



Abanico Veterinario. Janeiro-Dezembro 2023; 13:1-19. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2023.17>
Artigo Original. Recebido: 15/07/2022. Aceito:09/07/2023. Publicado: 07/11/2023. Chave: e2022-51.
<https://www.youtube.com/watch?v=lIFE9CBmF48>

Conteúdo mineral e de nutrientes da silagem de restolho de milho com excrementos de animais e subprodutos ricos em carboidratos

Mineral and nutrient content of corn stover silage with livestock excreta and by-products rich in carbohydrates



Domínguez-Vara Ignacio^{1ID}, Bórquez-Gastelum José^{*1ID}, Lugo-de-la-Fuente Jorge^{2ID}, Trujillo-Gutiérrez Daniel^{1ID}**

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Toluca, México. ²Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias, Toluca, México. *Autor responsável: Domínguez-Vara Ignacio. **Autor para correspondência: Trujillo-Gutiérrez Daniel, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México. E-mail: igy92@hotmail.com, jlborquez@yahoo.com.mx, jorgelug@gmail.com, danielgtg_dan@yahoo.es

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada para determinar o conteúdo mineral da silagem de palha de milho com três fontes de nitrogênio não proteico e duas fontes de carboidratos. As fontes de nitrogênio (NS) foram ureia agrícola (UA), esterco de aves desidratado (EAD) e esterco de cerdo fresco (EF); e as fontes de carboidratos (CS) foram melação de cana e subprodutos de panificação. Após 30 dias de fermentação, os microensilados foram abertos e a concentração de Ca, P, Na, K, Mg, Co, Cu, Mn, Fe e Zn foi medida. Os resultados foram submetidos à análise com um projeto completamente aleatório com arranjo fatorial 3x2 e modelo de efeitos mistos. Houve interações ($P<0.01$) NSxCS no conteúdo mineral de todas as silagens. A silagem EAD+MC foi maior ($P<0.01$) em Ca, P, Na, Mg e K. As silagens EF apresentaram maior ($P<0.01$) teor de Cu, e os tratamentos à base de EAD apresentaram maior ($P<0.01$) teor de Mn. Em geral, os maiores teores de minerais foram observados nas silagens à base de EAD e EF. Conclui-se que a silagem de palha de milho enriquecida com EAD com MC pode fornecer macro e microminerais em dietas de ruminantes.

Palavras-chave: minerais, silagem, esterco de aves desidratado, porca fresca, melação de cana.

ABSTRACT

This research was carried out to determine the effect of corn stover silage with three non-protein nitrogen sources plus two carbohydrate sources on its mineral content. Nitrogen sources (NS) were agricultural urea (AU), dehydrated poultry manure (PM) and swine manure fresh (SM); and those of carbohydrates (CS) sugar cane molasses (SCM) and bakery by-products (BBP). After 30 d of fermentation, the microsilos were opened and the concentration of Ca, P, Na, K, Mg, Co, Cu, Mn, Fe, and Zn were measured. The results were subjected to analysis with a completely randomized design with a 3x2 factorial arrangement of treatments and under a mixed effects model. There were ($P<0.01$) NSxCS interactions on the mineral content of all silages. The PL+SCM silage was higher ($P<0.01$) in Ca, P, Na, Mg and K. The SM silage had higher ($P<0.01$) Cu content, and the PO-based treatments had higher ($P<0.01$) Mn content. In general, the highest mineral content was observed in silages based on PL and SM. It is concluded that corn stover silage enriched with PL with SCM can provide macro and micro minerals in ruminant feed.

Keywords: minerals, silage, poultry litter, swine manure, sugar cane molasses.



INTRODUÇÃO

Nas áreas tropicais do México e da América Central, a economia familiar dos agricultores pobres é baseada no cultivo de milho e na criação de ruminantes. O grão de milho é usado como alimento humano, e os animais são alimentados principalmente com restolho de milho. Os nutrientes no restolho são marginais para ruminantes em manutenção (NRC, 2007; NASEM, 2016), além disso, a proteína bruta e os minerais como P, Mg, Co, Cu e Zn são baixos (Zinn *et al.*, 1996). Está documentado que o esterco fresco de porcas e aves pode ser incluído como fonte de nitrogênio para ruminantes (Jayathilakan *et al.*, 2012; Bórquez *et al.*, 2018), mas ao mesmo tempo, pode ser fonte de minerais devido ao seu alto teor de cinzas. Os excrementos dos animais contaminam o ambiente com patógenos e maus odores (Pell, 1997; Schiffman, 1998); mas o processo de fermentação anaeróbica (ensilagem) elimina os maus odores e diminui consideravelmente a carga de patógenos (López-Garrido *et al.*, 2014) e, portanto, pode ser usado para alimentação de ruminantes (Denton *et al.*, 2005; Seok *et al.*, 2016) na forma de silagem (Bórquez *et al.*, 2010). O processo de ensilagem requer carboidratos solúveis para iniciar e manter a fermentação (González-Muñoz *et al.*, 2022). O melaço de cana tem alta concentração de carboidratos (So *et al.*, 2020) e minerais (ppm): Mn (18), Zn (34), Cu (4.9), Bo (3), Co (0.6) e Fe (115) (NASEM, 2016; Senthilkumar *et al.*, 2016; Tendonkeng *et al.*, 2018). O melaço de cana (Trujillo *et al.*, 2014) e os subprodutos de panificação podem ser usados como fonte de carboidratos rapidamente fermentáveis em silagens (França *et al.*, 2012; Mahmoud *et al.*, 2017; Salama *et al.*, 2019).

