



Degradabilidade e cinética ruminal de alimentos energéticos utilizados em dietas para ruminantes

Ruminal kinetics and degradability of energetic feedstuffs used in diets for ruminants

Mikael Neumann¹ , Leslei Caroline Santos¹ , Eloize Jaqueline Askel^{2*} , Bruno José Venancio¹ , Giovanna Bobato Pontarolo¹ , Fernando Braga Cristo¹ , Daniel Corrêa Plodoviski¹ , Emylli Pereira e Silva¹

¹Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Guarapuava, PR, Brasil

²Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil

*Correspondente: elojaque@gmail.com

Resumo

Objetivou-se neste trabalho avaliar alimentos energéticos quanto a composição química, degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca (DMS), cinética ruminal e taxa de desaparecimento ruminal da matéria seca. Foram avaliados sete alimentos (tratamentos): grão de milho moído, grão de aveia moído, grão de cevada moído, farelo de trigo, casca de soja, radícula de malte e gérmen de milho, num delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições cada. Para a incubação dos materiais foram utilizados dois bovinos com cânula ruminal, e cada tratamento foi submetido a sete períodos de exposição ao rúmen (0, 3, 6, 9, 12, 18 e 24 horas). Dentre os alimentos avaliados, a casca de soja teve o maior teor de fibra em detergente neutro (68,91%) e apresentou a menor DMS em 24 h (64,91%). O grão de cevada moído e o grão de milho moído tiveram os menores níveis de fração solúvel (FS) (26,34% e 28,7%, respectivamente), porém o grão de cevada moído apresentou a maior DMS em 24 h (90,48%), que por conciliar estes parâmetros teve a maior taxa de desaparecimento ruminal (2,50%.h⁻¹), enquanto o grão de aveia moído teve a maior FS (47,75%) e a menor taxa de desaparecimento ruminal (1,09%.h⁻¹).

Palavras-chave: composição química; grãos e derivados industriais; taxa de desaparecimento ruminal

Abstract

This study aimed to evaluate energetic feedstuffs regarding chemical composition, *in situ* ruminal degradability of dry matter (DMD), ruminal kinetics and ruminal disappearance rate of dry matter. Seven feedstuffs (treatments) were evaluated: ground corn, ground oat, ground barley, wheat bran, soybean hull, malt root and corn germ, in a completely randomized design of four repetitions each. Two bovines ruminally

Recebido
19 de maio de 2021.
Aceito
4 de outubro de 2021.
Publicado
12 de novembro de 2021.

www.revistas.ufg.br/vet

Como citar - disponível no site,
na página do artigo.

cannulated were used for incubation, wherein each treatment was subjected to seven periods of exposure to the rumen (0, 3, 6, 9, 12, 18 and 24 hours). Among the evaluated feedstuffs, soybean hull had the highest neutral detergent fiber (NDF) content (68.91%) and the lowest DMD at 24 h (64.91%). Ground barley and ground corn contained the lowest content of soluble fraction (SF) (26.34 and 28.7%, respectively), among which ground barley had the highest DMD at 24 h (90.48%) and therefore showed the highest rumen disappearance rate (2.50%.h⁻¹) by combining both parameters, while the ground oat presented the highest SF (47.75%) and the lowest rumen disappearance rate (1.09%.h⁻¹).

Key words: chemical composition; grains and industrial derivatives; ruminal disappearance rate

Introdução

Na nutrição de ruminantes a combinação de ingredientes que favoreçam a sincronização da degradação de carboidratos e proteínas no rúmen é sinônimo de maximização da eficiência microbiana, diminuição da perda de nitrogênio em forma de amônia e da energia dos carboidratos, e isso configura maximização do uso dos nutrientes e consequentemente da produtividade animal⁽¹⁾. Assim se faz necessário conhecer as proporções das frações dos alimentos e as taxas de degradação dos nutrientes⁽²⁾.

Para ruminantes a disponibilidade e degradabilidade dos nutrientes presentes nos alimentos podem ser determinados usando técnicas *in situ*, *in vitro* e *in vivo*⁽³⁾. A técnica de incubação ruminal de sacos de náilon (*in situ*)⁽⁴⁾ é a mais frequentemente usada na determinação da degradabilidade ruminal e cinética dos componentes como matéria seca e proteína bruta, e é usada com método de referência para a avaliação da degradação ruminal dos alimentos, segundo⁽⁵⁾.

