo do próprio alimento. O fato de o alimento volumoso apresentar baixa ou média qualidade, ou seja, com elevado teor de fibra, baixo teor de umidade e

textura grosseira, também pode ser um fator para este estímulo no consumo de água, ainda mais quando associado com a sensação de ressecamento gerada pelo aumento da proporção de suplemento na dieta total, tendo em vista que o teor de umidade deste é bastante reduzido. Como a água, normalmente, apresenta pH tendendo a neutro (valor em torno de 7), seu maior consumo inclina-se a auxiliar na manutenção do tamponamento do pH do ambiente ruminal, que por conseguinte, auxilia na manutenção do consumo voluntário e digestibilidade dos componentes fibrosos da dieta.

Segundo Mertens (1994), o consumo voluntário de alimento é a principal variável que afeta o desempenho animal e conhecer seus determinantes torna-se de suma importância no processo produtivo de ruminantes. O mesmo autor salienta que a variável consumo é dependente de forma direta da eficiência do ruminante em processar e utilizar o alimento no ambiente ruminal para a produção de energia. O consumo voluntário depende das taxas de digestão e de passagem e a digestibilidade é altamente correlacionada com o espaço de tempo que uma partícula permanece no interior do trato digestivo (Campling & Freer 1966; Thornton & Minson, 1972; Poppi *et al.*, 1981). Por conseguinte, as diferenças nas taxas de passagem e degradação, geradas pela inclusão de suplementos, interferem de forma negativa ou positiva na eficiência e no equilíbrio do fluxo do substrato disponível para os microrganismos ruminais (McCarthy *et al.*, 1989).

De acordo com Mawuenyegah *et al.* (1997), volumosos de baixa qualidade são caracterizados pelo seu alto teor de fibra e baixo valor nutricional, tais alimentos apresentam baixa digestibilidade e metabolizabilidade, os quais, por sua vez, elevam a quantidade de resíduos fibrosos no rúmen, fator importante na restrição do consumo voluntário. Segundo os autores, a carga ruminal é aliviada pela remoção de tais resíduos através dos processos de digestão e passagem para o trato pós-ruminal e, por sua vez, a velocidade da digestão da parede celular dos volumosos é dependente da disponibilidade, principalmente, de nitrogênio e energia prontamente disponíveis, presentes nos alimentos concentrados, para o crescimento da microbiota ruminal, seu acesso aos carboidratos da parede celular e, então a redução do tamanho das partículas. Elevar os teores de proteína e/ou de energia para o rúmen, através da inclusão de suplemento concentrado na dieta, pode compensar a perda na eficiência de ruminação de volumosos de baixa qualidade, mantendo as concentrações ideais de amônia ruminal para o máximo crescimento microbiano e digestão da fibra (Fujihara & Nakao, 1984; Weston, 1996).

Os substratos precursores da fermentação ruminal são os fatores primordiais que influenciam a variação do pH e, conseqüentemente, na composição da microbiota ruminal (Orskov & Ryle, 1990; Krause & Oetzel, 2006). Segundo Henning *et al.* (1980), os suplementos constituídos por grãos, introduzidos na dieta a base de volumoso para ruminantes, normalmente alteram o tipo da microbiota predominante e suas atividades no rúmen, fazendo com que o número de bactérias amilolíticas aumente,

enquanto o de bactérias fibrolíticas diminua quando carboidratos de rápida fermentação são utilizados. Valores de pH menor que 6,0 no líquido ruminal, resultam em queda e até inibição da atividade das bactérias celulolíticas (Stewart,1977; Hoover,1986; Russell & Wilson,1996; Wanapat *et al.*, 2013). Lamb & Eadie (1979) em estudo com ovinos fistulados, observaram que a concentração de ácidos graxos voláteis total se elevou com a intencificação de suplemento na dieta, sendo que, as proporções molares de ácido acético foram reduzidas, enquanto as de ácido butírico foram elevadas, sugerindo queda na atividade da população celulolítica e aumento na atividade da população amilolítica.

Durante o processo fermentativo *in vivo* os efeitos da degradação dos carboidratos de rápida fermentação não desaparecem rápido e completamente, e estes resquícios geram impactos negativos de forma relativamente constante sobre a fermentação da fibra dietética, provocada por uma atenuação da atividade da população bacteriana celulolítica, resultado da atividade fermentativa da população amilolítica (Robinson *et al.*, 2009).