No México, as regulamentações sobre resíduos da pecuária são limitadas ao gerenciamento de descargas em corpos d'água e em ativos nacionais (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2012), bem como à saúde e à segurança alimentar de produtos agrícolas (Acevedo *et al.*, 2017). No entanto, não há regulamentações sobre o uso de excrementos de animais na alimentação de ruminantes.

Portanto, postulou-se que as silagens de restolho de milho com excrementos de animais combinados com subprodutos ricos em carboidratos solúveis podem ser uma fonte de minerais para ruminantes. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi determinar o teor de Ca, P, Na, Mg, K, Co, Cu, Mn, Fe e Zn em silagens à base de restolho de milho com esterco de aves desidratado, esterco de suíno fresco e ureia agrícola misturada com melaço de cana-de-açúcar ou subprodutos de panificação.



MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

Esta pesquisa foi realizada na Unidade de Pesquisa e Ensino de Produção Animal e no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Autônoma do Estado do México (FMVZ-UAEMex), localizada em Toluca, México, a 19°16'W e 2745 m de altitude.

Ingredientes e preparação dos microensilados

A esterco de suíno fresco (fezes e urina; EF) foi obtida de suínos de engorda na fazenda experimental da FMVZ-UAEMex. Insumos como esterco de aves desidratado (EAD), ureia agrícola (UA), melação de cana (MC), subproduto de panificação (SPP) e restolho de milho foram obtidos de fornecedores comerciais. Amostras dos insumos foram obtidas, armazenadas em frascos de vidro e mantidas no escuro até a análise química aproximada. As fontes de nitrogênio (UA, EAD e EF) e as fontes de carboidratos (MC e SPP) foram misturadas para preparar seis micro-silagens (tratamentos; Tabela 1) com base em restolho de milho e água: UA+MC (controle), UA+SPP (controle), EAD+MC, EAD+SPP, EF+MC e EF+SPP. As proporções dos ingredientes da silagem foram baseadas nos tratamentos testados por Trujillo et al (2014). Os microsilos com dez repetições por tratamento foram feitos com tubos de PVC (10 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento). Cada tubo foi preenchido com 2.5 kg de material misturado com água da torneira ($\pm 60\%$) (Cobos *et al.*, 1997) e compactado para expulsar o oxigênio. Os microsilos foram então selados com um filme plástico para evitar a deterioração por oxigênio. O período de fermentação durou 30 dias em temperatura ambiente e à sombra.

Tabela 1. Composição e proporções de inclusão de ingredientes (% MS) dos tratamentos de pré-silagem

Ingredientes	Tratamentos*					
	UA		EAD		EF	
	MC	SPP	MC	SPP	MC	SPP
Restolho de milho	63	63	38	38	30	30
Ureia agrícola	3	3	0	0	0	0
Esterco de aves desidratado	0	0	39	39	0	0
Esterco de suíno fresco	0	0	0	0	53	53
Melaço de cana-de-açúcar	34	0	23	0	17	0
Subproduto de panificação	0	34	0	23	0	17

*Todos os tratamentos foram inoculados com Sil-All 4x4 (10 mg kg MS⁻¹) contendo uma mistura de *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactii*, *Enterococcus faecium* e *Lactobacillus salivarius*. UA, ureia agrícola; EAD, esterco de aves desidratado; EF, esterco de suíno fresco. MC, melaço de cana-de-açúcar; SPP, subproduto de panificação



Os níveis de ingredientes usados nas silagens foram sugeridos por Bórquez *et al.* (2010) e Mejía *et al.* (2013).

Composição química e determinação de minerais

Após o término do período de fermentação, os microsilos foram abertos e 100 g foram retirados de cada réplica para obter uma amostra composta de 1.000 g por tratamento. As amostras por tratamento foram divididas em duas subamostras de 500 g. A primeira foi colocada em um frasco Erlenmeyer de 1000 mL com 500 mL de água destilada e 4 gotas de timol foram adicionadas, seladas com plástico e armazenadas por 24 h. No dia seguinte, o pH foi medido no pH da amostra. No dia seguinte, o pH foi medido com um potenciômetro portátil (Hanna H198130; Hanna Instruments Italy). A segunda foi seca em uma estufa de ar forçado a 65 °C por 72 h (AOAC, 1990) para determinar a matéria seca (MS) e moída em um moinho Wiley (malha de 1 mm; Modelo 4 Thomas Scientific Swedes, NJ). A proteína bruta (Kjeldjhal, N×6.25) e a matéria orgânica foram determinadas de acordo com a AOAC (1990). A fibra detergente neutra, a fibra detergente ácida e a lignina detergente ácida foram determinadas de acordo com Van Soest *et al.* (1991) e o método ANKOM. Para a análise mineral, 2 g de MS de cada tratamento com seis repetições foram digeridos em 8 mL de ácido tricloroacético a 10 %, centrifugados e o sobrenadante foi usado para determinar o P em um espectrofotômetro (Genesis 20) com luz ultravioleta visível (Harris & Popat, 1954). Os minerais Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e Co foram determinados por espectrofotômetro de absorção atômica (Perkin Elmer 3110) (Fick *et al.*, 1976). Na e K foram analisados por flammometria (Corning 410). A Tabela 2 mostra o conteúdo mineral pré-silagem dos ingredientes usados nas micro-silagens.

