

Parâmetros ruminais de bovinos alimentados com farelo de girassol hidrolisado ¹

Marco Antônio Gonzales de Carvalho ², Marina Gonzales de Carvalho ³, Bethina Bastos

Barboza ⁴, Rosemary Laís Galati ⁵, Jane Maria Bertocco Ezequiel ⁶

Resumo - O objetivo foi estudar a inclusão do farelo de girassol hidrolisado com hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) nas dietas de bovinos de corte e sua influência sobre os valores ruminais de pH ruminal e nitrogênio amoniacal, e avaliar as degradabilidades ruminais da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido dos farelos de girassol sem tratamento ou tratados com 15, 30, 45 e 60 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ kg}^{-1}$ de farelo. A hidrólise do farelo de girassol não influenciou os valores ruminais de pH e nitrogênio amoniacal. A fração solúvel da matéria seca e proteína bruta diminuíram com a hidrólise. No entanto, não houve diferenças na degradação potencial da proteína bruta, indicando que um posterior aproveitamento intestinal desta proteína não seria prejudicado. A solubilidade da fibra em detergente neutro aumentou com a hidrólise, e menores porcentagens de fração indegradável foram obtidas com 15 e 60 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ kg}^{-1}$. A hidrólise possibilitou o aumento da fração potencialmente degradável e as degradabilidades da fibra em detergente neutro sem prejudicar seu aproveitamento proteico no ambiente ruminal. A utilização de 15 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ kg}^{-1}$ seria suficiente para melhorar a degradação da fibra em detergente neutro desse ingrediente.

Palavras-chave: Degradabilidade. Gado de corte. Hidróxido de cálcio. Nitrogênio amoniacal. pH ruminal.

Rumen parameters of cattle fed hydrolyzed sunflower meal

Abstract - The aim was to evaluate the addition of sunflower meal hydrolyzed with calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) in cattle diets and it influences on ruminal parameters of pH and ammonia nitrogen. This study also evaluate the ruminal degradability of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber from sunflower meal with or without treatment with 15, 30, 45, and 60 g of $\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ kg}^{-1}$. The sunflower meal hydrolysis did not influence the ruminal values of pH and ammonia nitrogen. The soluble fractions of dry matter and crude protein decrease with sunflower hydrolysis. Therefore, the potential degradation of crude protein did not affect, indicating that a posterior intestinal utilization of this protein would not be affected. The neutral detergent fiber solubility increase with hydrolysis, with lower percentages of undegradable fraction with 15 and 60 g of $\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ kg}^{-1}$. The hydrolysis increases the potential degradable fraction and the degradability of neutral detergent fiber of sunflower meal without prejudicing it protein use in rumen. The use of 15 g of $\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ kg}^{-1}$ would be satisfactory to improve the degradation of neutral detergent fiber of sunflower meal.

Key words: Degradability. Cattle. Calcium hydroxide. Ammonia nitrogen. pH rumen.

¹Manuscrito recebido em 07/10/2014 e aceito para publicação em 12/12/2014.

²Zootecnista, Centro de Isótopos Estáveis, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Distrito de Rubião Júnior s/n, CEP 18618-970, Botucatu/SP. Autor para correspondência. E-mail: gonzalesmarco@hotmail.com. Tel: (14) 3880-0692.

³Médica Veterinária, M.Sc. Zootecnia, Centro de Isótopos Estáveis, UNESP, Distrito de Rubião Júnior s/n, CEP 18618-970, Botucatu/SP.

⁴Médica Veterinária, Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), UNESP, Botucatu/SP.

⁵Zootecnista, Dra. Zootecnia, Professora Adjunta do Departamento de Zootecnia e Extensão Rural, Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia (FAMEV), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá/MT.

⁶Zootecnista, Dra. Zootecnia, Professora Adjunta do Departamento de Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), UNESP, Jaboticabal/SP.

Introdução

A globalização do mercado de alimentos e insumos tornou diversos produtos agropecuários em *commodities*, que acompanham as tendências de preço do mercado internacional. Com isso a diminuição dos custos de produção e o aumento da produtividade tornam-se fatores essenciais no fortalecimento do sistema produtivo, prevenindo o produtor de eventuais prejuízos causados pelas oscilações do mercado externo.