O amido é a principal fonte energética da maioria dos grãos de cereais como milho, sorgo, cevada, trigo e aveia. Para os ruminantes o amido é importante fonte energética para o crescimento microbiano, porém em algumas situações é desejável moderar a inclusão e a digestibilidade ruminal do amido⁽⁶⁾.

Nesse contexto, o uso de derivados industriais são alternativas em substituição aos ingredientes amiláceos, porque possuem carboidrato de rápida fermentabilidade, com fibra de alta qualidade (altamente degradável). Esses alimentos têm baixo teor de amido e altos teores de fibra em detergente neutro (FDN), e muitas vezes acompanhados de outros componentes, incluindo carboidratos solúveis e/ou pectina⁽⁷⁾. Um exemplo é a casca de soja e a radícula de malte, rica em fibra e com reduzido teor de amido, sendo uma opção de diluição em dietas de ruminantes, quando a dieta possui alta participação de grãos e amido⁽⁸⁾. É fibra de rápida degradação no rúmen e pode ser usada como boa fonte energética⁽⁹⁾ e como moduladora de saúde ruminal.

Assim o conhecimento das proporções das frações dos alimentos e as taxas de degradação dos nutrientes são utilizados para equilibrar as dietas de ruminantes⁽²⁾. Neste contexto objetivamos avaliar as velocidades de degradação ruminal de

diferentes alimentos energéticos e nossa hipótese era que os grãos de cereais teriam maior degradabilidade ruminal em 24 h comparativamente aos derivados industriais. Para isso avaliamos as características químicas, a taxa de desaparecimento ruminal, e a degradabilidade da matéria seca de grãos de cereais (grão de milho moído, grão de aveia moído e grão de cevada moído) e de derivados industriais (farelo de trigo, casca de soja, radícula de malte e gérmen de milho) utilizados na nutrição de ruminantes.

Material e métodos

O experimento foi conduzido pelo Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), localizada no município de Guarapuava – PR. Os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UNICENTRO) sob número de ofício 011/2019.

Avaliaram-se sete alimentos concentrados caracterizados como energéticos utilizados na formulação de rações destinadas aos ruminantes, quanto à composição química, cinética ruminal, taxa de desaparecimento ruminal e degradabilidade *in situ* da matéria seca (DMS). Os alimentos analisados foram grãos de cereais (grão de milho moído, grão de aveia moído, grão de cevada moído) e derivados industriais (farelo de trigo, casca de soja, radícula de malte e gérmen de milho).

Os ingredientes foram pesados e pré-secos em estufa de ar forçado a 55°C por 72 horas. Em seguida foram moídos em moinho tipo *Wiley*, com peneira de malha de 1 mm⁽¹⁰⁾. Posteriormente foram determinadas a matéria seca total (MS) em estufa a 105°C (AOAC, 1995, método 930:15), proteína bruta (PB) pelo método micro *Kjeldahl* (AOAC, 1995, método 984:13), matéria mineral (MM) por incineração a 550°C (4 h.) (AOAC, 1995, método 942:05) e extrato etéreo (EE) (AOAC, 1995, método 920:39). Também foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), utilizando-se α amilase termo – estável⁽¹¹⁾. Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos pela equação [CNF, % = 100 – (MM + PB + EE + FDN)]. Na Tabela 1 estão apresentados os dados da composição química pré-incubação ruminal dos alimentos energéticos avaliados.

Tabela 1. Composição química dos alimentos

Alimentos	MS	MM	EE	PB	FDN	CNF
	g/kg de MN					
Grão de milho moído	910	1,14	3,57	8,22	12,86	74,21
Grão de aveia moído	913	1,99	3,18	11,11	27,15	56,58
Grão de cevada moído	912	1,97	1,25	11,15	16,04	69,59
Farelo de trigo	935	4,26	3,41	15,45	42,47	34,41
Casca de soja	934	3,97	2,59	11,76	68,91	12,77
Radícula de malte	943	4,53	1,12	15,39	43,97	34,99
Gérmen de milho	929	3,9	11,81	10,15	34,46	39,68

MS = matéria seca; MN = matéria natural; MM = matéria mineral; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; CNF = carboidratos não fibrosos.