Tabela 2. Conteúdo mineral (% MS) dos ingredientes usados para preparar micro-silagens

Mineral	Ingredientes ¹				
	Restolho de milho	Subproduto de panificação	Melaço de cana-de-açúcar	Esterco de aves desidratado	Esterco fresco de suínos
Cálcio, %	0.30	0.15	0.65	2.15	2.61
Fósforo, %	0.07	0.19	0.07	0.28	0.18
Magnésio, %	0.10	0.10	0.36	2.15	2.61
Potássio, %	1.10	0.35	3.70	1.95	3.16
Sódio, %	0.06	0.72	0.18	0.21	1.38
Cobalto, mg/kg	Nd	Nd	Nd	3.32	2.90
Cobre, mg/kg	4.00	5.0	15.0	86.2	93.8
Manganês, mg/kg	37.0	10.0	20.0	299.7	342.7
Ferro, mg/kg	180.0	20.0	180.0	2417.6	1449.9
Zinco, mg/kg	16.0	16.0	19.0	585.9	305.6

¹Os valores foram determinados em laboratório usando seis réplicas por ingrediente. Nd, não detectado



Projeto experimental e análise estatística

Foi utilizado um projeto completamente aleatório com um arranjo fatorial 3x2 de tratamentos com seis réplicas por tratamento. A análise estatística foi realizada com o PROC MIXED (SAS Institute Inc., 2004) e a comparação das médias com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$). A amostra composta de cada tratamento foi considerada como sujeito aleatório e os tratamentos como efeitos fixos com o método de estimativa TYPE3. Os cálculos foram realizados com o R-project versão 4.1.0 (R Core Team, 2022). O modelo matemático foi: $y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + a*b_{(ij)} + e_{ijk}$, onde: y_{ijk} = variável de resposta, μ = média geral, a_i = efeito da fonte de nitrogênio (UA, EAD, EF), b_j = efeito da fonte de carboidrato (MC, SPP), $a*b_{(ij)}$ = efeito da interação nitrogênioxcarboidrato, e_{ijk} = erro experimental, $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$. Para determinar o efeito dos fatores principais fonte de nitrogênio, fonte de carboidrato e interação, foi usada a opção SOLUTION do MODEL (SAS Institute Inc., 2004).

RESULTADOS

Macrominerais

A composição química das silagens (Tabela 3) e o efeito de NS e CS na concentração de minerais são apresentados na Tabela 4. A Figura 1 mostra a interação NSxCS dos tratamentos para macrominerais. As soluções das estimativas dos parâmetros do modelo mostram que a soma dos efeitos principais e das interações resulta no efeito total das variáveis independentes sobre a variável dependente. Assim, a interação é explicada como se uma parte dos efeitos da fonte de nitrogênio dependesse do efeito da fonte de carboidratos e vice-versa.

Tabela 3. Composição química (% MS) da silagem à base de restolho de milho após 30 dias de fermentação

Ingredientes	Tratamentos					
	UA		EAD		EF	
	MC	SPP	MC	SPP	MC	SPP
Matéria seca, %	42.20	33.80	43.10	41.60	36.9	34.20
Proteína bruta, %	12.62	14.30	12.42	13.57	13.71	14.56
EM, Mcal/kg	2.05	2.29	2.16	2.30	2.16	2.27
Fibra detergente neutra, %	38.30	44.40	42.50	38.50	35.10	37.00
Fibra detergente ácida, %	23.70	25.00	29.00	21.40	20.10	19.80
Lignina detergente ácido, %	4.80	5.20	6.10	6.00	4.40	4.40
Cinzas	7.30	9.10	11.00	11.10	9.60	7.70
pH	4.20	4.20	4.00	4.10	4.10	4.20

UA, ureia agrícola; EAD, esterco de aves desidratado; EF, esterco fresco de suínos. MC, melão de cana-de-açúcar; SPP, subproduto de panificação. EM, energia metabolizável, calculada a partir dos valores publicados dos ingredientes (NRC, 2007; NASEM, 2016)



O maior teor de Ca ($P < 0.01$) foi observado nos tratamentos à base de EAD. Foi observado um efeito positivo de EAD×MC e EF×MC, que gerou um efeito adicional de 0.23 % e 0.32 % de Ca ($P < 0.01$), respectivamente (Figura 1).