O efeito depressivo de baixos níveis de pH sobre o crescimento da flora celulolítica no ambiente ruminal tem sido atribuído à incapacidade apresentada por estes microrganismos de manter seu pH intracelular estabilizado, quando o pH ruminal cai a estes níveis (Russell & Wilson, 1996) e, também, ao decréscimo da capacidade desta população em se fixar nas partículas do alimento (Cheng *et al.* 1980; Calsamiglia *et al.* 2008). Alguns autores, como Mouriño *et al.* (2001) e Palmonari *et al.* (2010) salientam que em situações onde o pH ruminal decai para faixas pouco abaixo da ideal, as bactérias celulolíticas podem permanecer aderidas e viáveis nas partículas de alimento e, talvez, consigam reiniciar seu crescimento de maneira relativamente rápida frente ao retorno de um ambiente ruminal com pH favorável no final do ciclo de alimentação. Outros autores (Kim *et al.*, 2002; Klieve *et al.*, 2003; Brown *et al.*, 2006), relatam que com o aumento da inclusão de suplemento concentrado na dieta a população de bactérias que utilizam o lactato como substrato, também se eleva, o que, segundo Fernando *et al.* (2010), pode ser considerado um importante mecanismo da manutenção do pH ruminal, tendo em vista que tais bactérias tendem a utilizar o excedente da produção ruminal de ácido láctico.

Além da depressão do crescimento e atividade das bactérias celulolíticas, causados pela queda do pH ruminal, tem-se que levar em consideração a competição entre bactérias amilolíticas, de rápido crescimento, e celulolíticas, de crescimento mais lento, por nutrientes essenciais como amônia e peptídeos (Martin *et al.*, 2001). Quando amido e volumoso se encontram inclusos na dieta, o uso preferencial de aminoácidos e substratos peptídicos pelos microrganismos amilolíticos leva à baixa disponibilidade destes para os microrganismos celulolíticos, o que resulta em um efeito adverso na digestão da fibra semelhante ao gerado por baixas quantidades de substrato amônia no rúmen (Fick *et al.*, 1973; Dixon e Stockdale, 1999).

Conforme Hoover & Stockes (1991), o crescimento bacteriano ruminal é influenciado por interações de fatores químicos, fisiológicos e nutricionais. Segundo os mesmos autores, com a utilização de volumosos de baixa qualidade, a participação da suplementação concentrada até 30% da matéria seca consumida tende a estimular a digestibilidade da fibra. Por outro lado, alguns autores (Henning *et al.* 1980; Matejovsky & Sanson, 1995) afirmam que em ovinos, níveis superiores a 23% apresentam impacto negativo na ingestão de volumoso, sendo para estes, cerca de 8% da matéria seca o nível ideal para favorecer o aumento da ingestão.

A disponibilidade energética é um dos fatores limitantes de maior impacto no crescimento bacteriano, podendo-se, por meio de alterações nas proporções de volumoso e concentrado, aumentar a quantidade de matéria orgânica fermentada e a síntese de proteína microbiana, quando houver maior aporte energético para a formação das ligações entre peptídeos (Clark *et al.* 1992; Bach *et al.*, 2005). Observa-se uma relação inversa entre as perdas no aproveitamento do nitrogênio amoniacal dentro do ambiente ruminal e a energia disponível a partir da fermentação dos carboidratos presentes na dieta (Heldt *et al.*, 1999). Satter & Slyter (1974) salientam que favorecer a manutenção ou a máxima digestão da fibra eleva as concentrações de nitrogênio amoniacal no ambiente ruminal, favorecendo assim o suprimento de nitrogênio necessário para o crescimento microbiano.

