



## EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO PARA AUMENTO DA PROTEÍNA NÃO DEGRADADA NO RÚMEN DO FARELO DE AMENDOIM SOBRE A DEGRADABILIDADE RUMINAL DA PROTEÍNA BRUTA

Kalista Eloisa **Loregian**<sup>1</sup>; Fernanda **Rigon**<sup>2</sup>; Eduardo Alberti **Baumel**<sup>3</sup>; Gabriel Meurer **Wachekowski**<sup>4</sup>; Eduardo Marostegan de **Paula**<sup>5</sup>

Nº 20705

**RESUMO** – A proteína bruta é um dos principais nutrientes estudado na nutrição animal, devido sua importância nutricional e seu custo. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do tratamento térmico com uso de microondas com ou sem a adição de xilose para aumento da PNDR sobre a degradabilidade ruminal da MS e PB do farelo de amendoim (FAM) comparado ao farelo de soja, Soypass® e ao FAM convencional. As amostras de FAM foram tratadas com calor no microondas por 2, 4 ou 6 minutos e com ou sem adição de xilose. A incubação *in situ* de cada tratamento foi realizada em duplicata, em três animais simultaneamente, por meio de fístula ruminal por 2, 4, 8, 12, 24 e 48 horas. Posteriormente, foi calculado a degradabilidade ruminal efetiva da MS e PB. Os FAM tratados com xilose foram semelhantes ( $P > 0.05$ ) ao controle Soypass. Todos os FAM que receberam tratamento por calor tiveram uma redução na fração A e um aumento na fração C da degradabilidade da PB. Já para parâmetros relacionados a PB, os tratamentos com xilose foram semelhantes ao controle Soypass e superior ao FAM convencional. O uso de microondas durante 2, 4 e 6 minutos mais adição de xilose tratamento com microondas sem xilose no tempo 6 min tiveram apresentaram níveis de PNDR semelhantes ao Soypass. Conclui-se que o FAM tratado pode ser uma alternativa ao farelo de soja convencional e ao Soypass, todavia um estudo acerca da viabilidade econômica e desempenho dos animais se faz necessário.

**Palavras-chaves:** microondas, reação de Maillard, PNDR, xilose

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Zootecnia, UDESC Chapecó-SC; kalista.loregian1@edu.udesc.br

2 Mestranda do programa de Pós-graduação em Zootecnia, Bolsista PROMOP UDESC, Chapecó-SC.

3 Bolsista PROBIC UDESC; Graduação em Zootecnia, UDESC, Chapecó-SC.

4 Bolsista PIBIC; Graduação em Zootecnia, IFRO, Colorado do Oeste-RO.

5 Orientador: Jovem pesquisador do Instituto de Zootecnia, Sertãozinho-SP; emarostegandepaula@gmail.com.



**ABSTRAC** – *Crude protein is one of the main nutrients studied in animal nutrition, due to its nutritional importance and cost. The objective of the work was to evaluate the effect of heat treatment with the use of microwave with or without the addition of xylose to increase RUP on ruminal degradability of DM and PB of peanut meal (FAM) compared to soybean meal, Soypass® and conventional FAM. Peanut meal samples were treated with microwave for 2, 4 or 6 minutes and with or without the addition of xylose. The in-situ incubation of each treatment was performed in duplicate, in three animals simultaneously via ruminal fistula for 2, 4, 8, 12, 24 and 48 hours. Subsequently, the effective ruminal degradability of DM and CP was calculated. Peanut meals treated with xylose were similar ( $P > 0.05$ ) to the Soypass. All peanut meals that received heat treatment had a reduction in fraction A and an increase in fraction C of CP degradability. For parameters related to CP, the treatments with xylose were similar to the Soypass control and superior to the conventional FAM. The use of microwaves for 2, 4 and 6 minutes plus addition of xylose and microwave without xylose for 6 min had similar RUP levels of Soypass. It is concluded that heat-treating FAM via microwave plus addition of xylose can be an alternative to conventional soybean meal and Soypass, however a study about the economic viability and performance of the animals is needed.*

**Keywords:** Maillard reaction, microwave, RUP, xylose



## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente nos sistemas de confinamento do Brasil um dos principais ingredientes da dieta dos animais é o farelo de soja, muito utilizado devido ao excelente perfil aminoácídico (Santos et al., 2016). Todavia, em função do seu elevado custo alimentos substitutos vêm sendo estudados, tanto como forma de redução de custos, quanto devido a composição nutricional dos mesmos. Dentre eles estão os farelos de amendoim e algodão, pois são os mais usados em dietas para bovinos devido a sua disponibilidade em várias regiões do Brasil (do Prado Paim et al., 2010; Marcondes et al., 2009).