Tabela 4. Resultados do efeito das fontes de nitrogênio e carboidratos na concentração mineral da micro-silagem de restolho de milho

Mineral	Tratamentos						EPM	Principais efeitos		
	UA		UA		EF			NS	CS	NS x CS
	MC	SPP	MC	SPP	MC	SPP				
Macrominerais, % MS										
Ca	0.154 ^e	0.378 ^d	1.151 ^a	1.143 ^a	0.779 ^b	0.682 ^c	0.009	< 0.01	< 0.01	< 0.01
P	0.004 ^d	0.027 ^c	0.105 ^a	0.075 ^b	0.112 ^a	0.116 ^a	0.004	< 0.01	0.71	< 0.01
Na	0.561 ^b	0.452 ^c	0.928 ^a	0.574 ^b	0.362 ^d	0.062 ^e	0.018	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Mg	0.168 ^d	0.330 ^c	0.499 ^a	0.411 ^b	0.477 ^a	0.405 ^b	0.005	< 0.01	0.91	< 0.01
K	0.859 ^d	2.746 ^a	2.839 ^a	1.770 ^c	2.267 ^b	0.980 ^d	0.079	< 0.01	0.02	< 0.01
Macrominerais, mg/kg MS										
Co	1.426 ^c	0.391 ^d	3.171 ^a	2.242 ^b	2.216 ^b	1.916 ^b	0.083	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Cu	0.77 ^e	6.15 ^d	18.23 ^b	14.07 ^c	25.60 ^a	25.69 ^a	0.805	< 0.01	0.69	< 0.01
Mn	128.00 ^d	103.30 ^e	214.95 ^a	219.48 ^a	178.37 ^b	160.71 ^c	2.65	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fe	517.60 ^d	660.33 ^c	740.65 ^c	1102.97 ^a	898.21 ^b	994.19 ^{ab}	27.33	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Zn	20.24 ^e	79.91 ^d	116.11 ^c	120.30 ^c	169.86 ^b	198.07 ^a	5.61	< 0.01	< 0.01	< 0.01

UA, ureia agrícola; EAD, esterco de aves desidratado; EF, esterco fresco de suínos. MC, melão de cana-de-açúcar; SPP, subproduto de panificação. EPM, erro padrão da média. NS, efeito da fonte de nitrogênio; CS, efeito da fonte de carboidratos. ^{a-e}Médias com letras diferentes na mesma linha são diferentes ($P < 0.01$)

Em relação ao fósforo (P), seu conteúdo foi afetado ($P < 0.01$) pela fonte de nitrogênio. Foi observado um aumento de 0.04 % de P quando EAD foi usado em vez de UA; da mesma forma, quando EF foi usado em vez de UA, foi produzido 0.08 % de Ca. A interação EF×MC produziu maior teor de P (> 0.01 %), e esse efeito foi maior em EAD×MC (≥ 0.05 % P) vs. EAD×SPP. A Figura 1 mostra que os tratamentos com UA apresentaram menor teor de P, e esse efeito foi mais evidente na silagem à base de MC. Além disso, houve um aumento linear do P com o uso de excretas nas silagens. A concentração de sódio (Na) foi maior ($P < 0.01$) no EAD×MC do que nos demais (Tabela 4). Além disso, foi observado um efeito de interação ($P < 0.01$) de NS×CS. O efeito de interação na concentração de Na de EAD×MC e EF×MC produziu adicionalmente 0.24 % e 0.19 %, respectivamente ($P < 0.01$). O gráfico de interação (Figura 1) mostra que a combinação de MC ou SPP com polinose desidratada aumentou o teor de Na das silagens, mas quando combinada com esterco de suíno fresco houve um efeito negativo.

O maior acúmulo ($P < 0.01$) de magnésio (Mg) ocorreu nas silagens à base de MC com excreta. Foi observado o efeito da fonte de N sobre esse mineral. Esse efeito ficou evidente na comparação entre UA e EAD, que apresentou maior teor de Mg (0.08 %) na



última. Porém, quando o EF foi usado no lugar do UA, houve um aumento de 0.07 % no Mg. O efeito de NSxCS mostrou um efeito aditivo ($P < 0.01$) em EADxMC (+0.25 % Mg) vs. EADxSPP e EFxMC (+0.23 % Mg) vs. EFxSPP, respectivamente; isso causou maior acúmulo de Mg (Figura 1).

