



EFEITO DA GRANULOMETRIA DE MOAGEM NA DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* DE SILAGENS DE GRÃO DE MILHO RECONSTITUÍDO

Júlio C. ANANIAS¹; Mario A. FREITAS J.²; Elisangela I. BUENO³; Ana A. CARDOSO⁴; Valter B JUNIOR⁵; Renata MACULAN⁶; Diego ZANETTI⁷

RESUMO

Este estudo avaliou o efeito de diferentes granulometrias de moagem (sem peneira, 10 mm, 5 mm e 3 mm) na digestibilidade *in vitro* de silagens de grão de milho reconstituído. O milho com 13% de umidade foi moído em quatro tratamentos, armazenado por 90 dias, e, posteriormente, analisado quanto às perdas totais, fração solúvel, fração insolúvel mas potencialmente degradável. Onde a moagem sem peneira resultou em uma maior ($P=0,018$) fração solúvel e melhor ($P=0,022$) degradação ruminal. As granulometrias de 3 e 5mm aumentaram a fração de material potencialmente degradável ($P<0,001$). A taxa de degradação não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ($P=0,766$). Esses resultados otimizam a digestibilidade e eficiência nutricional em dietas com grãos de milho reconstituídos.

Palavras-chave: Amido; Ensilagem; Perdas; Volatilização.

1. INTRODUÇÃO

No cenário mundial, o Brasil se destaca na produção de milho, porém, sua produção é predominantemente do tipo duro (alta vitreosidade), o que limita a disponibilidade de amido para alimentação animal (SPADA et al., 2023). Diante disso, algumas estratégias são utilizadas afim de maximizar a disponibilidade de amido presente no grão, como a produção de silagem de grãos de milho reconstituídos (BENINI et al., 2020).

No processo, o grão de milho é moído e umedecido até 35% de umidade para iniciar a fermentação no silo (BENINI et al., 2020), onde microrganismos anaeróbicos degradam a matriz proteica, aumentando a disponibilidade de amido. A moagem visa reduzir o espaço entre as partículas, facilitando a ação de bactérias acidófilas e melhorando a compactação. Contudo, há poucos estudos sobre a granulometria ideal, motivando a avaliação da digestibilidade *in vitro* de silagens de grãos reconstituídos com diferentes granulometrias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 50 kg de milho com 13 % de umidade, divididos em 4 tratamentos, sendo eles: moído em moinho de martelos (Cremasco®, TMCT.8) sem a peneira, ou com peneiras de 10

¹Bolsista PIBITI CNPQ/IFSULDEMINAS - Campus Machado. E-mail:

julio.ananias@alunos.ifsuldeminas.edu.br

²Zootecnista. E-mail: mariojrzootec@outlook.com

³Discente de Bacharelado em Zootecnia, IFSULDEMINAS – Campus Machado. E-mail: elisangela.bueno@alunos.ifsuldeminas.edu.br

⁴Discente de Bacharelado em Zootecnia, IFSULDEMINAS – Campus Machado. E-mail: anagustacardoso@gmail.com

⁵Discente de Bacharelado em Zootecnia, IFSULDEMINAS – Campus Machado. E-mail: valter.junior@alunos.ifsuldeminas.edu.br

⁶Professora Coorientadora, IFSULDEMINAS – Campus Machado. E-mail: renata.maculan@ifsuldeminas.edu.br

⁷Professor Orientador, IFSULDEMINAS – Campus Machado. E-mail: diego.zanetti@ifsuldeminas.edu.br

mm, 5 mm e 3 mm com 5 repetições por tratamento. Para o preparo dos silos experimentais, foram utilizados sacos de polipropileno com $0,5 \pm 0,01$ kg de grãos de milho reconstituídos, desgaseificados e selados por uma empacotadora a vácuo (modelo VV 380 – Montana Coffee), posteriormente armazenados sem a incidência de luz por 90 dias.

Após o período de armazenamento, os silos foram abertos e pesados para calcular as perdas por efluentes. As silagens foram então secas em sacos de papel kraft em estufa de circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas, moídas em peneira de 1 mm e levadas à estufa a 105°C por 2 horas para determinação do teor de matéria seca (MS).

Foi realizado um ensaio de degradabilidade in vitro, considerando os tempos 0, 2, 4, 6, 12, 18, 24, 36, 48 e 96 horas de incubação, para estimar os resíduos de MS, utilizando o modelo de Orskov e McDonald (1979): $Deg(t) = a + bx(1 - e^{-kd \cdot t})$, onde: $Deg(t)$ = fração de MS degradada no tempo (%); a = fração solúvel em água (%); b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável no rúmen (%); kd = taxa de manipulação da fração b (h^{-1}) e t = tempo de incubação.

As análises estatísticas foram feitas usando o programa PROC NLIN do SAS, a partir do algoritmo Marquardt obtendo os parâmetros das equações de regressão não lineares. E os dados coletados, analisados em delineamento inteiramente casualizado, submetidos a análise de variância do PROC MIXED do SAS, adotando 0,05 como nível crítico de probabilidade para erro do tipo I.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para diferentes granulometrias (sem peneira, 10 mm, 5 mm e 3 mm) para os parâmetros perdas totais, fração solúvel, fração insolúvel mas potencialmente degradável, taxa de degradação e degradação ruminal.

Tabela 1. Efeito da granulometria de moagem nas perdas, cinética de degradação ruminal e digestibilidade ruminal de silagem de grãos de milho reconstituídos.

