

Artigo Número 50

ENZIMAS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Nadia Simarro Fagundes<sup>1</sup>; Carolina Magalhães Caires<sup>2</sup>; Naiara Simarro Fagundes<sup>3</sup>  
Edmundo Benedetti<sup>4</sup>

Revisão

Nos sistemas de produção de ruminantes, grande parte (40 a 90%) das exigências nutricionais é atendida por meio de volumosos. Em algumas regiões do país, os rebanhos destinados à produção de carne e leite dependem de forragens conservadas para o suprimento de nutrientes durante os períodos de escassez de alimentos (MARTINS, 2006). O aproveitamento de alimentos fibrosos pelos ruminantes está relacionado à síntese e secreção de enzimas pelos microrganismos do rúmen, promovendo a hidrólise da parede celular das plantas. Entretanto, a conversão dos alimentos, especialmente os fibrosos, para produção de carne e leite tem sido pouco eficiente (VARGA; KOLVER, 1997), refletindo a necessidade de novos programas biotecnológicos de alimentação animal com o objetivo de maximizar a utilização dos nutrientes.

A utilização de enzimas fibrolíticas isoladas de culturas de fungos na alimentação de ruminantes tem mostrado resultados satisfatórios, como aumentos na digestibilidade da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) (HUNT et al., 1995), na produção de leite e no teor de gordura do leite (SCHINGOETHE et al., 1999) e no ganho de peso em bovinos (BEAUCHEMIN et al., 1995). Entretanto, essas respostas dependem de fatores como composição da dieta, método de aplicação e nível utilizado, especificidade ao substrato e tipo de complexo enzimático utilizado.

Os produtos comerciais à base de enzimas são extratos da fermentação de bactérias (*Bacillus sp.*) ou fungos (*Trichoderma* e *Aspergillus sp.*), que são adicionados em quantidades que variam de 0,01 a 1,00% da dieta e que podem contribuir com até 15,0% da atividade fibrolítica total do rúmen (BEAUCHEMIN; RODE, 1996). Segundo Forsberg, (1995) também existe a produção de plantas/bactérias ruminais transgênicas contendo enzimas como xilanase e amilases.

De acordo Newbold (1997), as enzimas fibrolíticas poderiam potencializar a degradação dos polissacarídeos estruturais juntamente com as enzimas produzidas pelos microrganismos do rúmen, estimulando a taxa de degradação da fibra. A digestibilidade da hemicelulose pode estar associada à composição em monossacarídeos e às ligações com compostos fenólicos, entre eles, os ácidos p-cumárico e ferúlico, que poderiam formar ligações entre a hemicelulose e a lignina, dificultando a ação das enzimas digestivas (BESLE et al., 1994). Considerando que nem todos os sítios ativos do substrato disponíveis para a atuação das enzimas microbianas estejam ocupados, o aumento na concentração de enzimas (celulase e xilanase) poderia proporcionar aumento na taxa de

<sup>1</sup> Médica Veterinária, Mestranda em Produção Animal, Universidade Federal de Uberlândia-UFU ([nadia\\_simarro@yahoo.com.br](mailto:nadia_simarro@yahoo.com.br))

<sup>2</sup> Zootecnista, Mestranda em Produção Animal, Universidade Federal de Uberlândia-UFU

<sup>3</sup> Acadêmica de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia-UFU

<sup>4</sup> Médico Veterinário, Professor Doutor Titular da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia.

digestão da parede celular no rúmen com o auxílio da atividade microbiana (DEHORITY; TIRABASSO, 1998).

Segundo Campestrini et al. (2005) as funções das enzimas fibrolíticas são:

- Melhorar a conversão e eficiência alimentar para ruminantes, aumentando os índices de ganho de peso, crescimento, fertilidade e produção leiteira;
- Acelerar o desenvolvimento do rumem, antecipando o desmame;
- Obter uma melhor eficiência alimentar com maior ganho de peso diário e eficiência digestiva;
- Promover a adaptação rápida dos animais, quando há mudança alimentar por desmame, pastagens secas, brotações, entrada de animais no confinamento, semiconfinamento e mineral protéico;
- Prevenir a ocorrência de distúrbios gastrintestinais (diarréias);
- Melhorar a resistência do organismo naturalmente contra todos os tipos de infecções devido ao aumento da flora bacteriana normal com o uso de enzimas;
- Diminuir o consumo diário de matéria seca com melhor aproveitamento do alimento.