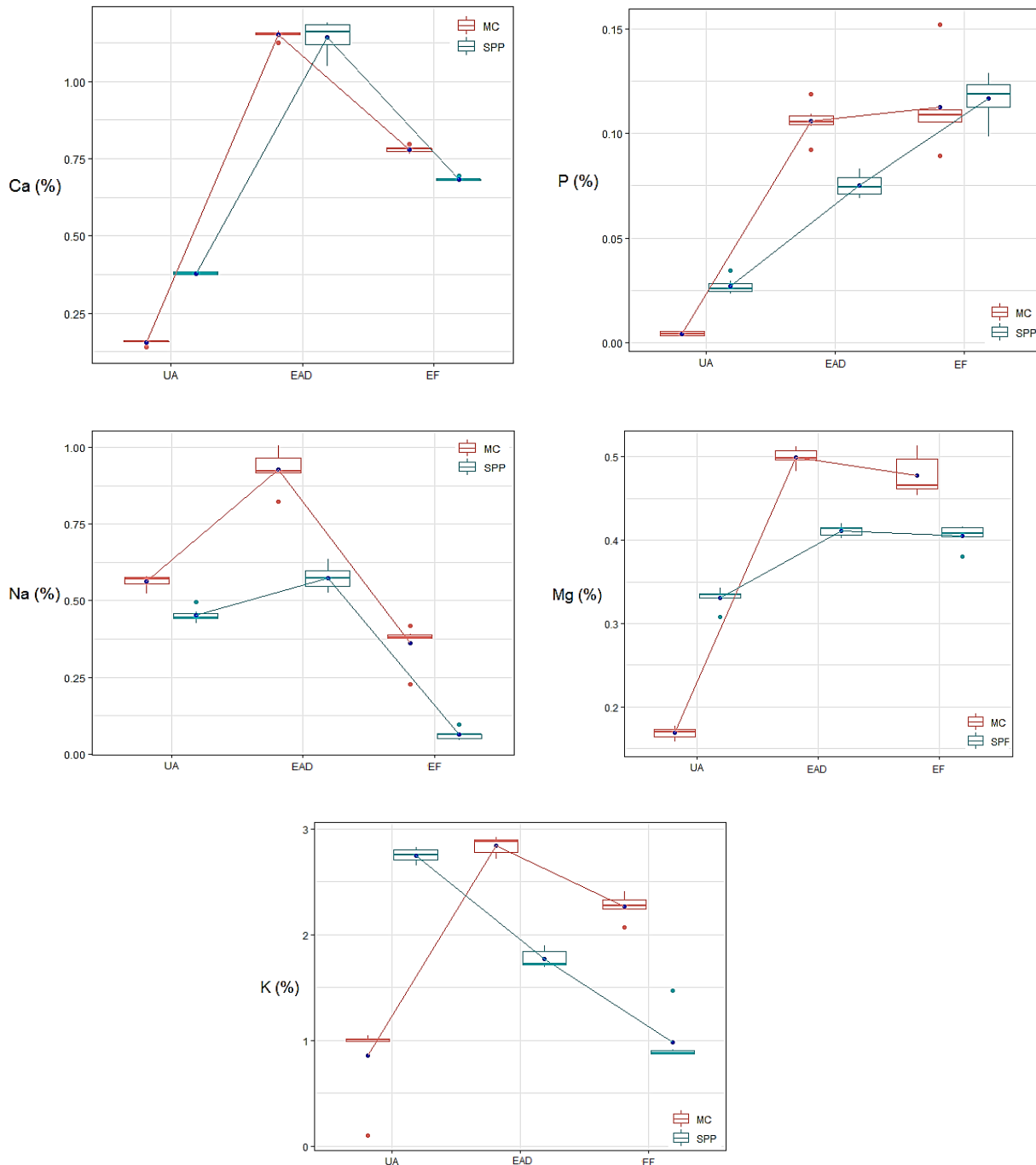


Figura 1. Efeito de interação das fontes de nitrogênio e carboidratos no conteúdo de macrominerais. Fontes de nitrogênio: UA, ureia agrícola; EAD, esterco de aves desidratado; EF, esterco de suíno fresco de suínos. Fontes de carboidratos: MC, melado de cana-de-açúcar; SPP, subproduto de panificação



Microminerais

A concentração (mg/kg MS) de todos os microminerais resultou do efeito da interação NS×CS (Tabela 4 e Figura 2). A concentração de cobalto (Co) foi maior ($P<0,01$) na silagem EAD×MC. O efeito da fonte de nitrogênio mostrou que o uso de EAD em vez de ureia agrícola produziu mais de 1.85 mg/kg de Co nas silagens. Da mesma forma, o uso de EF em vez de UA aumentou o teor de Co em 1.52 mg/kg. Além disso, o uso de MC em vez de SSP aumentou a concentração de Co nas silagens em 1.03 mg/kg. O teor de cobre (Cu) foi maior ($P<0.01$) nas silagens com EF. Observou-se que, nos tratamentos de controle (UA), a adição de MC à silagem teve um efeito negativo (-5.38 mg/kg de Cu) em comparação com o SPP; mas nos demais tratamentos, a fonte de carboidrato sozinha não teve efeito ($P=0.69$) na concentração de Cu. Os efeitos de EAD×MC e EF×MC produziram 9.54 mg/kg e 5.29 mg/kg de Cu, respectivamente, do que a contribuição da fonte de nitrogênio e da fonte de carboidratos isoladamente. Isso permitiu maior concentração de Cu para MC em comparação com SPP quando misturado com EAD; no entanto, as silagens à base de CF combinadas com ambas as fontes de carboidratos foram semelhantes (Figura 2).

A concentração de manganês (Mn) foi maior ($P<0.01$) nas silagens à base de EAD devido ao efeito NS×CS (Tabela 4, Figura 2). Quanto ao efeito da fonte de nitrogênio, as silagens à base de EAD foram mais altas do que as silagens de controle (UA) em 116.18 mg/kg de Mn, e a EF também foi mais alta do que a UA em 57.41 mg/kg de Mn. Além disso, houve um efeito positivo da adição de MC à silagem, o que resultou em um acúmulo maior (24.70 mg/kg de Mn) em comparação com o efeito da inclusão de SPP. No gráfico de interação (Figura 2), foi observado um padrão semelhante nas silagens com ambas as fontes de carboidratos solúveis. O teor de ferro (Fe) foi maior ($P<0.01$) na silagem EAD×SPP. O uso de EAD em vez de UA teve um efeito benéfico ao aumentar a concentração de Fe nas silagens em 442.64 mg/kg. Da mesma forma, quando o EF foi usado em vez de UA, houve um aumento de 333.85 mg/kg de Fe. O efeito da interação EAD×MC diminuiu ($P<0.01$) a concentração (-219.59 mg/kg) de Fe em comparação com EAD×SPP. Mas quando houve interação EF×MC, o Fe aumentou 46.75 mg/kg. No entanto, esse efeito não foi suficiente para igualar o teor de Fe da interação EF×SPP (Figura 2).