Para a determinação da degradabilidade ruminal *in situ* dos alimentos, foram utilizados dois bovinos machos castrados, da raça Jersey, com peso médio de 750 kg e fistulados no rúmen. Os animais foram adaptados à dieta de 50% de silagem de milho e 50% de concentrado, e alocados em baia com acesso a piquete exclusivo. A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, e a água disponível em cocho regulado por boia automática.

Para a incubação em ambiente ruminal, os ingredientes pré-secos e moídos, na quantidade de 5 g, foram acondicionados em pacotes de náilon de peso conhecido (dimensão de 10 cm x 12 cm, com porosidade de 50 μ). Os pacotes foram lacrados e presos à linha de náilon com peso de chumbo (100 g) na extremidade⁽⁹⁾.

A incubação ruminal foi realizada com a introdução dos pacotes no rúmen de ambos os animais simultaneamente, seguindo a ordem decrescente dos tempos pré-estabelecidos. As primeiras amostras incubadas foram as que permaneceram por 24 h. no rúmen, seguindo a ordem de 18, 12, 9, 6, 3 e 0,08 h. As amostras no tempo 0,08 h permaneceram incubadas por 5 minutos antes da retirada de todos os pacotes. Imediatamente após a retirada, as amostras foram mergulhadas em recipiente com água e gelo por 20 min, para cessar a atividade microbiana ruminal. Na sequência os pacotes foram lavados, secos em estufa de ar forçado à 55°C por 72 horas e pesados. Assim foram obtidos os resultados referentes à degradabilidade ruminal *in situ*⁽¹⁰⁾. As avaliações dos tratamentos nos sete tempos de incubação e com quatro repetições foram feitas em duplicatas.

A avaliação da taxa de desaparecimento ruminal da MS foi realizada pela diferença do peso do material pré e pós-incubado nos diferentes tempos. Os parâmetros cinéticos estimativos para MS foram realizados conforme proposto por Ørskov e McDonald⁽⁴⁾: onde $DP = a + b(1 - e^{-ct})$; sendo DP a taxa de desaparecimento ruminal potencial dos alimentos; "a" a fração solúvel (FS) correspondente a 0 horas de incubação; "b" a fração potencialmente degradável no rúmen (FPDR) correspondente a 24 h. de incubação subtraindo-se da fração "a"; e "c" a fração não degradável no rúmen (FNDR) (100 - valor degradado em 24 h.)⁽¹⁰⁾.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado composto por sete tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e em seguida, quando encontrada diferença, foi realizado o teste *Tukey* de comparação de múltiplas médias em nível de 5% de significância, por intermédio do programa SAS (1993). Os dados referentes a taxa de desaparecimento da matéria seca foram conduzidos para análise de regressão *Proc Reg* do programa estatístico SAS (1993).

Resultados e discussão

Dentre os alimentos avaliados os grãos de cereais tiveram os menores teores de FDN (Tabela 1) e os maiores teores de CNF, e caracteristicamente eles são usados para aumentar o teor energético e de amido das dietas. Quanto ao teor de FDN, dentre estes três ingredientes, o grão de aveia moído apresentou maior teor de FDN. No trabalho de Prates et al.⁽¹²⁾ na avaliação de duas variedades de aveia, foram encontrados valores superiores de FDN e fibra em detergente ácido (FDA) em relação à cevada grão. Estas diferenças de teores de fibra ocorrem devido à proporção de casca e grão entre os

cereais, sendo que aveia possui maior proporção de casca. A casca é formada por celulose, hemicelulose, arabinosilano, polifenóis e fitonutrientes, e quanto maior a proporção de casca, maior o teor de FDN, e entre os cereais integrais, a proporção de casca é variável (20 a 30%)⁽¹²⁾.