Dentre os produtos agropecuários a carne bovina tem grande destaque mundial, com uma produção anual estimada em 63 milhões de toneladas, sendo 14,7 % produzidos no Brasil, o segundo maior produtor mundial (FAO, 2012). Na cadeia produtiva da carne, as despesas com a alimentação dos animais tem grande influência na lucratividade final do pecuarista, que busca por ingredientes e métodos alternativos para diminuir os custos de produção sem prejudicar a produtividade do rebanho.

Isso pode ser alcançado a partir de técnicas que promovam a melhoria de ingredientes utilizados na alimentação animal, como a inclusão do farelo de girassol (*Helianthus annuus* L.) em dietas de bovinos de corte devido ao seu potencial proteico, com teores próximos a 30 % de proteína bruta e degradabilidade efetiva dessa proteína acima de 73 % (LOMASCOLO et al., 2012; HABIB et al., 2013; MARGHAZANI et al., 2013). Apesar da qualidade proteica, o farelo de girassol contém fibra de baixa qualidade, o que pode limitar sua utilização nas dietas de ruminantes (GALATI, 2004).

Na busca de melhorar a qualidade de alimentos fibrosos, estudos indicam que o tratamento químico com álcalis favorece a degradação da fibra, rompendo a parede celular e dissolvendo a hemicelulose e lignina pela hidrólise de ésteres (JACKSON, 1977). Dentre os produtos utilizados nessa hidrólise alcalina, a cal hidratada ou hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) aumentou os coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro, melhorando o valor nutritivo do farelo de girassol (CAMPOS et al., 2008).

No entanto, não há estudos avaliando o efeito da hidrólise do farelo de girassol com Ca(OH)_2 sob os parâmetros ruminais de pH, nitrogênio amoniacal e degradabilidade. O objetivo desse estudo foi avaliar a influência da hidrólise alcalina do farelo de girassol na alimentação de bovinos de corte sob os valores de pH ruminal, nitrogênio amoniacal no rúmen e

degradabilidades da matéria seca, proteína, fibra bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, para obter informações que possibilitem um melhor aproveitamento do alimento na nutrição de ruminantes.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos e as análises laboratoriais realizadas no Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP), ambos pertencentes ao Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal. Os animais foram alojados em baias individuais, providas de comedouros e bebedouros com água sempre disponível.

Foram utilizados quatro bovinos machos não castrados da raça Nelore, canulados no rúmen, pesando em média 550 kg. No início do experimento, os animais foram tratados com Ivermectina para o controle de endo e ectoparasitas. Os animais receberam dietas compostas por 70 % de silagem de milho e 30 % de concentrado contendo farelo de girassol (Tabela 1) com ou sem hidrólise alcalina com cal hidratada, que é composta por hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2). As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, permitindo sobras de até 10 %. Foram formuladas duas dietas, a dieta controle contendo farelo de girassol sem tratamento (FG) e outra dieta contendo o farelo de girassol hidrolisado (FH) com 30 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ do farelo. A quantidade de 30 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ foi escolhida por ser o nível intermediário aos estudados no ensaio de degradabilidade ruminal *in situ* (0, 15, 30, 45 e 60 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ do farelo).

O farelo de girassol utilizado foi obtido na forma peletizada da agroindústria sendo triturado em tritadeira com peneira de crivos de 3 mm. Para obtenção do farelo de girassol hidrolisado, após a trituração o farelo foi espalhado em lona plástica em camada de 1 cm, sendo pulverizada solução de cal hidratada diluída em 500 mL de água por bomba tipo costal em 1 kg do farelo de girassol (na matéria natural). Após a aplicação, o material permaneceu sobre a lona plástica, secando à sombra por 24 h.

Para o estudo da degradação ruminal, foi utilizada a técnica *in situ* (ØRSKOV e MCDONALD, 1979) com sacos de náilon 100 % poliamida, medindo 14 x 7 cm e com poros de 50 μm . Foram colocados nos sacos 5 g de matéria

seca dos farelos de girassol hidrolisados ou não, moídos em peneira com crivos de 2 mm.