Por fim, a concentração de zinco (Zn) foi maior ($P<0.01$) na silagem com SPP. Observou-se que com a MC o teor de Zn diminuiu quando combinada com UA (-59.67 mg/kg), mas quando misturada com EAD ou EF houve um efeito aditivo (Figura 2). A esse respeito, o uso de EAD em vez de UA aumentou a concentração de Zn em 40.38 mg/kg, e a interação EAD×MC produziu adicionalmente 55.48 mg/kg. Da mesma forma, quando UA vs. EF foi comparado, o último produziu mais de 118.16 mg/kg de Zn, e quando EF foi misturado com MC, foi produzido um adicional ≥ 31.45 mg/kg de Zn. Portanto, o efeito positivo



desses componentes nas silagens foi suficiente para igualar a concentração de Zn (198.07 mg/kg) da combinação EF×SPP.

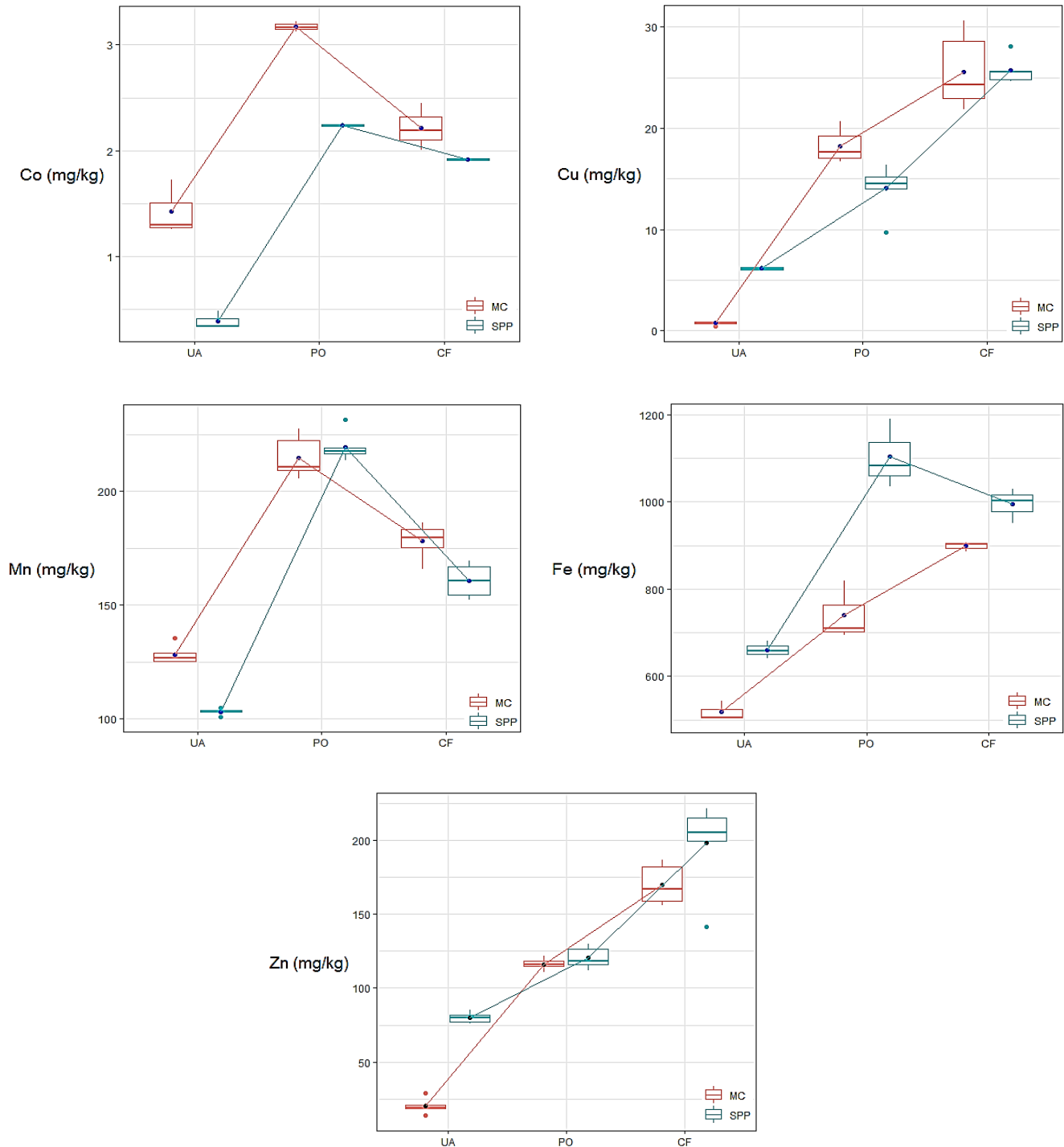


Figura 2. Efeito de interação das fontes de nitrogênio e carboidratos no conteúdo de microminerais. Fontes de nitrogênio: UA, ureia agrícola; EAD, esterco de aves desidratado; EF, esterco fresco de suínos. Fontes de carboidratos: MC, melado de cana-de-açúcar; SPP, subproduto de panificação