Segundo Firkins *et al.* (2007), a maior parte do suprimento de proteína para degradação no intestino delgado em ruminantes é proveniente da síntese de proteína microbiana ruminal, a qual representa de 50 a 80% da proteína total absorvível. A proteína microbiana é sintetizada pelos microrganismos ruminais, a partir de aminoácidos e da amônia liberada no ambiente ruminal pela degradação da proteína bruta do alimento e do nitrogênio oriundo da secreção salivar (Minson, 1990). O mesmo autor ressalva que a proteína microbiana gerada no rúmen é altamente dependente do teor de nitrogênio no ambiente ruminal e da energia disponível, conforme a necessidade para que ocorra a síntese. Doyle *et al.* (1988) observaram que ao se elevar os níveis de suplemento na dieta de ovinos, a concentração de nitrogênio amoniacal no rumen se elevou linearmente. Tripathi *et al.* (2007), em experimento semelhante, observaram que a concentração ruminal de amônia não diferiu, entretanto a concentração total de nitrogênio no líquido ruminal foi elevada conforme a inclusão de concentrado se elevou. Já Aguerre *et al.* (2013), em estudo com ovinos e bovinos não observaram influência dos níveis de suplemento na concentração de nitrogênio amoniacal, mas observaram redução na eficiência de síntese de proteína microbiana em ambas as espécies, principalmente em ovinos.

Com o aumento da inclusão de concentrado na dieta, a quantidade de energia e nitrogênio verdadeiramente digerido no rúmen, também, tendem a se elevar, o que possivelmente, seja o principal motivo para o aumento das concentrações de nitrogênio amoniacal dentro do ambiente ruminal (Moorby *et al.*, 2006). Um déficit na oferta de nitrogênio fermentável na dieta tende a

decrecer a digestibilidade da fibra e, também, resultar em uma baixa relação entre aminoácidos e energia nos nutrientes absorvidos (Preston & Leng, 1987). Dietas com ampla relação de nitrogênio e matéria orgânica digestível (1:50) são associadas com concentrações de amônia inferiores a 50mg/litro de fluido ruminal, que é considerado o valor mínimo para a máxima taxa de digestão da fibra, que irá interferir diretamente na síntese de proteína microbiana ruminal (Hunter, 1991).

Conforme Owens et al. (1991), para cada kg de matéria orgânica fermentável no ambiente ruminal, aproximadamente 160g de proteína microbiana podem ser sintetizadas, com conteúdo aproximado de 26g de nitrogênio. Os mesmos autores ressaltam que em situações onde o conteúdo total de nitrogênio disponível é inferior a 26g/kg de matéria orgânica digestível o suprimento de amônia será inadequado e a produção de proteína bacteriana será reduzida.

Considerações Finais

É notável a importância que os efeitos associativos envolvidos na suplementação concentrada de animais consumindo forragem, tanto de baixa, média ou alta qualidade. Contudo a ausência ou presença destes efeitos, seus benefícios e malefícios, dependentes do ponto de vista, e sua magnitude, são muito variáveis e condicionados a inúmeros fatores conhecidos em hipótese ou, até mesmo, ainda desconhecidos por completo.

Faz-se muito importante compreender a complexidade desta gama de variáveis envolvidas na suplementação concentrada de ruminantes consumindo forragem, uma vez que esta é uma ferramenta vista de forma muito importante e amplamente utilizada por técnicos, pesquisadores, produtores e sistemas produtivos em todo o mundo, sempre se objetivando, embora de maneira às vezes diferente, uma maior produtividade por parte do animal e não somente uma maior produção. Obviamente, ruminantes que recebem uma alimentação de maior qualidade tendem a apresentar uma maior produção de carne, leite, lã e demais produtos de origem animal, mas esta maior produção, nem sempre é sinônimo de uma maior produtividade ou lucratividade, tendo em vista que tudo é dependente do custo e das eficiências de utilização e produção envolvidos no sistema.

As interações envolvidas entre os alimentos utilizados na dieta total de ruminantes devem ser vistas como um dos pontos primordiais para a manutenção e sobrevivência de um sistema produtivo. Devendo-se ter em vista que sempre que se formula uma dieta total, parte-se do pressuposto que o aproveitamento desta pelo animal se manterá constante e conforme o esperado, mas muitas vezes, os resultados finais apresentam-se de maneira contrária, podendo apresentar desvios para mais ou menos, impactando diretamente no retorno produtivo do animal e financeiro do sistema.

A formulação de uma dieta total, independentemente da espécie animal ou sistema de produção, visa primordialmente o correto fornecimento e balanço do aporte nutricional necessário para que os animais cumpram com seus objetivos produtivos. Todavia, se as interações entre os alimentos que compõem a dieta podem comprometer estes cálculos e balanços, como podem ser esquecidas, não compreendidas e não levadas em consideração nos momentos necessários? Qual o objetivo de se formular uma dieta, então?