Diversas técnicas de processamento e qualidade dos alimentos vem sendo estudadas, tendo em vista o aproveitamento do animal (Canesin et al., 2012). O uso, por exemplo, do método de tostagem para proteção da proteína da soja causou um aumento na produção de leite o que pode ser devido a otimização do uso da proteína pelo animal (Akbarian et al., 2014). Outro tratamento térmico que vem sendo estudado é através do microondas, o qual em alguns estudos proporcionou o aumento dos níveis de PNDR, pois o local de digestão da PB foi alterado do rúmen para o intestino delgado, onde a proteína é digerida e os aminoácidos (AA) melhor aproveitados (Paya et al., 2014; Sadeghi & Shawrang, 2006).

A proteína é a principal fonte de AA para ruminantes. Na nutrição de ruminantes, a proteína contida no alimento é dividida em duas frações: proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR). A soma da PDR que é convertida em proteína microbiana (PMIC), mais a PNDR, mais uma pequena fração de proteína endógena caracteriza a proteína metabolizável (PM), a qual é absorvida no intestino dos animais (Prados et al., 2016; Rotta et al., 2016; Santos & Pedroso, 2011).

Fontes de PNDR são digeridas no abomaso e intestino delgado (ID) dos ruminantes, e contribuem para o “pool” adequado de proteína metabolizável que chega ao ID, com a premissa de que a fonte de PNDR utilizada seja de qualidade. A PMIC formada a partir da degradação dos compostos nitrogenados no rúmen, não atende sozinha as exigências para animais de alto desempenho produtivo (NRC, 1985; Rotta et al., 2016; Santos & Pedroso, 2011). Além disso, a otimização do uso da PB, e por consequência, de fontes de qualidade de PNDR auxiliam na redução da excreção de compostos nitrogenados, que possuem um viés negativo para meio ambiente, pois são agentes contaminantes para solo e água (Guimarães, 2018; Rotta et al., 2016). Logo, elevar os valores de PNDR, pode ser uma alternativa para melhorar o desempenho dos



animais, além reduzir custos e a contaminação ambiental causada pela produção animal (Rotta et al., 2016).

Para aumentar o teor de PNDR dos alimentos alguns tratamentos químicos ou físicos, são comumente utilizados, como por exemplo: autoclave (Samadi & Yu, 2011), microondas (Paya et al., 2014), tostagem ou irradiação (Akbarian et al., 2014), infravermelho, ácido málico (Vanegas et al., 2017), lignossulfonato ( $\text{LSO}_3$ ; (McAllister et al., 1993)), adição de xilose (McAllister et al., 1993), formaldeídos (MIR et al., 1984), hidróxido de sódio (MIR et al., 1984), e o uso de taninos (Getachew et al., 2008; Lima et al., 2019). A adição de xilose (açúcar) nos alimentos tem se mostrado eficiente no aumento da PNDR nas dietas de ruminantes (Can & Yilmaz, 2002; Harstad & Prestløkken, 2000; McAllister et al., 1993; Tuncer & Sacakli, 2003). Esse composto é conhecido por desencadear, de maneira pronunciada, a reação de “maillard” aonde ocorre a complexação das proteínas a um carboidrato, fazendo assim com que ocorra proteção da proteína a fermentação dos microorganismos ruminais, porém, a digestibilidade intestinal da proteína não deve ser alterada (Can & Yilmaz, 2002; Harstad & Prestløkken, 2000; Tuncer & Sacakli, 2003). Can & Yilmaz, 2002, mostraram que a adição de xilose (3%) quando submetida a aquecimento a 120° C, reduziu a degradação da proteína no rúmen, corroborando com Tuncer & Sacakli, 2003, que mostraram que a xilose atua na proteção da proteína do farelo de soja e canola da degradação ruminal.

Soypass® é o produto comercial a base de farelo de soja protegido disponível atualmente no mercado. Alternativas ao farelo de soja como farelos de algodão e amendoim não possuem padrões estabelecidos de tratamento e/ou produtos comerciais para proteção da proteína (aumento da PNDR), como por exemplo Soypass (Weisbjerg et al., 1996). Com base nas informações expostas, mais pesquisas que busquem formas de tratamentos ou produtos que aumentem os valores de PNDR para esses alimentos se fazem necessários.