Em alguns estudos, observou-se que as enzimas fibrolíticas poderiam alterar a utilização dos alimentos pelos ruminantes, por meio do efeito direto sobre a fibra (FENG et al., 1996) e do aumento da digestão ruminal e/ou pós-ruminal (HRISTOV et al., 2000), havendo sinergismo com os microrganismos do rúmen. De fato, todos estes modos de ação estariam interligados, de modo que as alterações mediadas pelas enzimas antes do consumo refletiriam nas digestões ruminal e pós-ruminal dos nutrientes (McALLISTER et al., 2001).

McAllister et al. (1999), avaliando o desempenho de novilhos em confinamento, observaram aumentos de 5,99 kg/dia para 6,72 kg/dia na ingestão de MS e de 0,94 kg/dia para 1,16 kg/dia no ganho médio diário com a suplementação enzimática (celulase e xilanase). Lewis et al. (1995), em estudo com vacas em lactação consumindo forragem, também verificaram aumentos de 5 a 25% no consumo e na produção de leite com a adição de enzimas fibrolíticas exógenas na dieta.

A adição de celulase e xilanase a uma ração com 24% de silagem de milho, segundo Rode et al. (1999), não alterou o consumo de MS, mas aumentou substancialmente a digestibilidade total dos nutrientes. Schingoethe et al. (1999) observaram aumento na produção de leite (10,8%) e no teor de gordura e proteína do leite (20 e 13%, respectivamente) com a adição de enzimas fibrolíticas (celulase e xilanase) em dietas contendo silagem de milho.

O efeito das enzimas fibrolíticas exógenas no intestino delgado tem sido observado por alguns pesquisadores (HRISTOV et al., 2000), que notaram aumento de 30% na atividade da xilanase no intestino com a suplementação dessas enzimas na dieta dos animais. Além disso, outro efeito observado pelos autores foi a redução da viscosidade intestinal quando fornecidos altos níveis de enzimas, resultando no aumento da absorção de nutrientes no intestino.

O fornecimento de enzima (5 ou 10 g/animal/dia) associada com levedura (5 g/animal/dia) para bovinos não proporciona melhora no consumo e na digestibilidade dos nutrientes. Também não afeta o consumo de alimento, o ganho médio diário e a conversão alimentar de novilhos confinados (QUEIROZ et. al, 2004).

Em experimento para avaliar o efeito de diferentes métodos de aplicação das enzimas fibrolíticas nas características digestivas em novilhos, Lewis et al. (1996) não observaram efeito de enzimas fornecidas via cânula ruminal em comparação ao fornecimento direto sobre a forragem. Segundo os autores, as enzimas poderiam ter sido digeridas ou estar suspensas na fase fluída do conteúdo ruminal, sendo eliminadas do rúmen antes de um contato suficiente com as partículas de alimento para hidrólise.

Chesson (1993) considerou que a liberação no meio ruminal poderia expor as enzimas exógenas a condições desfavoráveis (temperatura, pH e condições físicas da digesta), podendo comprometer sua estrutura e, conseqüentemente, limitar sua atividade no substrato.

A substituição do antibiótico Rumensin-Tylan por um coquetel de enzimas extraídas de bactérias, fungos e leveduras, na dieta de bovinos na fase de terminação, foi realizada por Weichenthal et al. (1996), com dieta contendo 88,0% de concentrado. O ganho diário e a conversão alimentar foram favoráveis ao uso de enzimas em 10,0 e 7,5%, respectivamente, sem alteração no consumo de MS. Portanto, o uso de enzimas pode ser ainda mais efetivo que o de antibióticos. Zheng et al. (1996), trabalhando com novilhas, alimentadas com silagem de capim e 10,0% de concentrado, não obtiveram respostas ao fornecimento de enzimas (celulase + xilanase) sobre o consumo de MS e ganho de peso. Entretanto, Pritchard et al. (1996) observaram aumento no consumo de MS, no ganho de peso e na eficiência alimentar em resposta a níveis crescentes de fornecimento de enzimas (celulase + xilanase) para novilhos recebendo 30,0% de concentrado. De modo geral, observa-se que as respostas ao fornecimento de enzimas são pequenas e inconsistentes, conforme foi observado por Beauchemin e Rode (1996). Esses autores sugeriram que a inconsistência dos resultados decorre de diversos fatores – composição da dieta, tipo de enzima, atividade do complemento da enzima, quantidade de enzima fornecida, estabilidade da enzima e método de aplicação