Os derivados industriais (casca de soja, gérmen de milho, farelo de trigo e radícula de malte) apresentaram elevados teores de FDN (68,91, 34,46, 42,47 e 43,97%) sendo a casca de soja o alimento de maior teor de FDN (68,91%), valor semelhante a outros estudos^(13, 14, 15).

O gérmen de milho teve maior concentração de EE. Na indústria o gérmen de milho é obtido a partir do processo de germinação do grão de milho, onde na moagem o endosperma é separado do gérmen e do pericarpo. O gérmen de milho constitui 30% do volume total do milho processado na indústria, e pode ser usado na forma de gérmen desengordurado (1% de EE) ou como gérmen integral, o qual foi avaliado no presente estudo. O gérmen integral pode ser obtido por moagem úmida ou a seco. Neste último o milho é submetido a limpeza e moagem em moinho de impacto ou atrito, separando o gérmen, o pericarpo e a ponta do endosperma. O gérmen oriundo da moagem a seco contém menor teor de lipídios (aproximadamente 13%) em relação ao da moagem úmida (50%), e é destinado a alimentação animal^(16, 17).

Os alimentos avaliados caracteristicamente tiveram baixos níveis proteicos. Entre eles o farelo de trigo e a radícula de malte apresentaram maiores concentrações de PB (média de 15,42%), valores similares de PB foram encontrados na literatura para o farelo de trigo⁽¹⁸⁾ e este ingrediente possui proteína de alta degradabilidade, e comparativamente aos grãos de cereais, possui baixo teor de amido (ao redor de 31,3%)⁽¹⁹⁾.

A radícula de malte avaliada no presente estudo é obtida no processo de produção de malte para fabricação de cervejas, pela germinação forçada dos grãos de cevada, quando são removidos os brotos e radículas, incluindo-se ou não cascas e outras partes do grão. A radícula de malte teve um dos maiores teores de PB (15,39%) e FDN de 43,97%.

O grão de cevada moído apresentou a maior degradabilidade ruminal ($P < 0,05$) em 12 e 24 horas de incubação, sendo o alimento com maior fração potencialmente degradável no rúmen (Tabela 2). E a casca de soja, a menor degradabilidade ruminal ($P < 0,05$) em 12 e 24 horas, com valores de 37,95 e 64,91%. O grão de aveia moído apresentou maior fração solúvel (47,75%) e, menor fração potencialmente degradável no rúmen (28,94%). A maior DMS em 24 h encontrada foi para o grão de cevada moído, que também apresentou maior taxa de desaparecimento ($2,49\% \cdot h^{-1}$), com FPDR de 64,14%, enquanto os grãos de milho e aveia moídos tiveram valores inferiores. Caracteristicamente os grãos de milho possuem maior matriz proteica ao redor dos grânulos de amido do que outros cereais, que dificulta a ação de enzimas digestivas e bactérias aminolíticas e isto interfere na degradabilidade ruminal⁽⁶⁾. E a aveia grão possui maior proporção de casca em comparação à cevada grão, logo a DMS em 24 h e a FNDR foram inferiores, corroborando com dados de literatura⁽¹²⁾, que também apontam menor fração digestível para a variedades de aveia grão comparativamente a cevada grão.

Tabela 2. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca (DMS) em 12 e 24 h. de incubação ruminal, fração solúvel (FS), fração potencialmente degradável no rúmen

Alimentos	DMS 12 h.	DMS 24 h.	FS	FPDR	FNDR
	(% da matéria seca)				
Grão de milho moído	57,94 ^c	76 ^c	28,7 ^d	47,3 ^b	24 ^b
Grão de aveia moído	72,8 ^b	76,69 ^c	47,75 ^a	28,94 ^e	23,31 ^b
Grão de cevada moído	78,97 ^a	90,48 ^a	26,34 ^d	64,14 ^a	9,52 ^d
Farelo de trigo	69,23 ^b	74,93 ^c	36,87 ^c	38,06 ^c	25,07 ^b
Casca de soja	37,95 ^d	64,91 ^d	19,35 ^e	45,56 ^b	35,09 ^a
Radícula de malte	63,46 ^{bc}	73,33 ^c	39,38 ^b	33,95 ^d	26,67 ^b
Gérmen de milho	66,24 ^{bc}	81,44 ^b	41,85 ^b	39,59 ^c	18,56 ^c