O objetivo do presente estudo foi aplicar tratamentos térmicos (tostagem em microondas em 3 diferentes tempos (dois, quatro ou seis min) com ou sem adição de xilose no farelo de amendoim (FAM) e avaliar como esses tratamentos podem atuar na proteção desses alimentos em relação a degradação ruminal da proteína quando comparado ao FAM convencional (sem tratamento térmico), farelo de soja convencional e ao farelo de soja Soypass.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto de Zootecnia, Centro de Pesquisa de Bovinos de Corte em Sertãozinho, SP, no laboratório de nutrição e fermentação ruminal. O tratamento térmico avaliado foi a tostagem por microondas por dois, quatro e seis minutos com ou sem adição de



xilose a 2% da MS. A combinação entre os diferentes farelos proteicos resultou em 9 amostras diferentes (Tabela 1).

**Tabela 1.** Tratamentos resultantes dos diferentes processamentos e farelos.

PROCESSAMENTO	TRATAMENTO		
	FAM <sup>1</sup>	FS <sup>2</sup>	Soypass®
Controle	FAMCON*	FSCON**	Soypass
Tostagem microondas sem adição de xilose (minutos)	02	TMICSX2	
	04	TMICSX4	
	06	TMICSX6	
Tostagem microondas com adição de xilose (minutos)	02	TMICSX2	
	04	TMICSX4	
	06	TMICSX6	

<sup>1</sup>FAM – Farelo de amendoim; <sup>2</sup>FS – Farelo de soja. \*Farelo de Amendoim Convencional; \*\*Farelo de soja convencional.

Após a aplicação dos tratamentos térmicos foi avaliada a degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta, para verificar a eficácia de cada tratamento para aumento de PNDR utilizando a técnica in situ (NRC, 2001) que será descrita em detalhes adiante. Primeiramente foram avaliados o farelo de amendoim convencional (FAMCON), farelo de soja (FSCON) e farelo de soja comercial Soypass® (Soypass), estes farelos sem processamento foram utilizados como tratamento controle. O farelo de amendoim passou por uma moagem em um moinho de facas com peneiras de 2 mm (Moinho tipo Wiley; Tecnal Equipamentos Científicos, Piracicaba, SP, Brasil).

Para o tratamento térmico por tostagem por microondas foram preparadas seis amostras de 450g de farelo, as quais foram pesadas em balança digital (Mettler Toledo, modelo ME2002E, Polaris Parkway Columbus, OH, EUA) e colocadas em um recipiente de vidro. Na sequência, as amostras foram colocadas em microondas (Eletrólux, modelo MEP37, Manaus, AM, Brasil) e processadas em potência máxima nos tempos descritos acima com e sem adição de xilose. Posterior ao tempo de processamento, as amostras foram retiradas do microondas, e acondicionadas individualmente em embalagens plásticas transparentes previamente identificadas. As amostras foram colocadas no interior do dessecador por um período de cinco minutos, para redução da temperatura. As embalagens foram seladas a quente e armazenadas na sala de amostras.

Após a moagem, 100g de amostra de cada tratamento foram acondicionadas em pote plástico com tampa e devidamente identificados. Destas subamostras de 2,5 g foram pesadas e



acondicionadas em saquinhos de poliéster (5 × 10 cm) com porosidade de 50 µm (R510, Ankom, Fairport, NY) para incubação ruminal. Os saquinhos foram previamente identificados e secos em estufa de ventilação por 1 hora a 105°C. A incubação dos saquinhos de cada tratamento foi realizada em duplicata, em três animais simultaneamente, por meio de fístula ruminal por 2, 4, 8, 12, 24 e 48 horas. Os saquinhos do tempo 0 foram mergulhados em água para simular a fração prontamente degradável. Após a remoção dos saquinhos do rumen, as amostras foram submersas em balde contendo água, (aproximadamente 20 litros), gelo e solução salina por 15 min a fim de paralisar a atividade microbiana. Em seguida, os saquinhos foram lavados em máquina de lavar do tipo “tanquinho”, em 3 ciclos de 5 minutos ou até o total clareamento. Após a lavagem, os saquinhos foram secos em estufa ventilada a 55°C por 48 horas. A degradabilidade ruminal efetiva da MS e PB foram calculadas de acordo com os modelos desenvolvido por Orskov and McDonald (1979).

Após secagem, foi determinado o teor de PB nos resíduos das seguindo a metodologia da AOAC (2006), para: matéria seca (MS; método 984.12) e proteína bruta (PB; método 984.13).