Os efeitos associativos entre os alimentos volumosos e concentrados podem e devem ser incluídas nos modelos nutricionais utilizados. Tais interações entre os componentes da dieta, que afetam seu consumo e sua digestibilidade, podem ser obtidas e representadas por equações baseadas em características já conhecidas e comuns a um determinado grupo de alimentos volumosos e de alimentos concentrados. Tal prática, quando posta em ação, elevaria muito a precisão de avaliações produtivas relacionadas ao desempenho animal e a eficiência econômica de um sistema.

Além disso, existem outros questionamentos, tais como: De fato, é benéfico suplementar os animais em uma dada situação? O que está envolvido nesta situação e qual o objetivo da suplementação? Faz-se necessário um efeito positivo de adição da suplementação sobre o consumo de forragem, o qual pode comprometer a disponibilidade de matéria seca em uma dada época? Ou talvez, o efeito negativo de substituição de forragem por suplemento, o qual permite um aumento na carga animal, mas pode apresentar impactos negativos na compactação do solo e comprometer o sistema?

Dados os fatos, nota-se que muitas questões devem ser levadas em consideração para se estabelecer uma estratégia de suplementação. Para que se possa, então, compreender os efeitos associativos envolvidos na suplementação concentrada de ruminantes consumindo forragem, é necessário testar as hipóteses utilizadas para se justificar a sua presença e magnitude, tais como, impactos no pH ruminal, disponibilidade de substratos, população de microrganismos e digestibilidade dos componentes da dieta, dentre outras. A compreensão de tais fatores, com absoluta certeza, aumentaria a eficiência de formulação de uma dieta total e, por conseguinte, a eficiência dos animais e dos sistemas produtivos. Afinal, não é este o nosso objetivo?

Bibliografia

- Adams, D. C. 1985. Effect of time of supplementation on performance, forage intake and grazing behavior of yearling beef steers grazing Russian wild ryegrass in the fall. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 61, n. 5, p. 1037-1042.

- Aguerre, M., C. Cajarville, G.V. Kozloski and J.L. Repetto. 2013. Intake and digestive responses by ruminants fed fresh temperate pasture supplemented with increased levels of sorghum grain: A comparison between cattle and sheep. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 186, n. 1-2, p. 12-19.
- Bach, A., S. Calsamiglia, M. D. Stern. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, Champaing, v. 88, (Suppl.), p. E9–E21.
- Balch, C. C. 1971. Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of roughages. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v. 26, p. 383- 392.
- Beauchemin, K. A. and W. Z. Yang. 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *Journal of Dairy Science*, Champaing, v. 88, n. 6, p. 2117–2129.
- Bines, J. A. 1971. Metabolic and physical control of food intake in ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society*, Wallingford, v. 30, n. 2, p. 116-122.
- Black, J. L. 1990. Nutrition of the grazing ruminant. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, v. 50, p. 7-27.
- Blaxter, K. L., F. W. Wainman and R. S. Wilson. 1961. The regulation of food intake by sheep. *Animal Production*, Pencaitland, UK, v. 3, n. 1, p. 51-61, 1961.
- Blaxter, K. L. and R. S. WILSON. 1963. The assessment of a crop husbandry technique in terms of animal production. *Animal Production*, Pencaitland, UK, v. 5, n. 1, p. 27-42.
- Brew, M. N., R. O. Myer, M. J. Hersom, J. N. Carter, M. A. Elzo, G. R. Hansen and D. G. Riley. 2011. Water intake and factors affecting water intake of growing beef cattle. *Livestock Science*, Amsterdam, v.140, n. 1-3, p. 297-300.
- Brown, M. S., C. H. Ponce and R. Pulikanti. 2006. Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: performance and ruminal metabolism. *Journal of Animal Science*, Champaing, v. 84, (Suppl.), p. E25–E33.
- Calsamiglia, S., P. W. Cardozo, A. Ferret and A. Bach. 2008. Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. *Journal of Animal Science*, Champaing, v. 86, n. 3, p. 702–711.
- Campling, R. C. and M. Freer. 1966. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v. 20, p. 229-244.
- Campling, R. C. and J. C. Murdoch. 1966. The effect of concentrates on the voluntary intake of roughage by cows. *Journal of Dairy Research*, Cambridge, v. 33, n. 1, p. 1-11.
- Caton, J. S. and D. V. Dhuyvetter. 1997. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. *Journal of Animal Science*, Champaing, v. 75, n. 2, p. 533-542.