A utilização de enzimas fibrolíticas na ensilagem visa aumentar a eficiência do processo fermentativo, favorecendo a atuação de microrganismos desejáveis, como as bactérias produtoras de ácido láctico (MUCK; KUNG JR., 1997; KUNG JR., 2000). As principais enzimas fibrolíticas utilizadas, como as hemicelulases, celulases, pectinases e xilanases, atuam disponibilizando açúcares simples como fonte de nutrientes para as bactérias fermentadoras (MUCK; KUNG JR., 1997). Tem-se verificado que os resultados dos aditivos enzimáticos, tanto na ensilagem de forragens como no preparo de rações, utilizando os métodos *in situ* ou *in vivo*, nem sempre são semelhantes, sendo que os resultados *in vivo* têm sido mais satisfatórios (BEAUCHEMIN; RODE, 1996). Os autores destacam ainda que a aplicação direta das enzimas no ambiente ruminal pode apresentar menor eficiência enzimática que a aplicação direta no alimento fornecido. Alguns autores sugerem que as enzimas fibrolíticas podem ser parcialmente protegidas da degradação ruminal, em decorrência da alteração conformacional provocada por forte ligação com o substrato, quando aplicadas diretamente no alimento fornecido (FONTES et al., 1995).

Em gramíneas e leguminosas com teores mais elevados de matéria seca (MS) e com baixa concentração de açúcares solúveis, a adição de enzimas fibrolíticas pode apresentar resultados satisfatórios graças à liberação de açúcares provenientes da hidrólise da parede celular, fornecendo substrato adicional para produção de ácido láctico pelas bactérias (MUCK; KUNG JR., 1997; BEAUCHEMIN; RODE, 1996). Além disso, sua aplicação em materiais com maior teor de MS favorece a formação de complexo enzima-substrato bastante estável, que aumenta a eficiência das enzimas (BEAUCHEMIN et al., 2002). A formação desse complexo ocorre em poucas horas e essa estabilidade é mantida por várias semanas, como pode ser verificado em condições laboratoriais e em

experimentos de desempenho e comportamento ingestivo de animais (BEAUCHEMIN; BUCHANAN-SMITH, 1989; BEAUCHEMIN et al., 2002).

Lewis et al. (1996) observaram aumento na digestibilidade total da matéria seca e fibra detergente neutro e ácido, em bovinos recebendo dieta baseada em volumosos tratada com enzimas fibrolíticas.

Avaliando cinco teores de umidade em gramíneas, Feng et al. (1992), verificaram que o emurchecimento em gramíneas de inverno tratadas com enzimas fibrolíticas aumentou a digestão ruminal in vitro da fibra. Contudo, a aplicação das enzimas em forragens úmidas proporcionou redução da degradabilidade da gramínea. A aplicação de aditivos enzimáticos (celulase) no início da ensilagem permitiu aumentar a degradação do tecido de parênquima em alfafa (*Medicago sativa* L.) e *Phleum pratense* L., reduzindo as frações de FDN, FDA, hemicelulose e celulose, fato que não representou, necessariamente, aumento na digestibilidade ruminal (ISHIDA et al., 2001; ANIWARU et al., 2001).

A adição de enzimas fibrolíticas à silagem de milho e ao feno de tifton promoveu aumento na atividade da  $\beta$ -1,4-endoglucanase (celulase) no fluido ruminal nos primeiros tempos de incubação. Segundo Morgavi et al. (2000), no processo de degradação da silagem de milho, as celulases seriam mais limitantes que as xilanases, provavelmente em razão do menor tempo de geração de bactérias hemicelulolíticas. Wallace et al. (2001), avaliaram a influência da suplementação com enzimas fibrolíticas na fermentação de silagens, observaram que essa enzima seria limitante na degradação da silagem de milho. Esses autores relataram que, em geral, os suplementos enzimáticos comerciais testados não apresentaram atividade suficiente da  $\beta$ -1,4-endoglucanase para compensar a limitação sobre a degradação da silagem, principalmente quando aplicados diretamente no rúmen.

Atualmente, são encontrados diversos trabalhos sobre aplicação de enzimas fibrolíticas na ensilagem de forragens. Entretanto, as inúmeras variações quanto à padronização das preparações enzimáticas e formas de aplicação, entre outras, proporcionam resultados inconsistentes, tornando difíceis a avaliação e comparação do efeito das enzimas sobre a fermentação da silagem e o desempenho de animais (LURDES, 2005).