Análises estatísticas foram realizados por meio do software SAS 9.4 (Statistical Analysis Institute System, Inc., Cary, NC, EUA), com  $\alpha = 0,05$ . As médias dos recipientes, dentro de cada incubação, foram consideradas como unidades experimentais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do ensaio de degradabilidade ruminal da MS do farelo de amendoim e dos suplementos proteicos estão apresentados na Tabela 2.

Houve redução da fração A da MS nos tratamentos TMICCX4, TMICCX6, TMICSX2, TMICSX4, TMICSX6. A fração A representa a fração solúvel, ou seja, rapidamente degradada no rúmen, a qual é composta por NNP (nitrogênio não proteico como a amônia, peptídeos e aminoácidos) e carboidratos prontamente fermentáveis (açúcares solúveis e amido) (T. T. Berchielli et al., 2011). Esta redução pode estar associada ao aquecimento promovido pelos tratamentos, os quais podem ter causado uma redução das frações de rápida degradação no rúmen gerando um aumento da fração C quando comparados aos tratamentos do Soypass e do FSCON. Tal efeito pode ter ocorrido em função da temperatura de aquecimento, pois entre 10° e 40°C, o processo de ocorrência da reação de Maillard é acelerado, e devido à presença da xilose, uma pentose redutora para a ocorrência desta reação (Francisquini et al., 2017). O tratamento TMICCX2 foi semelhante aos tratamentos Soypass e FSCON, e superior ao tratamento controle do FAMCON. A xilose, um monossacarídeo de cinco carbonos solúvel (Kim & Woo, 2018), é um dos produtos da degradação dos carboidratos no rúmen, e é amplamente incorporada e fermentada pelos microrganismos



ruminais (Kozloski, 2016). A sincronia entre carboidratos e fontes de proteína no rúmen, resulta em melhor eficiência de fermentação e degradabilidade dos alimentos (KOZLOSKI, 2016). Assim, a adição da xilose ao farelo de amendoim exposto a um curto período de aquecimento pode ter causado uma melhora da degradabilidade ruminal da fração A do TMICCX2, devido à maior disponibilidade de substratos energéticos prontamente fermentáveis para os microrganismos ruminais.

Os tratamentos TMICCX4, TMICCX6, TMICSX2, TMICSX4 e TMICSX6 foram estatisticamente iguais aos controles em relação a fração B da PB (Table 3). A degradabilidade da fração B do tratamento TMICCX6 foi menor quando comparada à degradabilidade da fração B dos controles de farelo de amendoim e farelo de soja convencional. A fração B é considerada potencialmente degradada, as quais estão relacionadas à taxa de degradação dos alimentos (O'Connor et al., 1993; Santos & Pedroso, 2011). As taxas de degradação de proteínas na fração B variam de 120 a 400%/h, 3 a 16%/h e 0,06 a 0,55%/h (O'Connor et al., 1993; 9 Santos & Pedroso, 2011). Nessa fração são consideradas a proteína verdadeira, hemicelulose e celulose. Este efeito, pode ser explicado pelo maior período de aquecimento dos substratos e pela adição de xilose, o que pode ter originado compostos das etapas intermediárias da reação de Maillard os quais são estáveis e de baixa degradabilidade no rúmen (Broderick et al., 1991; Francisquini et al., 2017).



**Tabela 2.** Efeito de tratamento térmico a base de microondas sobre parâmetros de degradação ruminal e degradabilidade efetiva da matéria seca do farelo de amendoim e suplementos proteicos.