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Para que se alcance maior degradabilidade ruminal e disponibilidade de nutrientes dos grãos de cereais, é preciso considerar a granulometria de moagem, ou seja, a redução do tamanho de partícula e consequente aumento da superfície específica dos alimentos. Particularmente no milho, o grão contém entre 65 e 80% de amido em sua composição, e possui considerável matriz proteica, sendo o grão inteiro com o pericarpo resistente a digestão, neste caso, o processamento aumenta o aproveitamento dos grãos⁽²⁰⁾. Considerando a moagem do milho a 1 mm, no presente experimento foi observado DMS em 24 horas de 76%.

Outros alimentos são fracionados mais lentamente no rúmen como a casca de soja, que com o tempo de incubação de 24 horas teve FPDR de 45,56% e FNDR de 35,09%. Apesar de alto valores de FDN da casca de soja, a fração fibrosa é altamente digestível⁽¹⁵⁾ porque há uma fina película rica em pectina, e forma 30% dos carboidratos solúveis, conferindo alta digestibilidade, como verificado por Silva et al.⁽¹⁴⁾ na digestibilidade *in vitro* do FDN que alcançou o valor de 85,65% e na digestibilidade *in vitro* da MS (76,88%).

Altos valores de fração solúvel foram encontrados para os alimentos avaliados neste experimento (variando de 19,35% a 47,75% para a casca de soja e o grão de aveia, respectivamente), ficando com média de 34,32%, valor este mais alto em relação a outros trabalhos que avaliaram este mesmo parâmetro. Alguns apontamentos podem ser feitos em relação a metodologia, Goes et al.⁽²⁾, por exemplo avaliaram grão e torta de girassol, soja e crambe, e apesar de diferentes alimentos, a média da fração solúvel foi de 17,71%, inferior ao presente trabalho. No entanto, a moagem para a incubação ruminal foi feita a 5 mm para as tortas e no moinho de faca sem peneira para os grãos. Assim o tamanho de partícula dos alimentos foi maior, o que explica menor fração solúvel dos ingredientes, visto que a moagem mais fina e formação de partículas menores facilitam a solubilização da amostra. A diferença na fração solúvel entre os

alimentos pode ser decorrente da capacidade de hidratação da fonte⁽¹³⁾. Assim, a granulometria que foi moído o material para a realização da técnica influencia os resultados de degradabilidade ou digestibilidade⁽¹⁵⁾. Isso tanto é verdade, pois apesar de diferenças entre as análises químicas da casca de soja no referido trabalho comparativamente ao presente trabalho, obteve-se DMS em 24 h de 64,91% com moagem de 1 mm, enquanto Zambom et al.⁽¹⁵⁾ obtiveram DMS de 54,35% com moagem de 5 mm.

E considerando a degradabilidade ruminal dos alimentos energéticos avaliados, a cevada é degradada mais rapidamente que o milho em ambiente ruminal. Nesse sentido, o direcionamento para a formulação de dietas é que pode ser incluído maior nível carboidratos não fibrosos quando a digestibilidade ruminal dos ingredientes energéticos é baixa baixa (casca de soja, farelo de trigo, por exemplo), ao passo que menores concentrações de carboidratos não fibrosos deveriam ser incluídos quando houvesse participação na dieta de milho grão úmido, aveia ou cevada finamente moídas⁽²¹⁾. Pois caracteristicamente estes alimentos têm alta degradação ruminal. Sendo a cevada com baixa fração solúvel, e alta taxa de desaparecimento durante o período de permanência no rúmen (Figura 1).