Foram avaliadas as concentrações de 0 (FG), 15 (FH15), 30 (FH30), 45 (FH45) e 60 g (FH60) de Ca(OH)_2 diluído em 500 mL de água, para cada quilograma de farelo. Os sacos de náilon previamente pesados e com as amostras de cada farelo, foram fixados a uma corrente de 50 cm de comprimento e colocados no interior do rúmen, ficando presos por um cordão à tampa da cânula. Os tempos de incubação foram de 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas. Ao término da incubação ruminal, os sacos foram lavados, para retirada do excesso de conteúdo ruminal, para depois serem imersos em água gelada por um período de 30 min, para interrupção da atividade microbiana, e em seguida lavados em máquina tanquinho com renovação de água, até que a água ficasse totalmente limpa (TEIXEIRA, HUBER e WANDERLEY, 1989). Após esta etapa, os sacos contendo os resíduos da incubação foram secos em estufa de circulação e renovação de ar a temperatura de 55 °C por 72 h. Os sacos com os resíduos foram pesados, após secos e em equilíbrio com a temperatura ambiente, para posteriores cálculos das degradabilidades.

A fração solúvel foi determinada lavando-se em líquido ruminal autoclavado os sacos de náilon contendo as amostras (EZEQUIEL et al., 2002). Para este procedimento, foram colhidos 12 L de líquido ruminal para cada tratamento, em dois dias consecutivos. Os líquidos foram submetidos à autoclavagem (1 kgf cm^{-2} a 121 °C por 1 h) após a colheita. Foram pesados 10 sacos de náilon para cada tipo de farelo de girassol, contendo 5 g da amostra correspondente. Os sacos foram lavados em líquido ruminal autoclavado durante meia hora, sob agitação constante. Ao término deste tempo, o líquido ruminal foi substituído por novo líquido e os sacos lavados por mais 30 min. Ao fim do processo, os sacos foram lavados em água corrente para retirada do excesso de líquido ruminal, depois colocados em estufa com circulação e renovação de ar regulada a 55 °C por 72 h.

Os ingredientes e os resíduos foram moídos em moinho de facas a 1 mm. Após a moagem, foram realizadas as determinações dos teores de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta (N x 6,25) de acordo com a AOAC (1995). As fibras em detergente neutro e detergente ácido foram determinadas utilizando as soluções descritas por Van Soest e Wine (1967) e a digestão realizada em autoclave com controle de pressão e

temperatura ($0,5 \text{ kgf cm}^{-2}$ e 111 °C). As fibras dos farelos de girassol e dos resíduos não degradados foram corrigidas para a matéria mineral.

Para avaliação da degradação potencial das variáveis foi utilizado o modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979), conforme equação 1.

$$p = a + b(1 - e^{-kdt})$$

Onde:

p: degradação potencial do componente nutritivo, em porcentagem;

a: fração solúvel, em porcentagem;

b: fração insolúvel potencialmente degradável, em porcentagem;

a + b: potencial de digestão do componente nutritivo;

kd: taxa de digestão por ação fermentativa, em porcentagem por hora;

t é o tempo de incubação, em horas.

Para determinação da degradabilidade efetiva foi utilizada a equação 2, proposta por McDonald (1981).

$$P = [a + (b \cdot kd)(kd + kp)^{-1}]$$

Onde:

P: degradabilidade efetiva, em porcentagem;

Kp: taxa de passagem das frações nutritivas a 5 % h^{-1} (AFRC, 1993)

As variáveis a, b e kd são as mesmas constantes da equação 1.