Tratamentos	Frações <sup>1</sup>			kd, %/h	DE <sup>2</sup>
	A	B	C		
FSCON	36.5 <sup>a</sup>	62.1 <sup>abc</sup>	1.4 <sup>c</sup>	5.34 <sup>a</sup>	62.0 <sup>a</sup>
FS-Soypass	38.0 <sup>a</sup>	53.2 <sup>c</sup>	8.8 <sup>b</sup>	3.16 <sup>ab</sup>	54.0 <sup>ab</sup>
FAMCON	34.7 <sup>bc</sup>	63.3 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>b</sup>	4.25 <sup>ab</sup>	51.5 <sup>bc</sup>
TMICCX2	34.7 <sup>ab</sup>	58.9 <sup>cb</sup>	6.4 <sup>b</sup>	2.93 <sup>b</sup>	51.4 <sup>bc</sup>
TMICCX4	27.5 <sup>c</sup>	64.5 <sup>ab</sup>	7.9 <sup>b</sup>	3.28 <sup>ab</sup>	47.6 <sup>bcd</sup>
TMICCX6	23.5 <sup>c</sup>	60.7 <sup>abc</sup>	15.8 <sup>a</sup>	2.85 <sup>b</sup>	40.6 <sup>d</sup>
TMICSX2	28.5 <sup>bc</sup>	66.2 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>bc</sup>	3.77 <sup>ab</sup>	50.7 <sup>bc</sup>
TMICSX4	24.3 <sup>c</sup>	69.0 <sup>a</sup>	6.7 <sup>b</sup>	4.99 <sup>ab</sup>	50.3 <sup>bc</sup>
TMICSX6	23.1 <sup>c</sup>	68.8 <sup>a</sup>	8.1 <sup>b</sup>	3.33 <sup>ab</sup>	44.4 <sup>cd</sup>
EPM <sup>3</sup>	2.87	3.65	1.43	0.011	4.33
P - valor	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

<sup>a-d</sup> Médias com letras subscritas na coluna indicam diferenças significativas ( $P \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>A = Fração solúvel, B = Fração potencialmente degradável, C = Fração indegradável.

<sup>2</sup>DE = degradabilidade efetiva da MS, assumindo uma taxa de passagem (kp) de 7%/h.

<sup>3</sup>Erro Padrão da média.

O aumento da fração C nos tratamentos com uso de microondas com e sem xilose pode estar associado ao aumento da PNDR, como é observado para o produto Soypass (Tabela 3; Fração C 13,9; PNDR 63,1). A fração C é considerada não degradável no rúmen pois não são degradados pelos microrganismos ruminais após 48 horas de incubação (Santos & Pedroso, 2011). Esta fração está associada a lignina, taninos ou ainda a produtos da reação de Maillard (O'Connor et al., 1993; Santos & Pedroso, 2011). Todavia, experimentos para avaliar a extensão da degradação destes alimentos nos demais compartimentos do rúmen se fazem necessários para comprovar o efeito dos tratamentos avaliados.

A taxa de degradação (Kd, %/h) dos tratamentos TMICCX4, TMICSX2, TMICSX4 e TMICSX6 foram semelhantes ao Kd dos tratamentos controle (Tabela 2). Estes resultados demonstram que os tratamentos/processamentos foram eficientes em produzir alimentos com degradabilidade ruminal satisfatória, uma vez que os valores de Kd estão próximos aos do FSCON e do Soypass, ingredientes estes considerados de alto valor biológico, devido ao excelente perfil de AA (de Almeida et al., 2018). O Kd do tratamento TMICCX6 foi menor, quando comparado aos tratamentos controles (FSCON e FAMCON), o que sugere que houve uma maior taxa de passagem no rúmen. O aumento da taxa de passagem, sugere menor disponibilidade de substratos para



fermentação microbiana no ambiente ruminal, e indica passagem para os outros compartimentos do trato gastrointestinal (Waldo et al., 1972). Na Tabela 3, estão apresentados os resultados de degradabilidade ruminal da PB do farelo de amendoim, com e sem xilose e dos suplementos proteicos.

**Tabela 3.** Efeito de tratamento térmico a base de microondas sobre parâmetros de degradação ruminal e degradabilidade efetiva da proteína bruta em farelo de amendoim e suplementos proteicos