DISCUSSÃO

De acordo com os resultados, o processo de fermentação com ácido láctico afetou o conteúdo mineral das silagens, devido aos efeitos de interação da excreta combinada com melaço de cana ou subproduto de panificação. Além disso, as silagens baseadas em excretas com melaço de cana apresentaram maior conteúdo de macrominerais. O efeito da fonte de carboidratos foi observado na maioria dos tratamentos, exceto para o Mg e o Cu. Não é de surpreender que o EAD tenha aumentado o teor de minerais (Ca, P, Na, Mg, K, Co, Mn e Fe) nas silagens, devido ao seu alto teor de cinzas (Kwak, 2006). A contribuição do EF para os altos teores de P, Mg, Cu e Zn das silagens também era esperada, pois o CuSO_4 é frequentemente usado como agente antimicrobiano em dietas de suínos (Shannon & Hill, 2019), e o ZnO é usado para diminuir os sintomas de diarreia (Zhou *et al.*, 2017); enquanto o ZnSO_4 tem efeito antimicrobiano. Além disso, uma alta concentração de Ca, K, Cu, Mn e Fe era esperada como consequência do uso de MC em silagens devido ao alto teor desses minerais nos resíduos extraídos do caldo de cana e sua contaminação com resíduos do solo (Senthilkumar *et al.*, 2016; Tendonkeng *et al.*, 2018) durante o manuseio.

Nesta pesquisa, todos os tratamentos foram inoculados com *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactii*, *Enterococcus faecium* e *Lactobacillus salivarius*, que produziram silagens de boa qualidade (Trujillo *et al.*, 2014) com pH entre 4.1 e 4.2. O valor do pH é um fator importante para determinar a qualidade do processo de fermentação em silagens (Cañeque & Sancha, 1998); seus valores estavam em torno de 4.1 e são considerados adequados para silagens de milho com grãos suficientes (Basso *et al.*, 2014). Mas valores altos de pH podem indicar quantidade insuficiente de carboidratos solúveis. A interação NSxCS foi observada em todos os tratamentos; isso é relevante, pois em meios de cultura com concentração suficiente de açúcares (glicose >1 %) a expressão da enzima fitase é induzida (Palacios *et al.*, 2005). Na cultura e no crescimento de bactérias lácticas (LAB), os elementos minerais essenciais são Mg^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Na^+ e K^+ (Saeed & Salam, 2013); outros elementos como Hg^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} e Co^{2+} otimizam e controlam sua atividade enzimática.

Efeito da silagem no conteúdo de macro e microminerais

Nos estágios iniciais do processo de fermentação, a rápida colonização dos ingredientes depende da disponibilidade de carboidratos solúveis fermentáveis (Wood, 1998). Assim, o consumo de oxigênio e a depleção de oxigênio na silagem dependem de mecanismos bacterianos que reduzem as condições aeróbicas. Ao estabelecer condições de fermentação anaeróbica, as BAL na silagem em pH <4 desenvolveram mecanismos alternativos à enzima catalase para eliminar os radicais de oxigênio altamente reativos. Entre eles estão: a) a defesa enzimática pela superóxido dismutase e b) a capacidade de acumular Mn (Mn II), que evita o efeito tóxico endógeno do oxigênio ($\text{O}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{Mn}^{2+} \rightarrow$



$H_2O_2 + Mn^{2+}$) (Pahlow *et al.*, 2003). No metabolismo do LAB, o Mn^{2+} é um efetor (Vos *et al.*, 2009) na estrutura e ativação de várias enzimas. Nesta pesquisa, o teor inicial de Mn na mistura de ingredientes antes da ensilagem foi baixo para os tratamentos baseados em UA (26-30 mg/kg) e EAD (133-135 mg/kg), mas alto com EF antes e depois da ensilagem (194-196 mg/kg). No entanto, foi observado um aumento na concentração de Mn nas silagens à base de UA e EAD, mas níveis estáveis com EF antes e depois da ensilagem. Isso pode ser devido a uma maior resposta protetora do LAB na presença de oxigênio. A esse respeito, a adição de fontes de nitrogênio (UA ou EAD) poderia melhorar a estabilidade anaeróbica das silagens devido ao efeito de tamponamento das enterobactérias na fase inicial da ensilagem por meio de: a) redução das fontes de nitrogênio a amônia (capacidade de tamponamento), um efeito benéfico temporário para as espécies de BAL (Pahlow *et al.*, 2003), e b) inibição da concentração de clostrídios, devido à redução da amônia (NH_3) a NO e NO_2 em quantidades não tóxicas; esse efeito pode ter se estendido à inibição em $pH < 4$. As enterobactérias são espécies epifíticas presentes até 100 vezes mais do que as BAL, clostrídios, leveduras e fungos (Behrendt *et al.*, 1997) em forragens secas e senescentes. Nos grãos de cereais, o Mg e outros cátions divalentes podem ser quelados pelo ácido fítico (Serna-Saldivar, 2010). Foi demonstrado que as BAL têm atividade de fosfatase ácida (APs). López *et al.* (2000) demonstraram que a Ln. *Mesenteroides* S38 tem atividade de APs, o que diminui a atividade do ácido fítico à medida que a produção de ácido láctico aumenta. Da mesma forma, foi observado um aumento da solubilidade de Ca e Mg na farinha de trigo integral como meio de cultura pela expressão de APs.