Foram colhidos 500 mL de conteúdo ruminal de cada animal nos tempos 0, 1, 2, 4, 6 e 8 horas após a alimentação, com o auxílio de bomba a vácuo. O conteúdo ruminal foi filtrado em tecido de náilon de 100 μm para separação das frações sólida e líquida. Imediatamente após a separação, uma alíquota de 100 mL da fração líquida foi reservada em béquer para medição do pH por peagâmetro digital de mesa. Para determinar as concentrações ruminiais de nitrogênio amoniacal foram pipetados 2 mL da fração líquida para destilação em aparelho tipo micro-Kjeldahl, utilizando-se 5 mL de KOH (2 mol L^{-1}). O destilado foi recebido em 10 mL de solução de ácido bórico 2 % até completar o volume de 50 mL e então titulado com HCl ($0,005 \text{ mol L}^{-1}$) para determinação da concentração de nitrogênio amoniacal, segundo técnica adaptada por Vieira (1980).

Para análise da degradabilidade foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam às cinco concentrações de cal hidratada utilizadas na hidrólise (0, 15, 30, 45 e 60 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ de farelo de girassol) e os animais às repetições. Na análise do desaparecimento foi utilizado o delineamento

inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, com as cinco concentrações de cal hidratada correspondendo aos tratamentos (parcelas) os animais às repetições, e os tempos de permanência do material incubado no rúmen (3, 6, 12, 24, 48 e 72 h) às subparcelas.

Os valores de pH e das concentrações de nitrogênio amoniacal foram analisados em delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, com as duas dietas (farelo de girassol sem hidrólise e com hidrólise) correspondendo aos tratamentos (parcelas), os animais às repetições, e os horários de colheita (0, 1, 2, 3, 4, 6 e 8 h) às subparcelas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre médias comparadas pelo teste Tukey através do procedimento GLM do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC) a 5 % de probabilidade.

Resultados e Discussão

A fração solúvel da matéria seca (MS) sofreu decréscimo significativo com o aumento da concentração de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, diminuindo 34,5 % para o FH60 em relação ao FG, além de uma menor taxa de degradação, resultando numa menor degradabilidade efetiva (Tabela 2). O principal componente da MS responsável por esta diferença foi a proteína bruta, cuja solubilidade diminuiu com a hidrólise, fato que pode ser explicado pela possível formação de complexos proteína-minerais (CARRÃO-PANIZZI e MANDARINO, 2005).

Os tratamentos com farelo de girassol hidrolisado apresentaram os menores valores da fração solúvel da proteína bruta, com decréscimo de 48,1 % no tratamento FH45 em relação ao FG, diminuindo a degradabilidade efetiva da proteína bruta (Tabela 2). No entanto, não houve diferenças na degradação potencial da proteína bruta, indicando que um posterior aproveitamento intestinal desta proteína não seria prejudicado.

Os valores de solubilidade da fibra em detergente neutro (FDN) aumentaram com o uso da hidrólise, e menores porcentagens de fração indegradável foram obtidas pelos tratamentos FH15 e FH60, que foram 14,7 e 18,2 % inferiores ao FG, respectivamente. As hidrólises com 15 ou 60 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ kg}^{-1}$ obtiveram melhor degradação potencial da FDN, com um aumento significativo em relação ao controle. Os melhores valores obtidos pela hidrólise demonstraram que esse processo pode ser utilizado com vantagens

quanto ao aproveitamento da fibra, já que foi possível obter maiores degradabilidades, influenciadas pela diminuição na fração indegradável dos farelos hidrolisados (Tabela 2).

Em relação à degradabilidade da fibra em detergente ácido (FDA), a utilização da hidrólise não alterou significativamente os valores para fração indegradável, taxa de passagem e degradabilidade potencial. Com exceção do FH60, os demais farelos hidrolisados tenderam a maiores valores de degradabilidade efetiva da FDN, influenciados principalmente pelas frações solúvel e insolúvel/potencialmente degradável desses tratamentos.

Pelos dados apresentados, a hidrólise com 15 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ kg}^{-1}$ de farelo de girassol é a mais recomendada, pois foi o menor teor de hidróxido de cálcio aplicado no qual houve diminuição da fração indegradável da FDN e aumento da degradabilidade potencial da FDN em relação ao farelo não hidrolisado. A partir da observação dos dados obtidos, seria possível sugerir que o tratamento do FG com 15 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ seria suficiente para aumentar em 20 % as degradabilidades efetiva e potencial da FDN.