Tratamentos	Frações <sup>1</sup>			kd, %/h	PDR <sup>2</sup>	PNDR <sup>3</sup>
	A	B	C			
FSCON	17.5 <sup>d</sup>	81.5 <sup>a</sup>	1.0 <sup>b</sup>	0.043 <sup>a</sup>	47.6 <sup>a</sup>	52.4 <sup>b</sup>
FS-Soypass	19.6 <sup>bdc</sup>	66.5 <sup>c</sup>	13.9 <sup>a</sup>	0.026 <sup>dc</sup>	36.9 <sup>b</sup>	63.1 <sup>a</sup>
FAMCON	20.1 <sup>bdc</sup>	77.4 <sup>ba</sup>	2.5 <sup>b</sup>	0.037 <sup>ba</sup>	45.5 <sup>a</sup>	54.5 <sup>b</sup>
TMICCX2	18.1 <sup>dc</sup>	79.1 <sup>ba</sup>	2.9 <sup>b</sup>	0.027 <sup>bdc</sup>	37.8 <sup>b</sup>	62.2 <sup>a</sup>
TMICCX4	21.9 <sup>bac</sup>	77.8 <sup>bc</sup>	4.3 <sup>b</sup>	0.024 <sup>d</sup>	39.8 <sup>b</sup>	60.2 <sup>a</sup>
TMICCX6	19.6 <sup>bdc</sup>	67.1 <sup>c</sup>	13.3 <sup>a</sup>	0.021 <sup>d</sup>	34.7 <sup>b</sup>	65.3 <sup>a</sup>
TMICSX2	25.2 <sup>a</sup>	73.1 <sup>bc</sup>	1.7 <sup>b</sup>	0.036 <sup>ba</sup>	48.8 <sup>a</sup>	51.2 <sup>b</sup>
TMICSX4	23.0 <sup>ba</sup>	73.6 <sup>bc</sup>	3.4 <sup>b</sup>	0.036 <sup>bac</sup>	47.4 <sup>a</sup>	52.6 <sup>b</sup>
TMICSX6	19.6 <sup>bdc</sup>	75.3 <sup>ba</sup>	5.1 <sup>b</sup>	0.027 <sup>bdc</sup>	39.8 <sup>b</sup>	60.2 <sup>a</sup>
EPM <sup>4</sup>	1.45	2.43	2.07	0.008	4.53	4.53
P - value	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

<sup>a-d</sup> Médias com letras subscritas na coluna indicam diferenças significativas ( $P \leq 0.05$ ).

<sup>2</sup>PDR = proteína degradável no rúmen

<sup>3</sup>PNDR = proteína não degradável no rúmen

<sup>4</sup>EPM = erro padrão da média

Em relação a taxa de degradação da PB, podemos observar que os valores de Kd foram significativamente inferiores aos valores de Kd da MS. Este efeito pode ser resultado da diferença no escape de cada componente do alimento, ou seja, o Kd da matéria seca é maior, pois um número maior componentes são considerados (Berchielli et al., 2011). Desta forma, quando comparados os tratamentos TMICCX2, TMICCX4, TMICCX6, TMICSX4, TMICSX6 ao Soypass, pôde-se observar semelhança entre os tratamentos, indicando que os tratamentos foram eficientes em proteger a fração proteica potencialmente degradada no rúmen. Baixo Kd, como o da proteína, sugere uma maior passagem da fração proteica para digestão pós-ruminal (início no abomaso e finalização e absorção no intestino delgado) (Broderick et al., 1991; Santos & Pedroso, 2011).

Fontes de PNDR são digeridas principalmente no intestino delgado dos ruminantes e possuem grande importância para animais de alto desempenho produtivo (Santos & Pedroso, 2011). As fontes de PNDR, contribuem para adequada quantidade de proteína metabolizável que



chega ao ID, uma vez que somente a PMIC não atende plenamente as exigências proteicas destes animais (NRC, 1985; Rotta et al., 2016; Santos & Pedroso, 2011). Logo, aumentar os valores de PNDR é uma importante ferramenta para melhorar o desempenho dos animais, reduzir a excreção ambiental de nitrogênio por meio da redução dos teores de PB da dieta, o que consequentemente leva a uma redução no custo da alimentação dos animais (Rotta et al., 2016; SANTOS & PEDROSO, 2011; NRC, 2000).

#### 4 CONCLUSÃO

O uso de microondas com xilose nos tempos 2, 4 e 6 minutos assim como o tratamento com microondas sem xilose no tempo 6, tiveram efeitos positivos, sobre o aumento dos níveis de PNDR dos alimentos. Estes tratamentos, foram semelhantes ao produto comercial Soypass, podendo ser uma alternativa de substituição. Todavia, estudos de viabilidade econômica acerca da inclusão dos alimentos em estudo na dieta de bovinos de corte de alto desempenho são necessários, para avaliar se há viabilidade econômica e se o desempenho dos animais não será afetado negativamente.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa concedida, ao Centro de Pesquisa de Bovinos de Corte na unidade de pesquisa do Instituto de Zootecnia em Sertãozinho – SP por todo aporte para que essa pesquisa pudesse ser realizada, a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) pelo apoio, e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto (Número do processo: 2018/19743-7).