Parâmetro	Crivos da peneira durante moagem				CV (%)	P-valor
	sem peneira	10 mm	5 mm	3 mm		
Perdas totais	2,32 b	2,74 ab	2,81 a	2,77 a	8,88	0,015
Fração solúvel	60,32 a	54,65 ab	40,65 ab	37,62 b	23,1	0,018
Fração insolúvel mas potencialmente degradável	38,84 b	37,43 b	57,32 a	58,85 a	14,1	<0,001
Taxa de degradação	0,229 a	0,149 a	0,234 a	0,227 a	54,9	0,766
Degradação ruminal	84,42 a	74,59 b	82,77 a	80,88 ab	4,54	0,022

As perdas totais foram menores na granulometria sem peneira em comparação com as granulometrias de 3 mm e 5 mm ($P = 0,015$), conforme Neumann et al. (2007). A fração solúvel foi maior na moagem sem peneira (60,32%) em relação à de 3 mm, enquanto as granulometrias de 5 mm e 10 mm tiveram resultados semelhantes aos demais, conforme Passini et al. (2004). Já as granulometrias de 5 mm e 3 mm apresentaram frações insolúveis e ambientalmente degradáveis maiores em comparação à moagem sem peneira e à de 10 mm ($P < 0,001$), corroborando Zacaron et al. (2021), que relaciona partículas menores aumenta a fração degradável.

A taxa de degradação não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ($P = 0,766$), conforme observado por Vargas Junior et al. (2008), sugerindo que a taxa de degradação não sofre tanta influência pela granulometria do que outros parâmetros de digestibilidade. A degradação ruminal foi significativamente maior para a granulometria sem peneira (84,42%) em comparação com a granulometria de 10 mm (74,59%) ($p = 0,022$), alinhando-se com as observações de Dhiman et al. (2002), que indicaram que partículas maiores têm maior degradação ruminal devido à maior exposição no ambiente ruminal.

Os resultados mostram que a granulometria tem um efeito significativo na digestibilidade do material ensilado. A granulometria de 3 mm oferece uma boa combinação de fração insolúvel e ambientalmente degradável, facilitando a digestão devido à maior área de superfície. A moagem sem peneira aumenta a fração solúvel e a manipulação ruminal, alinhando-se aos achados de Paziani et al. (2001), que partículas maiores não prejudicam a digestibilidade. Estudos de Vargas Junior et al. (2008), também indicam que a granulometria afeta pouco a digestibilidade da silagem e que partículas maiores ajudam a preservar o material solúvel.

A escolha da granulometria deve equilibrar a eficiência digestiva com os custos de processamento. Este estudo, feito em laboratório, não reflete totalmente as condições de campo. Pesquisas futuras devem validar esses resultados em campo e explorar como as granulometrias interagem com fatores nutricionais e ambientais para otimizar a qualidade da silagem.

5. CONCLUSÃO

A granulometria tem um impacto significativo sobre a digestibilidade *in vitro* do milho em silagem de grão reidratado. A granulometria de 3 mm e sem peneira ofereceram um bom equilíbrio entre taxa de degradação e degradação ruminal. Esses resultados são relevantes para otimizar a digestibilidade e eficiência nutricional em grãos reconstituídos.

6. REFERÊNCIAS

BENINI, M. C.; CARVALHO, W. T. V.; PEREIRA, R. V. G.; TAVARES, Q. G.; MINIGHIN, D. C.; NUNES, R. F. J.; SOUZA, L. P. F.; RIBEIRO, C. H. M.; SILVA, L. V. Avaliação química da silagem de grão de milho reidratado em diferentes níveis de adição de água. **Pubvet**, v. 14, n. 7, p. 1-6, 2020.

DHIMAN, T. R.; ZAMAN, M. S.; MACQUEEN, I. S.; BOMAN, R. L. Influence of corn processing and frequency of feeding on cow performance. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 217-226, 2002.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; RESTLE, J.; OST, P. R. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1395-1405, 2007.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; OST, P. R.; RESTLE, J.; SANDINI, I. E.; ROMANO, M. A. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 847-854, 2007.

ORSKOV, 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**, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.

PASSINI, R.; BORGATTI, L. M. O.; FERREIRA, F. A.; RODRIGUES, P. H. M. Degradabilidade no rúmen bovino de grãos de milho processados de diferentes formas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 271-276, 2004.

PAZIANI, S. de F.; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P. de. Digestibilidade e degradabilidade de rações à base de milho desintegrado com palha e sabugo em diferentes graus de moagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1630-1638, 2001.

SPADA, C. A.; FARIA, M. V.; BONATO, F. G. C.; OLIVEIRA, V. C.; TOMAZ, C. E. B.; Mello, N. M.; GONÇALVES, G. R.; OTUTUMI, L.; BONATO, D. V. Seleção de linhagens de milho para produção de forragem, caracterização dos componentes da planta e fatores ambientais: uma revisão. **Peer Review**, v. 5, n. 14, p. 264–277, 2023.

ZACARON, W. N.; BASI, C.; BAGGIO, C.; SOLIVO, G.; MORONI, L. S.; SCHOGOR, A. L. B.; ZOTTI, C. A. Effect of particle size on storage time of hydrated corn grain. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 39, p. 2611–2616, 2010.

VARGAS JUNIOR, F. M. de; SANCHEZ, L. M. B.; WECHSLER, F. S.; BIANCHINI, W.; OLIVEIRA, M. V. M. de. Influência do processamento do grão de milho na digestibilidade de rações e no desempenho de bezerros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 2056-2062, 2008.