- Cheng, K. J., J. P. Fay, R. E. Howarth and J. W. Costerton. 1980. Sequence of events in the digestion of fresh legume leaves by rumen bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 40, n. 3, p. 613–625.
- Cibils, R., D. V. Martins, D. Risso. 1997. ¿Que és suplementar? In: MARTINS, D. V. (Ed.). *Suplementación estratégica para el engorde de ganado*. Montevideo: INIA, p. 54. (Serie técnica, 83).
- Clark, J. H., T. H. Klusmeyer, and M. R. Cameron. 1992. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 75, n. 8, p. 2304-2323.
- Cochran, R. C., H. H. Köster, K. C. Olson, J. S. Heldt, C. P. Mathis and B. C. Woods. 1998. Supplemental protein sources for grazing beef cattle. In: *Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*, 9th, Proceedings... Gainesville: [s.n.], p. 23-136.
- Coombe J. B. and D. E. Tribe. 1962. The feeding of urea supplements to sheep and cattle: the results of penned feeding and grazing experiments. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 59, n. 1, p.125–141.
- Crabtree, J. R. and G. L. Williams. 1971. The voluntary intake and utilization of roughage-concentrate diets by sheep: 1. Concentrate supplements for hay and straw. *Animal Production*, Pencaitland, UK, v. 13, n. 1, p. 71-82.
- Cronjé, P. B. 1990. Supplementary feeding in ruminants: a physiological approach. *South Africa Journal of Animal Science*, Hatfield, v. 20, n. 3, p. 110–115.
- Dixon, R. M. and A. R. Egan. 2000. Response of lambs fed low quality roughage to supplements based on urea, cereal grain, or protein meals. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v. 51, n. 7, p. 811–821.
- Dixon, R. M. and C. R. 1999. Stockdale. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v. 50, n. 5, p. 757–773.
- Doyle, P. T., H. Dove, M. Freer, F. J. Hart, R. M. Dixon and A. R. Egan. 1988. Effects of a concentrate supplement on the intake and digestion of a low-quality forage by lambs. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 111, n. 3, p. 503-511.
- EGAN, A. R. 1977. Nutritional status and intake regulation in sheep. VIII. Relationships between the voluntary intakes of herbage by sheep and the protein/energy ratio in the digestion products. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v. 28, n. 5, p. 907–915.
- Ellis, W. C., M. J. Wylie and J. H. Matis. 1988. Dietary-digestive interactions determining the feeding value of forages and roughages. In: Orskov, E. R. (Ed.). *Feed Science*. Amsterdam: [s.n.], p. 177–229.
- Emery, R. S. and L. D. Brown. 1961. Effect of feeding sodium and potassium bicarbonate on milk fat, rumen pH, and volatile fatty acid production. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 44, n. 10, p. 1899–1902.

- Fernando, S. C., H. T. Purvis II, F. Z. Najar, L. O. Sukharnikov, C. R. Krehbiel, T. G. Nagaraja, B. A. Roe and U. DeSilva. 2010. Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high-grain diet. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 76, n. 22, p. 7482–7490.
- Fick, K. R., C. B. Ammerman, C. H. McGowan, P. E. Loggins and J. A. Cornell. 1973 Influence of supplemental energy and biuret nitrogen on the utilization of low quality roughage by sheep. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 36, n. 1, p. 137–143.
- Firkins, J. L., Z. Yu and M. Morrison. 2007. Ruminant nitrogen metabolism: perspectives for integration of microbiology and nutrition for dairy. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 90, (Suppl.), p. E1–E16.
- Fisher, D. S. 2002. A review of a few key factors regulating voluntary feed intake in ruminants. *Crop Science*, Madison, v. 42, n. 5, p. 1651–1655.
- Forbes, J. M. 1995. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford: CAB International, p.453.
- Franzolin, R. and B. A. Dehority. 1966. Effect of prolonged concentrate feeding on ruminal protozoa concentration. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 74, n. 11, p. 2803–2809.
- Fujihara, T. and T. Nakao. 1984. The effect of casein supplement on the eating and rumination behaviour in sheep receiving a hay diet. *Japanese Journal Zootechnie Science*, v. 55, n. 3, p. 199–203.
- Goetsch, A. L., Z. B. Johnson, D. L. Galloway, L. A. Forster Jr., A. C. Brake, W. Sun, K. M. Landis, M. L. Lagasse, K. L. Hall and A. L. Jones. 1961. Relationships of body weight, forage composition, and corn supplementation to feed intake and digestion by holstein steer calves consuming bermudagrass hay ad libitum. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 69, n. 6, p. 2634–2645.
- Gozho, G. N. 2005. Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 88, n. 4, p. 1399–1403.
- Hart, S. P. 1987. Associative effects of sorghum silage and sorghum grain diets. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 64, n. 6, p. 1779–1789.
- Heldt, J. S. 1999. Effects of different supplemental sugars and starch fed in combination with degradable intake protein on low-quality forage use by beef steers. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 77, n. 10, p. 2793–2802.
- Henning, P. A., Y. V. D. Linden, M. E. Mattheyse, W. K. Nauhaus, H. M. Schwartz and F. M. C. Gilchrist. 1980. Factors affecting the intake and digestion of roughage by sheep feed maize straw supplemented with maize grain. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 94, n. 3, p. 565–573.