#### 6 REFERENCIAS

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Assoc Offic Anal Chem, Arlington, VA, USA.
- AOAC. 2006. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Gaithersburg, M.D.
- Akbarian, A., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Ghasemi, E., Dehghan-Banadaky, M., Shawrang, P., & Hosseini Ghaffari, M. (2014). Effects of roasting and electron beam irradiating on protein characteristics, ruminal degradability and intestinal digestibility of soybean and the performance of dairy cows. *Livestock Science*, 168, 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.07.019>
- Berchielli, T. T., Pires, V. A., & Oliveira, S. G. (2011). *\_Livro\_Nutrição de Ruminantes\_Telma Teresinha Berchielli.pdf* (p. 616).
- Broderick, G. A., Wallace, R. J., & Ørskov, E. R. (1991). Control of Rate and Extent of Protein Degradation.



*Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*, 541–592. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-702290-1.50030-8>

Can, A., & Yilmaz, A. (2002). Usage of xylose or glucose as non-enzymatic browning agent for reducing ruminal protein degradation of soybean meal. *Small Ruminant Research*, 46(2–3), 173–178. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00197-9](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00197-9)

Canesin, R. C., Fiorentini, G., & Berchielli, T. T. (2012). Inovações e desafios na avaliação de alimentos na nutrição de ruminantes. *Revista Brasileira de Saude e Producao Animal*, 13(4), 938–953. <https://doi.org/10.1590/s1519-99402012000400009>

de Almeida, D. M., Marcondes, M. I., Rennó, L. N., Martins, L. S., Villadiego, F. A. C., & Paulino, M. F. (2018). Soybean grain is a suitable replacement with soybean meal in multiple supplements for Nellore heifers grazing tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production*, 50(8), 1843–1849. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1630-7>

do Prado Paim, T., Louvandini, H., Margaret McManus, C., & Luiz Abdalla, A. (2010). Uso de subprodutos do algodão na nutrição de ruminantes. *Ciência Veterinária Nos Trópicos*, 13(1-2–3), 24–37.

Francisquini, J. D., Martins, E., Silva, P. H. F., Schuck, P., Perrone, Í. T., & Carvalho, A. F. (2017). Reação De Maillard: Uma Revisão. *Revista Do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 72(1), 48. <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v72i1.541>

Getachew, G., Pittroff, W., Putnam, D. H., Dandekar, A., Goyal, S., & DePeters, E. J. (2008). The influence of addition of gallic acid, tannic acid, or quebracho tannins to alfalfa hay on in vitro rumen fermentation and microbial protein synthesis. *Animal Feed Science and Technology*, 140(3–4), 444–461. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.03.011>

Guimarães, T. P. (2018). Exigências Proteicas para bovinos de corte. *Multi-Science Journal*, 1(1), 90. <https://doi.org/10.33837/msj.v1i1.43>

Harstad, O. M., & Prestløkken, E. (2000). Effective rumen degradability and intestinal indigestibility of individual amino acids in solvent-extracted soybean meal (SBM) and xylose-treated SBM (SoyPass®) determined in situ. *Animal Feed Science and Technology*, 83(1), 31–47. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00114-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00114-5)

Jahani-Azizabadi, H., Mesgaran, M. D., Vakili, A. R., Vatandoost, M., Ghezeljeh, E. A., & Mojtahedi, M. (2010). The effect of heat or heat-xylose processing on nitrogen fractions and in situ/in vitro ruminal and post-ruminal protein disappearance of guar meal. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 5(4), 266–273. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2010.266.273>

Kanzler, C., & Haase, P. T. (2020). Melanoidins Formed by Heterocyclic Maillard Reaction Intermediates via Aldol Reaction and Michael Addition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(1), 332–339. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06258>

Kim, D., & Woo, H. M. (2018). Deciphering bacterial xylose metabolism and metabolic engineering of industrial microorganisms for use as efficient microbial cell factories. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(22), 9471–9480. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9353-2>

Kozloski, G. V. (2019). Bioquímica dos Ruminantes. Editora UFSM. 3º edição revista e ampliada, 2º reimpressão. 216 p. Santa Maria, 2019.