O grão de aveia moído apresentou o maior desaparecimento ruminal inicial (55,07%), com taxa de degradação de 1,08%.h⁻¹ (Figura 1). O farelo de trigo apresentou o segundo maior desaparecimento inicial, com 45,66%, com taxa de degradação de 1,47%.h⁻¹. Os menores valores de desaparecimento inicial foram da casca de soja (16,90%), e do grão de milho (27,17%), enquanto o grão de cevada se destacou pela maior taxa de degradação ruminal (2,49%.h⁻¹) dentre os alimentos avaliados. A taxa de degradação da casca de soja foi de 1,98%.h⁻¹, considerando o período de 24 h, enquanto Silva et al.⁽¹⁴⁾ encontraram menor taxa de degradação para a casca de soja (0,07%.h⁻¹), porém o período de incubação foi superior (valor máximo de 120 h). Possivelmente o período considerado foi mais prolongado, o que gerou menor taxa de degradação por hora, enquanto a taxa de degradação em 24 h foi mais acentuada para alimentos concentrados.

Ingredientes amiláceos, que conciliam alta fração "a" (solúvel) com alta quantidade de CNF, como é o caso do grão de aveia moído, ou então aqueles que possuem alta taxa de desaparecimento ruminal da MS, como o grão de milho moído e o grão de cevada moído conciliado com altos teores de CNF devem ser incluídos moderadamente na dieta de ruminantes. Neste caso o uso de derivados industriais com menor taxa de desaparecimento da MS favorecem o perfil fermentativo e a saúde ruminal.

Quando derivados industriais substituem parcialmente grãos na dieta de ruminantes, a concentração de acetato tende a aumentar e a de propionato diminuir devido ao perfil de fermentação, porém sem prejudicar o desempenho produtivo. No trabalho de Bernard e McNeill⁽²²⁾ a substituição parcial do milho moído por casca de soja foi de 25% (em dieta de aproximadamente 16% de PB) e não alterou a produção de leite e gordura de vacas holandesas. E no estudo de Ranathunga et al.⁽²³⁾ o decréscimo no teor de amido da dieta pela substituição do milho moído por grãos secos de destilaria com solúveis e casca de soja também não afetou a produção e composição do leite. Xu et al.⁽¹⁷⁾ também verificaram que a substituição de forragens por grãos secos de destilaria com solúveis e gérmen de milho em dietas de similar FDN e NDT não alteraram o crescimento, desenvolvimento do rúmen e a digestibilidade aparente dos nutrientes de

bezerros holandeses pós-desmama.