- Hindrichsen, I. K., H. R. Wettstein, A. Machmüller, K. E. B. Knudsen, J. Madsen, M. Kreuzer. 2006. Digestive and metabolic utilisation of dairy cows supplemented with concentrates characterised by different carbohydrates. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 126, n. 1-2, p. 43-61.
- Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 69, n. 10, p. 2755-2766.
- Hoover, W. H. and S. R. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3630-3644.
- Horn, G. H. and F. T. McCollum. 1987. Energy supplementation of grazing ruminants. In: *Grazing livestock nutrition conference*, Wyoming. Proceedings... Wyoming: [s.n.], p. 125-135.
- Hunter, R. A. 1991. Strategic supplementation for survival, reproduction and growth of cattle. In: *Grazing livestock nutrition conference*, 2nd, Proceedings... Steamboat Springs, Colorado: Oklahoma State University, 1991. p. 32-47.
- Islas, A., T. C. Gilbery, R. S. Goulart, C. R. Dahlen, M. L. Bauer and K. C. Swanson. 2013. Influence of supplementation with corn dried distillers grains plus solubles to growing calves fed medium-quality hay on growth performance and feeding behavior. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 92, n. 2, p. 705-711.
- Kennedy, D. W. and L. D. Bunting. 1992. Effects of starch on ruminal fermentation and detergent fibre digestion in lambs fed bermudagrass hay. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 36, n. 1-2, p. 91-100.
- Kim, Y. J., R. H. Liu, J. L. Rychlik and J. B. Russell. 2002. The enrichment of a ruminal bacterium (*Megasphaera elsdenii* YJ-4) that produces the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid. *Journal of Applied Microbiology*, Oxford, v. 92, n. 5, p. 976-982, 2002.
- Klieve, A. V., D. Hennessy, D. Ouwerkerk, R. J. Forster, R. I. Mackie and G. T. Attwood. 2003. Establishing populations of *Megasphaera elsdenii* YE 34 and *Butyrivibrio fibrisolvens* YE 44 in the rumen of cattle fed high grain diets. *Journal of Applied Microbiology*, Oxford, v. 95, n. 3, p. 621-630.
- Krause, K. M. and G. R. Oetzel. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 126, n. 3-4, p. 215-236.
- Krysl, L. J. and B. W. Hess. 1993. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 71, n. 9, p. 2546-2555.
- Lamb, C. S. and J. Eadie. 1979. The effect of barley supplements on the voluntary intake and digestion of low quality roughages by sheep. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 92, n. 1, p. 235-241.