Lima, P. R., Apdini, T., Freire, A. S., Santana, A. S., Moura, L. M. L., Nascimento, J. C. S., Rodrigues, R. T. S., Dijkstra, J., Garcez Neto, A. F., Queiroz, M. A. Á., & Menezes, D. R. (2019). Dietary supplementation with tannin and soybean oil on intake, digestibility, feeding behavior, ruminal protozoa and methane emission in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 249(December 2017), 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.01.017>

Marcondes, M. I., Filho, S. de C. V., Detmann, E., Valadares, R. F. D., e Silva, L. F. C., & Fonseca, M. A. (2009). Degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta de alimentos para bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(11), 2247–2257. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100026>

McAllister, T. A., Cheng, K.-J., Beauchemin, K. A., Bailey, D. R. C., Pickard, M. D., & Gilbert, R. P. (1993). Use of lignosulfonate to decrease the rumen degradability of canola meal protein. *Canadian Journal of Animal Science*, 73(1), 211–215. <https://doi.org/10.4141/cjas93-022>



- MIR, Z., MacLEOD, G. K., BUCHANAN-SMITH, J. G., GRIEVE, D. G., & GROVUM, W. L. (1984). Methods for Protecting Soybean and Canola Proteins From Degradation in the Rumen. *Canadian Journal of Animal Science*, 64(4), 855–865. <https://doi.org/10.4141/cjas84-099>
- NRC. (1985). *Nutrient requirements of beef cattle* (8th ed.).
- NRC. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (p. 318). <https://doi.org/10.17226/19014>
- O'Connor, J. D., Sniffen, C. J., Fox, D. G., & Chalupa, W. (1993). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. *Journal of Animal Science*, 71(5), 1298–1311. <https://doi.org/10.2527/1993.7151298x>
- Parnian Khajehdizaj, F., Taghizadeh, A., & Baghbanzadeh Nobari, B. (2014). Effect of feeding microwave irradiated sorghum grain on nutrient utilization, rumen fermentation and serum metabolites in sheep. *Livestock Science*, 167(1), 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.06.004>
- Paya, H., Taghizadeh, A., Janmohammadi, H., Moghaddam, G. A., Khani, A. H., & Alijani, S. (2014). *Effects of microwave irradiation on in vitro ruminal fermentation and ruminal and post-ruminal disappearance of safflower seed*. 5(2), 349–356.
- Prados, L. F., Chizzotti, M. L., Valadares Filho, S. C., Chizzotti, F. H. M., Rotta, P. P., & Costa e Silva, L. F. (2016). Manejo ambiental e predição da excreção de nitrogênio e fósforo por bovinos de corte. *Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR CORTE*, 327. <http://www.brcorte.com.br/br/>
- Rotta, P. P., Menezes, A. C. B., Costa e Silva, L. F., Valadares Filho, S. de C., Prados, L. F., & Marcondes, M. I. (2016). Exigências de proteína para bovinos de corte. *Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR CORTE*, 2008, 327. <http://www.brcorte.com.br/br/>
- Sadeghi, A. A., & Shawrang, P. (2006). Effects of microwave irradiation on ruminal degradability and in vitro digestibility of canola meal. *Animal Feed Science and Technology*, 127(1–2), 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.016>
- Sadeghi, A. A., & Shawrang, P. (2008). Effects of microwave irradiation on ruminal dry matter, protein and starch degradation characteristics of barley grain. *Animal Feed Science and Technology*, 141(1–2), 184–194. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.034>
- Samadi, & Yu, P. (2011). Dry and moist heating-induced changes in protein molecular structure, protein subfraction, and nutrient profiles in soybeans. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 6092–6102. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4619>
- Santos & Pedroso, A. M. (2011). Metabolismo de Proteínas. In T. T. A. V. P. S. G. de O. Berchielli (Ed.), *Nutrição de Ruminantes* (2nd ed., pp. 265–297).
- Santos, S. A., Rotta, P. P., Fernando, L., Clara, A., & Menezes, B. (2016). Proteína Microbiana. In *Exigências nutricionais de Zebuínos puros e cruzados BR-CORTE*.
- Tuncer, S. D., & Sacakli, P. (2003). Rumen degradability characteristics of xylose treated canola and soybean meals. *Animal Feed Science and Technology*, 107(1–4), 211–218. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00117-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00117-2)
- Vanegas, J. L., González, J., & Carro, M. D. (2017). Influence of protein fermentation and carbohydrate source on in vitro methane production. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(5), e288–e296. <https://doi.org/10.1111/jpn.12604>
- Waldo, D. R., Smith, L. W., & Cox, E. L. (1972). Model of Cellulose Disappearance from the Rumen. *Journal of Dairy Science*, 55(1), 125–129. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(72\)85442-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(72)85442-0)
- Weisbjerg, M. R., Hvelplund, T., Hellberg, S., Olsson, S., & Sanne, S. (1996). Effective rumen degradability and intestinal digestibility of individual amino acids in different concentrates determined in situ. *Animal Feed Science and Technology*, 62(2–4), 179–188. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)00970-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)00970-4)