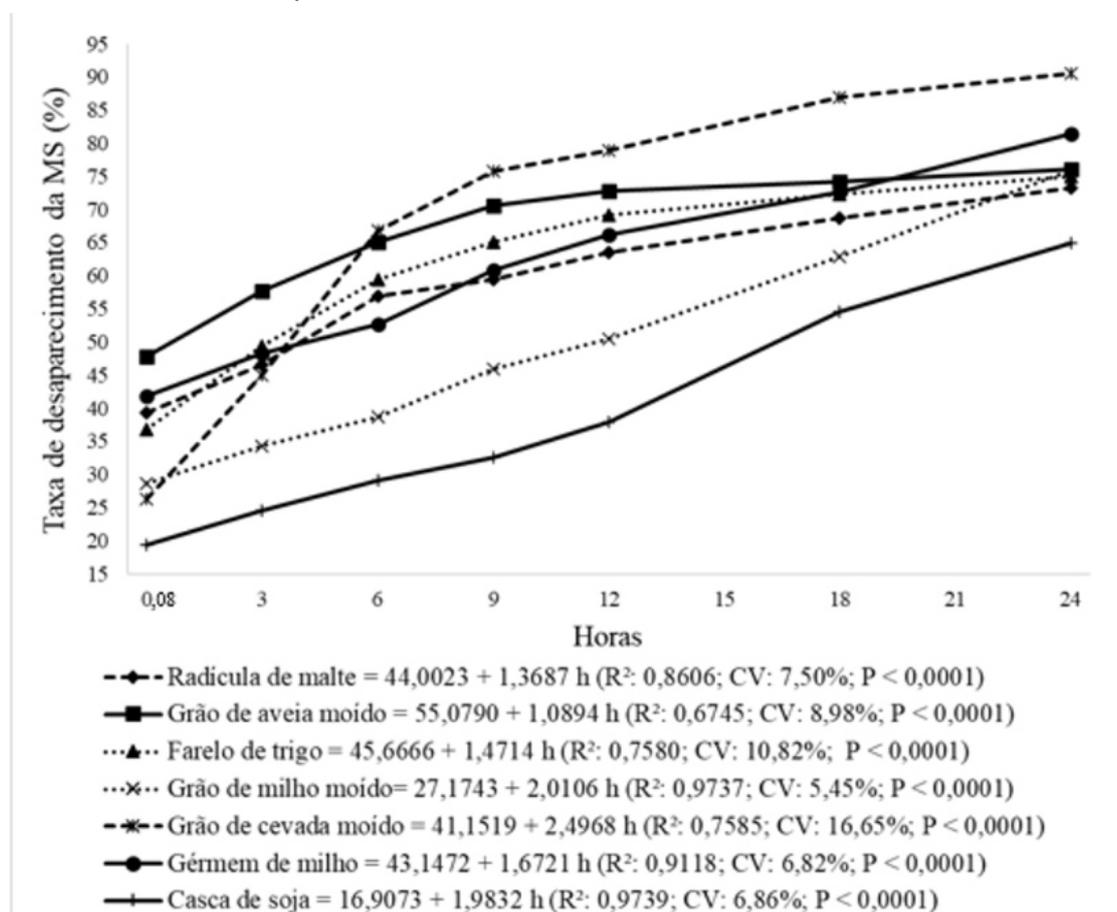


Figura 1. Taxa de desaparecimento ruminal da matéria seca (%.h⁻¹) de diferentes alimentos energéticos

Ademais a FDN de derivados industriais, como a casca de soja, não restringe a ingestão de matéria seca, assim como a FDN oriunda de forragens⁽²⁴⁾. E a casca de soja possui maior FDN potencialmente degradável que a maioria das forragens, podendo contribuir para o aumento da taxa de passagem⁽²⁵⁾.

Conclusões

Dentre os grãos de cereais avaliados, o grão de cevada moído foi o alimento com maior degradabilidade em 24 h, enquanto o grão de milho moído e o grão de aveia moído tiveram menor degradabilidade ruminal e em taxas mais lentas, provavelmente devido características químicas desses alimentos, o milho, por exemplo, devido maior matriz proteica envolta dos grânulos de amido. O gérmen de milho, radícula de malte e o farelo de trigo, apesar de maior constituição fibrosa, apresentaram boa cinética de degradação, mostrando que apesar de menor CNF, possuem componentes que são aproveitáveis pelos ruminantes.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Alves, E.M.; Pedreira, M.S.; Oliveira, C.A.S.; Ferreira, D.N.; Moreira, B.S.; Freire, L.D.R. Importância da sincronização do complexo proteína/energia na alimentação de ruminantes. *Pubvet*. 2010 Maio; 4(20): 844-849. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/artigo/2265/importacircncia-da-sincronizaccedilatildeo-do-complexo-proteiacutenaenergia-na-alimentaccedilatildeo-de-ruminantes>
2. Goes R H T B, Souza K A, Patussi R A, Cornelio T C, Oliveira E R, Brabes K C S. Degradabilidade *in situ* dos grãos de crumbe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. *Acta Scientiarum*. 2010 Sep; 32(3): 271-277. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i3.7913>.
3. 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*. 2013 May; 153(1-3): 81-87. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.01.017>
4. Ørskov E R, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*. 1979 Apr; 92(1): 499-508. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>
5. National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington: National Research Council, 2001, 356p.
6. Nocek J E, Tamminga S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk and composition. *Journal of Dairy Science*. 1991 Oct; 74(10): 3598-3607. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78552-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78552-4)
7. Sutton J D. Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science*. 1989 Oct; 72(10): 2801-2814. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79426-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79426-1)
8. López M C, Estellés F, Moya V J, Fernández C. Use of dry citrus pulp or soybean hulls as a replacement for corn grain in energy and nitrogen partitioning, methane emissions, and milk performance in lactating Murciano-Granadina goats. *Journal of Dairy Science*. 2014 Dec; 97(12): 7821-7832. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8424>
9. Cunnigham K D, Cecava M J, Johnson T R. Nutrient digestion, nitrogen and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. *Journal of Dairy Science*. 1993 Nov; 76(11): 3523-3535. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77691-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77691-2)
10. Neumann M, Askel E J, Santos L C, Stadler Junior E S, Venancio B J, Pontarolo G B, Cristo F B, Silva E P. Evaluation of degradability and ruminal kinetics of soybean meal subjected to strategies to maximize protein escape from the rumen. *Semina: Ciências Agrárias*. 2020 Nov/Dez; 41(6): 2721-2732. Disponível em: <https://10.5433/1679-0359.2020v41n6p2721>
11. Van Soest P J, Roberttson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 1991 Oct; 74(10): 3583-3597. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
12. Prates L L, Refat B, Lei Y, Louzada-Prates M, Yu P. Relationship of carbohydrates and lignin molecular structure spectral profiles to nutrient profile in newly developed oats cultivars and barley grain. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2018 Jan; 188: 485-506. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2017.07.042>
13. Goes R H T B, Tramontini R C, Almeida G D, Cardim S T, Ribeiro J, Oliveira L A, Morotti F, Brabes K C S, Oliveira E R. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação de bovinos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2008 Oct/Dec; 9(3): 715-725. Disponível em: <http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/945/694>.