- Lange, A. 1980. *Suplementación de pasturas para la producción de carnes*. 2. ed. [S.I.]: CREA, p. 74. (Colección Investigación Aplicada).
- Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilisation of poor-quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition Research Reviews*, Cambridge, v. 3, p. 277–303.
- Li, F., Z. Li, S. Li, J. D. Ferguson, Y. Cao, J. Yao, F. Sun, X. Wang and T. Yang. 2014. Effect of dietary physically effective fiber on ruminal fermentation and the fatty acid profile of milk in dairy goats. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 97 n. 4, p. 2281–2290.
- Mandebvu, P. and H. Galbraith. 1999. Effect of sodium bicarbonate supplementation and variation in the proportion of barley and sugar beet pulp on growth performance and rumen, blood and carcass characteristics in young entire lambs. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 82, n. 1-2, p. 37-49.
- Martin, C., L. Millet, G. Fonty and B. MICHALET-DOREAU. 2002. Cereal supplementation modified the fibrolytic activity but not the structure of cellulolytic bacterial community associated with rumen solid digesta. *Reproduction Nutrition Development*, v. 41, n. 5, p. 413-424.
- Matejovsky, K. M. and D. W. Sanson. 1995. Intake and digestion of low-, medium-, and high-quality grass hays by lambs receiving increasing levels of corn supplementation. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 73, p. 2156-2163.
- Maurya, V. P., S. M. K. Naqvi and J. P. Mittal. 2004. Effect of dietary energy levels on physiological responses and reproductive performance of Malpura sheep in the hot semi-arid regions of India. *Small Ruminant Research*, Amsterdam, v. 55, n. 1-3, p. 117–122.
- Mawuenyegah, P. O., M. N. Shem, L. Warly and T. Fujihara. 1997. Effect of supplementary feeding with protein and energy on digestion and rumination behaviour of sheep consuming straw diets. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 129, n. 4, p. 479-484.
- McCarthy, R. D., T. H. Klusmeyer, J. L. Vicini and J. H. Clark. 1989. 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*, Champaign, v. 72, n. 8, p. 2002-2016.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh and C. A. Morgan. 1995. *Animal Nutrition*. London: Logmanns, p. 693.
- Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 64, n. 5, p. 1548-1558.
- Medeiros, F. S.; H. O. Patino, A. L. F. Silveira, M. Knorr and G. M. Mallmann. 2008. Efeitos associativos da energia em dietas não limitantes em proteína degradável no rúmen. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, v. 57, n. 218, p. 187-194.
- Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake. In: Fahey Junior, G. C. *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, p. 450-492.

- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463–1481.
- Minson, D. J. 1990. *Forage in ruminant nutrition*. London: Academic Press, p. 483.
- Molina, A., L. Gallego, A. Torres, H. Vergara. 1994. Effect of mating season and level of body reserves on fertility and prolificacy of Machege ewes. *Small Ruminant Research*, Amsterdam, v. 14, p. 209–217.
- Moorby, J. M., R. J. Dewhurst, R. T. Evans and J. L. Danelón. 2006. Effects of dairy cow diet forage proportion on duodenal nutrient supply and urinary purine derivative excretion. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 89, n. 9, p. 3552–3562.
- Moore, J. E., M. H. Brant, W. E. Kunkle and D. I. Hopkins. 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 77, p. 122-135.
- Morrison, M. and R. I. Mackie. 1996. Nitrogen metabolism by ruminal microorganisms: current understanding and future perspectives. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v. 47, p. 227-246.
- Mouriño, F., R. Akkarawongsa and P. J. Weimer. 2001. Initial pH as a determinant of cellulose digestion rate by mixed ruminal microorganisms *in vitro*. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 84, n. 4, p. 848–859, 2001.
- Njoya, A., D. N. Awa and J. Chupamom. 2005. The effect of a strategic supplementation and prophylaxis on the reproductive performance of primiparous Fulbe ewes in the semi-arid zone of Cameroon. *Small Ruminant Research*, Amsterdam, v. 56, n. 1-3, p. 21–29.
- Orskov, E. R. and M. Ryle. 1990. *Energy nutrition in ruminants*. Cambridge: Elsevier Science Published, p. 146.
- Orskov, E. R. 1999. Supplement strategies for ruminants and management of feeding to maximize utilization of roughages. *Preventive Veterinary Medicine*, London, v. 38, n. 2-3, p. 179-185.
- Owens, F. N., J. Garza and P. Dubeski. 1991. Advances in amino acids and N utilization in grazing ruminants. In: *Grazing livestock nutrition conference*, 2nd, Proceedings... Steamboat Springs, Colorado: Oklahoma State University, p. 109-137.
- Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill and D. R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 76, n. 1, p. 275–286.
- Palmonari, A., D. M. Stevenson, D. R. Mertens, C. W. Cruywagen, and P. J. Weimer. 2010. pH dynamics and bacterial community composition in the rumen of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 93, n. 1, p. 279–287.