O tratamento do farelo de girassol com cal hidratada não influenciou significativamente os valores de pH ruminal (Tabela 3), que após a primeira hora de coleta permaneceram dentro dos limites de 6,2 a 6,8 para crescimento e ação das bactérias celulolíticas, ou seja apesar de ser um produto alcalino, o uso de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ não elevou os valores de pH. Também não houve diferença entre tratamentos para as concentrações de nitrogênio amoniacal (Tabela 3). Para o tratamento com farelo hidrolisado houve aumento brusco na concentração de N-NH_3 após 1h do arraçoamento, observando-se valor de 16 mg 100mL^{-1} , o que correspondeu ao acréscimo de 100 % em relação ao tempo 0 h. A ocorrência deste pico também foi observada por Galati et al. (2002) em dietas contendo farelo de girassol sem hidrólise.

Nos dois tratamentos as concentrações de N-NH_3 após 6 h do arraçoamento estavam abaixo dos 5 mg de $\text{N-NH}_3 100 \text{ mL}^{-1}$ necessários para proporcionar crescimento microbiano, e abaixo dos 20 mg de $\text{N-NH}_3 100 \text{ mL}^{-1}$ recomendados como melhor concentração para degradação da fibra (PRESTON, 1986). Assim, a ausência de efeitos pronunciados na degradação da fibra após a hidrólise, pode ser devido à complexidade estrutural da fibra e à baixa concentração de N-NH_3 .

Os resultados foram condizentes com os obtidos por Arroyo et al. (2013), que não encontraram diferenças significativas entre os valores de pH e amônia ruminal quando o farelo de girassol foi tratado quimicamente.

Os desaparecimentos da MS do FG, FH15 e FH45 atingiram seu potencial máximo de degradação após 12 h de permanência no rúmen (Tabela 4). Para o FH30 e FH60 esse potencial só é ultrapassado após 24 h de permanência. A obtenção do potencial máximo de degradação em pouco tempo é devido à contribuição proteica dos farelos que independente da hidrólise apresentaram fração solúvel e taxas de degradação elevadas.

Independente dos tratamentos, não houve diferença significativa no desaparecimento da MS após 48 h de permanência no rúmen. Observou-se que a hidrólise diminuiu a velocidade de desaparecimento da PB, o que pode ser uma estratégia nutricional nas formulações, pois a fração não degradável no rúmen incrementará as proteínas de origem microbiana e dietética que chegarão aos intestinos.

O aumento da concentração de Ca(OH)_2 ocasionou maior desaparecimento da FDN, indicando vantagens do uso da cal hidratada na degradação da fibra, apresentando-se mais favorável a utilização de 15 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ do farelo, pois o desaparecimento da fibra respondeu positivamente a essa concentração.

Conclusões

Os valores de pH ruminal não foram influenciados pela hidrólise mantendo-se na faixa ideal para promover a degradação da fibra. As concentrações de nitrogênio amoniacal estiveram abaixo do valor ótimo para degradação da fibra, o que pode ter impedido evidenciar melhor o efeito da hidrólise do farelo de girassol.

A hidrólise possibilitou o aumento da fração potencialmente degradável e as degradabilidades da fibra em detergente neutro sem prejudicar o aproveitamento proteico do farelo de girassol no ambiente ruminal.

A utilização de 15 g de Ca(OH)_2 por kg de farelo de girassol seria suficiente para melhorar a degradação da fibra em detergente neutro desse ingrediente.

Referências

AFRC - AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: Cab International, 1993. 159 p.

AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025 p.

ARROYO, J. M.; GONZÁLEZ, J.; OUARTI, M.; SILVÁN, J. M.; RUIZ DEL CASTILLO, M. L.; DE LA PEÑA MORENO, F. Malic acid or orthophosphoric acid-heat treatments for protecting sunflower (*Helianthus annuus*) meal proteins against ruminal degradation and increasing intestinal amino acid supply. **Animal**, v. 7, n. 2, p. 223-231, 2013.