### **Referências Bibliográficas**

ANIWARU, A.; ISHIDA, T.; WATANABE, T. et al. The effect of cellulase on cell wall structure and the rumen digestion of timothy silage. In: international grassland congress, 19., 2001, São Pedro. **Anais...** Manaus: Sonopress, CD-ROM. Forage Conservation. Papers, 21-16, 2001.

BEAUCHEMIN, K.A.; BUCHANAN-SMITH, J.G. Effects of neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, n.9, p.2288-2300, 1989.

BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M.; SEWALT, J.H. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. **Canadian Journal of Animal Science**, v.75, p.641-644, 1995.

BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. The potential use of feed enzymes for ruminants. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 1996, New York. **Proceedings...** New York: Rochester Marriott Thruway Hotel, p.131-141, 1996.

BEAUCHEMIN, K.A.; COLOMBATTO, D.; MORGAVI, D.P. et al. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.81, E suppl. 2, p.E37-E47, 2002.

BESLE, J.M.; CORNU, A.; JOUANY, J.P. Roles of structural phenylpropanoids in forage cell wall digestion. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.64, p.171-190, 1994.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M. da; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.6, p.254-267, Artigo Número 27 nov./dez. 2005.

CHESSON, A. Feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, v.45, p.65-79, 1993.

DEHORITY, B.A.; TIRABASSO, P.A. Effect of ruminal cellulolytic bacterial concentrations on *in situ* digestion of forage cellulose. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2905-2911, 1998.

FENG, P.; HUNT, C.W.; JULIEN, W. E. et al. Effect of enzymes additives on *in situ* and *in vitro* degradation of mature coolseason grass forage. **Journal of Animal Science**, v.70, suppl. 1, p.309, 1992.

FENG, P.; HUNT, C.W.; PRITCHARD, G.T. et al. Effect of enzyme preparations on *in situ* and *in vitro* degradation and *in vivo* digestive characteristics of mature cool-season grass forage in beef steers. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1349-1357, 1996.

FONTES, C.M; HALL J.; HIRST, B.H. et al. The resistance of cellulases and xylanases to proteolytic inactivation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.43, p.52-57, 1995.

FORSBERG, C. W. Tackling the problem of improving forage utilization without chemicals in ruminants. Ontário: University of Guelph, 1995. (**Dairy Research Report**. Publ. n. 0395).

HRISTOV, A.N.; McALLISTER, T.A.; CHENG, K.-J. Intraruminal supplementation with increasing levels of exogenous polysaccharide-degrading enzymes: effects on nutrient digestion in cattle feed barley grain diets. **Journal of Animal Science**, v.78, p.477-487, 2000.

HUNT, C.W.; FENG, P.; TREACHER, R. et al. Effect of fibrolytic enzyme additives on *in vitro* degradability of alfafa and tall fescue. **Journal of Animal Science**, v.73, p.341 (Abstr.),1995 (suppl.1).

ISHIDA, T.; AISAN, A.; TOMIYAMA, K. et al. The effect of cellulase on cell wall structure and the rumen digestion of alfafa silage. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Anais...** Manaus: Sonopress, CDROM. Forage Conservation. Papers, ID 21-17, 2001.

KUNG JR., L. Microbial and chemical additives for silage – effects on fermentation and animal response. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2000, 2., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", p.53-73, 2000.

LEWIS, G.E.; SANCHEZ, W.K.; HUNT, C.W. et al. Effect of fibrolytic enzymes on lactational performance in mid-lactation Holstein cows. **Journal of Animal Science**, v.73, p.341 (Abstr.), 1995 (suppl.1).

LEWIS, G. E.; HUNT, C. W.; SANCHEZ, W. K.; TREACHER, R.; PRITCHARD, G. T.; FENG, P. Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on the digestive characteristics of a forage-based diet fed to beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 12, p. 3020-3028, 1996.

LOURES, D. R. S.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. de F.; PEDROSO, A. De F.; MARI, L. J.; RIBEIRO, J. L.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; JUNQUEIRA, M. C.; PACKER, I. U.; CAMPOS, F. P. de. Efeito de Enzimas Fibrolíticas e do Teor de Matéria Seca em Silagens de Capim-Tanzânia sobre os Parâmetros Ruminais, o Comportamento Ingestivo e a Digestão de Nutrientes, em Bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.736-745, 2005.

MARTINS, A. de S.; VIEIRA, P. de F.; BERCHIELLI, T. T.; PRADO, I. N. do; MOLETTA, J. L. Consumo e digestibilidade aparente total em bovinos sob suplementação com enzimas fibrolíticas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2118-2124, 2006.