- Plaizier, J. C., D. O. Krause, G. N. Gozho, B. W. McBride. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, London, v. 176, n. 1, p. 21–31.
- Poppi, D. P., D. J. Minson, and J. H. Ternouth. 1981. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. II Factors controlling the retention of feed in the reticulo-rumen. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v. 32, n. 1, p. 109-121.
- Poppi, D. P. and S. R. McLennan. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 73, n. 1, p. 278-290.
- Preston, T. R. and R. A. Leng. 1987. *Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and subtropics*. Armidale: Penambul Books, Australia, p. 245.
- Reed, J. D., H. Soller and A. Woodward. 1990. Fodder tree and strover diets for sheep: intake, growth, digestibility and effects of phenolics on nitrogen utilisation. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 30, p. 39–50.
- Robinson, P. H., G. Getachewa and J. W. Cone. 2009. Evaluation of the extent of associative effects of two groups of four feeds using an in vitro gas production procedure. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 150, n. 1-2, p. 9–17.
- Rommey, D. L. and M. Gill. 2000. Intake of forages. In: Givens, D. I. et al. (Ed.). *Forage evaluation in ruminant nutrition*. New York: Cabi publishing, 2000. p. 43-62.
- Russell, J. and D. B. Wilson. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 79, n. 8, p. 1503-1509.
- Satter, L. D. and L. L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal of Nutrition*, Wallingford, v. 32, n. 2, p. 194-208.
- Schwartzkopf-Genswein, K. S., K. A. Beauchemin, D. J. Gibb, D. H. Crews, D. D. Hickman, M. Streeter, and T. A. McAllister. 2003. Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 81, p. E149-E158.
- Silva, J. F. C. 2006. Mecanismos reguladores de consumo. In: BERCHIELLI, T. T. et al. (Ed.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funep, p. 583.
- Silveira, A. L. F.; H. O. Patiño, F. S. Medeiros, D. Langwinski and G. M. Mallmann. 2008. Efeitos associativos da suplementação com energia e proteína degradável no rúmen. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, v. 57, n. 218, p. 180-186.
- Squires, V. R. 1988. Agua y sus funciones, regulación y empleo comparativo por los ruminantes; In: CHURCH, D. C. (Ed.). *El rumiante: fisiología digestiva e nutrición*. Zaragoza: Acribia, p. 641.

- Stephenson, R. G. A. and A. R. Bird. 1992. Response to protein plus energy supplementations of pregnant ewes eating mature grass diets. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, Melbourne, v. 32, n. 2, p. 157–162.
- Stewart, C. S. 1977. Factors affecting the cellulolytic activity of rumen contents. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 33, n. 3, p. 497–502.
- Thornton, R. F. and D. J. Minson. 1972. The relationship between voluntary intake and mean apparent retention time in the rumen. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v. 23, p. 871-877.
- Tripathi, M. K., O. H. Chaturvedi, S. A. Karim, V. K. Singh, S. L. Sisodiya. 2007. Effect of different levels of concentrate allowances on rumen fluid pH, nutrient digestion, nitrogen retention and growth performance of weaner lambs. *Small Ruminant Research*, Amsterdam, v. 72, n. 2-3, p. 178-186.
- Tripathi, M. K., A. Santra, O. H. Chaturvedi, S. A. Karim. 2004. Effect of sodium bicarbonate supplementation on ruminal fluid pH, feed intake, nutrient utilization and growth of lambs fed high concentrate diets. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 111, n. 1-4, p. 27–39.
- Wanapat, M. P. Gunun, N. Anantasook and S. Kang. 2013. Changes of rumen pH, fermentation and microbial population as influenced by different ratios of roughage (rice straw) to concentrate in dairy steers. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 26, n. 11, p. 1-11.
- Weston, R. H. 1996. Some aspects of constraint to forage consumption by ruminants. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v. 47, p. 175-197.
- Zebeli, Q. J., J. Dijkstra, M. Tafaj, H. Steingass, B. N. Ametaj and W. Drochner. 2008. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 91, n. 5, p. 2046–2066.

REDVET: 2017, Vol. 18 N° 10

Este artículo Ref. 101724_RED VET (090917_efeitosasociativos) está disponible en
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101017.html>
concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101017/101724.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®.

Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con [Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org)® <http://www.veterinaria.org> y con
REDVET®- <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>