CAMPOS, A. F.; FAVARO, V. R.; EZEQUIEL, J. M. B.; GALATI, R. L.; CARVALHO, M. A. G. Digestibilidade total de dietas contendo farelo de girassol hidrolisado com diferentes concentrações de hidróxido de cálcio. **Pubvet**, v. 2, n. 39, 2008.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. Produtos proteicos do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa, 2005. p. 51-68.

EZEQUIEL, J. M. B.; BERTOSI, L. S.; GALATI, R. L.; NOGUEIRA, K. A. Solubilidade da matéria seca e proteína em diferentes solventes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nation. **Production of Top 5 producers of cattle meat in 2012**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QL/E>>. Acesso em: 15 de setembro de 2014.

GALATI, R. L.; EZEQUIEL, J. M. B.; MENDES, A. R.; BOCCHI, A. L.; PEREIRA, E. M. O.; FEITOSA, J. V.; CATTELAN, J. W. Influência de diferentes fontes energéticas sobre os valores de pH e concentrações ruminiais de nitrogênio amoniacal no rúmen e no intestino. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.

- GALATI, R. L. **Co-produtos do milho, soja e girassol para bovinos de corte**. Jaboticabal: UNESP, 2004. 168 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- HABIB, G.; KHAN, N. A.; ALI, M.; BEZABIH, M. *In situ* ruminal crude protein degradability of by-products from cereals, oilseeds and animal origin. **Livestock Science**, v. 153, n. 1, p. 81-87, 2013.
- JACKSON, M. G. Review article: The alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v. 2, n. 2, p. 105-130, 1977.
- LOMASCOLO, A.; UZAN-BOUKHRIS, E.; SIGOILLOT, J. C.; FINE, F. Rapeseed and sunflower meal: a review on biotechnology status and challenges. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 95, n. 5, p. 1105-1114, 2012.
- MARGHAZANI, I. B.; JABBAR, M. A.; PASHA, T. N.; ABDULLAH, M. Ruminal degradability characteristics in vegetable protein sources of Pakistan. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 23, n. 6, p. 1578-1582, 2013.
- MCDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **The Journal of Agricultural Science**, v. 96, n. 1, p. 251-252, 1981.
- ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **The Journal of Agricultural Science**, v. 92, p. 499-503, 1979.
- PRESTON, T. R. **Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines 2. A practical manual for research workers**. FAO Animal Production and Health Paper, v. 50, n. 2, 1986.
- TEIXEIRA, J. C.; HUBER, J. T. , WANDERLEY, R. C. Uso da técnica de saco de náilon móvel para estimar digestibilidade pós-ruminal em vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 18, n. 4, p. 285-294, 1989.
- VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. IV. Determinations of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association Official Analytical Chemists**, v. 50, n. 1, p. 50-55, 1967.
- VIEIRA, P. F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes**. Viçosa: UFV, 1980. 98 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

Tabela 1 - Composição percentual e bromatológica das dietas experimentais, em porcentagem da matéria seca (% MS) (LIGAP¹, Jaboticabal/SP, 2006).

Ingredientes (% MS)	Dietas ²	
	FG	FH
Silagem de milho	70,0	70,0
Polpa de citros	14,2	14,2
Farelo de girassol	15,0	-
Farelo de girassol hidrolisado	-	15,0
Suplemento mineral ³	0,8	0,8
Total	100	100
<i>Composição bromatológica ⁴ (% MS)</i>		
MO	93,9	93,6
PB	12,3	12,7
FDN	57,0	58,8
FDA	37,2	38,8

¹Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – Jaboticabal/SP.

²Dietas experimentais contendo farelo de girassol sem hidrólise (FG) ou farelo de girassol hidrolisado com 30 g de Ca(OH)₂ por kg do farelo (FH).

³Níveis por kg do produto: cálcio, 60 g; fósforo, 45 g; enxofre, 4,12 g; sódio, 152 g; cobalto, 39 g; cobre, 1.050 mg; ferro, 1.300 mg; iodo, 50,25 mg; manganês, 1.000 mg; selênio, 9 mg; zinco, 2.520 mg; flúor, 450 mg.

⁴MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido (LIGAP, Jaboticabal/SP).