14. Silva D C, Kazama R, Faustino J O, Zambom M A, Santos G T, Branco A F. Digestibilidade "*in vitro*" e degradabilidade "*in situ*" da casca do grão de soja, resíduo de soja e casca de algodão. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2004 Apr; 26(4): 501-506. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v26i4.1733>
15. Zambom M A, Santos G T, Modesto E C, Alcalde C R, Gonçalves G D, Silva D C, Silva K T, Faustino J O. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. *Acta Scientiarum*. 2001; 23(4): 937-943. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v23i0.2648>
16. Moreau R A, Johnston D B, Hicks K B. The influence of moisture content and cooking on the screw pressing and prepressing of corn oil from corn germ. *Journal of the American Oil Chemist Society*. 2005 Nov; 82(11): 851-854. Disponível em: <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1007/s11746-005-1154-6>
17. Xu J, Hou Y, Zhao G, Yu A, Su Y, Huo Y, Zhu J. Replacement of forage fiber sources with dried distillers grains with solubles and corn germ meal in Holstein calf diets. *Journal of Integrative Agriculture*. 2014 Aug; 13(8): 1753-1758. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60602-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60602-4)
18. Sari M, Ferret B, Calsamiglia S. Effect of pH on *in vitro* microbial fermentation and nutrient flow in diets containing barley straw or non-forage fiber sources. *Animal Feed Science and Technology*. 2015 Feb; 200: 17-24. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.11.011>
19. Pereira E M, Santos F A P, Bittar C M M, Ramalho T R, Costa D F A, Martinez J C. Substituição do milho por farelo de trigo ou farelo de glúten de milho na ração de bovinos de corte em terminação. *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 2007 Nov; 29(1): 49-55. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v29i1.251>
20. Mourão R C, Pancoti C G, Moura A M, Ferreira A L, Borges A L C C, Silva R R. Processamento do milho na alimentação de ruminantes. *Pubvet*. 2012 Feb; 6(5): 1289-1294. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/artigo/3051/processamento-do-milho-na-alimentaccedilatildeo-de-ruminantes>
21. Stone W C. Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2004 Jul; 87: E13-E26. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70057-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70057-0)
22. Bernard K, McNeill W W. Effect of high fiber energy supplements on nutrient digestibility and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1991 Mar; 74(3): 991-995. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78248-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78248-9)
23. Ranathunga S D, Kalscheur K F, Hippen A R, Schingoethe D J. Replacement of starch from corn with nonforage fiber from distillers grains and soyhulls in diets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2010 Mar; 93(3): 1086-1097. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2332>
24. Karlsson J, Lindberg M, Akerlind M, Holtenius K. Whole-lactation feed intake, milk yield, and energy balance of Holstein and Swedish Red dairy cows fed grass-clover silage and 2 levels of byproduct-based concentrate. *Journal of Dairy Science*. 2020 Oct; 103(10): 8922-8937. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18204>
25. Ipharraguerre I R, Clark J H. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: A review. *Journal of Dairy Science*. 2003 Apr; 86(4): 1052-1073. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73689-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73689-3)