Tabela 2 - Frações solúvel (a), insolúvel e potencialmente degradável (b) e indegradável (c), taxa de degradação (kd) e degradabilidades potencial (DP) e efetiva (DE) para a matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, dos farelos de girassol com ou sem hidrólise (LIGAP¹, Jaboticabal/SP, 2006).

	Frações (%)			kd (% h ⁻¹) ³	Degradabilidades (%)	
	a	b	c		DP	DE ⁴
<i>Matéria seca</i>						
FG	40,0 a	33,2 d	26,8 a	7,9 a	73,1 a	60,3 a
FH15	33,4 c	39,8 c	26,8 a	7,4 ab	72,9 a	57,1 b
FH30	34,5 b	37,9 c	27,6 a	7,4 ab	72,2 a	57,1 b
FH45	29,5 d	44,3 b	26,2 a	7,5 ab	73,5 a	55,9 bc
FH60	26,2 e	49,1 a	24,7 a	6,0 b	74,7 a	53,1 c
CV (%)	-	3,9	6,1	10,9	2,2	2,5
<i>Proteína bruta</i>						
FG	62,8 a	33,3 e	3,9 a	10,4 a	96,0 a	85,1 a
FH15	46,7 d	48,7 b	4,6 a	11,8 a	95,3 a	80,5 a
FH30	54,9 b	41,5 d	3,5 a	7,9 a	96,1 a	79,9 ab
FH45	32,6 e	62,7 a	4,7 a	10,5 a	95,2 a	74,6 b
FH60	51,2 c	44,6 c	4,2 a	9,6 a	95,7 a	80,5 a
CV (%)	-	2,4	26,4	24,7	1,0	3,0
<i>Fibra em detergente neutro</i>						
FG	0,0 e	40,8 ab	59,3 a	8,1 a	40,5 b	24,9 b
FH15	6,5 b	42,9 ab	50,6 b	6,3 a	48,9 a	30,3 ab
FH30	6,4 c	41,1 ab	52,5 ab	6,9 a	47,2 ab	30,3 ab
FH45	9,3 a	37,9 b	52,7 ab	7,1 a	46,7 ab	30,8 a
FH60	3,6 d	47,9 a	48,5 b	4,7 a	49,5 a	26,5 ab
CV (%)	-	8,1	6,5	25,9	7,4	8,8
<i>Fibra em detergente ácido</i>						
FG	21,5 c	28,2 b	50,3 a	4,5 a	46,9 a	33,7 ab
FH15	19,0 d	36,0 ab	45,0 a	7,0 a	54,2 a	39,4 ab
FH30	27,0 a	28,5 b	44,5 a	4,5 a	54,3 a	40,6 ab
FH45	25,0 b	31,6 b	43,4 a	9,0 a	55,3 a	42,6 a
FH60	10,6 e	43,3 a	46,7 a	5,4 a	52,3 a	32,8 b
CV (%)	-	13,6	9,9	67,3	8,6	11,5

*Médias com letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

¹ Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – Jaboticabal/SP.

² FG: farelo de girassol sem hidrólise; FH15: hidrólise com 15 g de Ca(OH)₂ kg⁻¹ de farelo de girassol; FH30: hidrólise com 30 g de Ca(OH)₂ kg⁻¹ de farelo de girassol; FH45: hidrólise com 45 g de Ca(OH)₂ kg⁻¹ de farelo de girassol; FH60: hidrólise com 60 g de Ca(OH)₂ kg⁻¹ de farelo de girassol.

³ kp = taxa de passagem das frações nutritivas a 5 % h⁻¹.

⁴ Degradabilidade efetiva a 5 % h⁻¹.

Tabela 3 - Valores ruminiais de pH e concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃ em mg 100 mL⁻¹) em diferentes tempos de colheita (em horas) após arraçoamento (LIGAP¹, Jaboticabal/SP, 2006).

Tratamentos ²	Tempo de colheita (h)							CV (%)
	0	1	2	3	4	6	8	
pH ruminal								
FG	7,0 a	6,5 a	6,5 a	6,5 a	6,6 a	6,7 a	6,8 a	1,5
FH	7,1 a	6,5 a	6,4 a	6,4 a	6,5 a	6,6 a	6,8 a	3,7
Nitrogênio amoniacal								
FG	10,5 a	14,1 a	11,3 a	9,0 a	7,0 a	4,6 a	5,8 a	37,4
FH	8,0 a	16,0 a	15,2 a	10,3 a	8,2 a	4,5 a	4,3 a	24,4

*Médias com letras iguais nas colunas não diferem entre si no teste de Tukey (P<0,05).

¹Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – Jaboticabal/SP.

²Dietas à base de 70 % de silagem de milho, 14,2 % de polpa de citros e 0,8 % de suplemento mineral, contendo farelo de girassol sem hidrólise (FG) ou farelo de girassol hidrolisado com 30 g de Ca(OH)₂ kg⁻¹ de farelo de girassol (FH).

Tabela 4 - Desaparecimento da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, por tempo de permanência no rúmen para os farelos de girassol com ou sem hidrólise (LIGAP¹, Jaboticabal/SP, 2006).

Tratamentos ²	Tempo de incubação (h)					
	3	6	12	24	48	72
<i>Matéria seca</i>						
FG	48,6 a	57,9 a	65,6 a	70,0 a	72,6 a	73,2 a
FH15	43,8 ab	53,9 b	63,0 a	69,2 ab	72,2 a	73,2 a
FH30	39,0 b	47,7 bc	56,3 c	65,9 b	71,2 a	72,4 a
FH45	37,4 bc	47,4 bc	59,0 bc	68,4 ab	72,5 a	73,8 a
FH60	31,7 c	41,2 c	54,3 c	67,5 ab	72,3 a	75,3 a
CV%	10,4	7,6	3,7	2,5	2,4	2,2
<i>Proteína bruta</i>						
FG	71,8 a	84,6 a	91,3 a	94,8 a	95,9 a	96,1 a
FH15	62,7 a	76,2 b	88,6 a	94,0 ab	95,1 a	95,4 a
FH30	59,4 a	69,3 bc	78,8 b	88,7 c	94,9 a	96,5 a
FH45	43,9 b	61,7 c	77,9 b	90,9 b	94,7 a	95,3 a
FH60	40,1 b	53,2 d	70,1 c	89,9 bc	94,9 a	95,8 a
CV%	11,7	5,5	3,3	1,6	0,7	1,2
<i>Fibra em detergente neutro</i>						
FG	10,2 a	18,5 a	26,1 ab	34,4 b	39,8 a	40,8 b
FH15	16,0 a	23,3 a	33,8 a	42,1 a	47,3 a	49,4 a
FH30	9,4 a	16,2 a	24,2 b	38,5 ab	45,7 a	47,6 ab
FH45	9,1 a	16,0 a	26,5 ab	38,6 ab	44,8 a	47,3 a
FH60	3,7 a	12,5 a	24,8 ab	39,9 ab	45,3 a	51,5 a
CV%	63,1	31,6	15,8	8,4	7,7	7,2
<i>Fibra em detergente ácido</i>						
FG	24,2 ab	30,7 ab	37,3 ab	41,9 a	46,2 a	49,7 a
FH15	31,6 a	36,1 a	42,3 a	48,1 a	53,4 a	55,0 a
FH30	24,5 ab	28,7 a	40,4 ab	46,2 a	51,7 a	55,5 a
FH45	19,2 ab	31,3 a	41,7 a	48,9 a	53,5 a	56,6 a
FH60	7,6 b	15,8 b	28,9 b	45,4 a	48,0 a	53,8 a
CV%	44,6	18,9	15,1	10,1	10,9	8,4

*Médias com letras iguais nas colunas não diferem entre si no teste de Tukey (P<0,05).

¹Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – Jaboticabal/SP.

² FG: farelo de girassol sem hidrólise; FH15: hidrólise com 15 g de Ca(OH)₂/kg de farelo de girassol; FH30: hidrólise com 30 g de Ca(OH)₂/kg de farelo de girassol; FH45: hidrólise com 45 g de Ca(OH)₂/kg de farelo de girassol; FH60: hidrólise com 60 g de Ca(OH)₂/kg de farelo de girassol.