O magnésio (Mg^{2+}) é um elemento essencial para o crescimento e o metabolismo da BAL (Vos *et al.*, 2009). Na via da glicólise, a primeira reação na via é a formação de um complexo entre o cátion Mg^{2+} o ATP e a glicose, que se liga à hexoquinase (Miesfeld & McEvoy, 2017). A importância desse metabolismo é a obtenção de piruvato e lactato em condições anaeróbicas (Wood, 1998) a partir da fermentação láctica (Madigan *et al.*, 2022) e por meio da enzima lactato desidrogenase (Mozzi *et al.*, 2010). Nesta pesquisa, o teor inicial de Mg foi maior no MC do que no SPP. No entanto, a fonte de carboidratos não teve efeito significativo por si só, mas houve um efeito de interação NSxCS que produziu concentrações mais altas de Mg em silagens à base de MC com EAD ou EF, de modo que essas combinações de ingredientes promoveram maior crescimento de LAB durante a fermentação; isso se refletiu nos valores de pH de ambos os tratamentos (Tabela 3). É interessante notar que os tratamentos à base de EF continham maiores quantidades de Mg antes da ensilagem, mas essa tendência mudou durante o processo de fermentação devido ao efeito do N disponível para as BAL na excreta.

O fósforo (P) é um elemento necessário para o metabolismo das bactérias do ácido láctico. A via Embden-Meyerhof-Parnas (glicólise) requer a hidrólise do ATP para gerar a



energia livre necessária para ativar a hexoquinase, a fosfofrutoquinase-1 e a fosfoglicerato quinase (Miesfeld & McEvoy, 2017); também na etapa de fosforilação do fosfoenolpiruvato em piruvato. Nas excretas dos bovinos, 80 % do P está contido na forma de ácido fítico (mioinositol hexakisfosfato), principalmente em monogástricos com dietas de alto teor de grãos (Leytem & Maguire, 2007). Antes da ensilagem, os tratamentos à base de UA (MC e SPP) continham quantidades mais altas de P (0.068 e 0.109 % MS), mas após 30 dias de fermentação láctica a concentração mudou (0.004 e 0.027 % MS, respectivamente). No entanto, as silagens à base de esterco mantiveram a quantidade de P constante antes e depois do processo de ensilagem. Isso pode ser devido ao uso e ao esgotamento do P disponível pelo LAB nas silagens à base de UA, ao passo que, nos tratamentos à base de excreta, houve liberação de P por meio da atividade das fitases. Além disso, a expressão da enzima fosfatase ácida em BAL (*Lactobacillus plantarum*) pode ser estimulada pela presença de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} e Cu^{2+} (Saeed & Salam, 2013) e, assim, aumentar a disponibilidade de P de 29 a 34 % (López et al., 2000); da mesma forma, *Pediococcus acidilactici* expressou atividade de fitases extracelulares e intracelulares (Cizeikiene et al., 2015). Portanto, o aumento da solubilidade e da disponibilidade de P nas silagens de excreta e o teor de minerais nos tratamentos confirmaram esse comportamento. No entanto, a fosfatase ácida pode ser diminuída pelo Co^{2+} e inibida pelo Fe^{2+} (Palacios et al., 2005); nas silagens à base de UA, houve um aumento na disponibilidade desses elementos após o processo de ensilagem.

A fermentação láctica (pH 3.6 a 3.8) com LAB (*Streptococcus lactis* e cepas de *Lactobacillus*) mais a adição de 10 a 50 mg de fitase aumentaram a disponibilidade (>200 %) de Fe da farinha de milho e sorgo (Svanberg et al., 1993). Em *Lactobacillus pentosus* CECT 4023, foi observado um efeito estimulador de Co^{2+} e um efeito inibidor de Ca^{2+} na atividade enzimática de PAs (65 % de homologação com PAs de *Lactobacillus plantarum*); no entanto, isso não foi observado em outras BAL (Palacios et al., 2005). A presença e a abundância de bactérias do ácido láctico, como o *Lactobacillus plantarum*, apresentaram correlação significativa ($r_{xy}=0.25$) com a concentração de Na na água potável (Minervini et al., 2019); em todos os tratamentos, foi observado um aumento de Na após a ensilagem. Na água potável, a presença e a abundância de *Lactobacillus plantarum* têm uma correlação de $r_{xy}=0.86$ com a concentração de K (Minervini et al., 2019). Zn^{2+} (ZnCl_2) e Hg^{2+} (HgCl_2) são fortes inibidores de PAs em *Lactobacillus curvatus* (Abdallah et al., 1999). Em *Lactobacillus sanfranciscensis* CB1, Hg^{2+} e Fe^{2+} são inibidores da enzima fitase; além disso, o aumento de NaCl no meio teve um efeito negativo sobre a atividade da enzima (De Angelis et al., 2003). Isso sugere que a disponibilidade de elementos minerais na silagem à base de excrementos de animais desta pesquisa pode ser influenciada pela inoculação de bactérias do ácido láctico e pela interação de fontes de nitrogênio e carboidratos solúveis. Por fim, o exposto acima implica que o processo de ensilagem e a reutilização de nutrientes da excreta de monogástricos em dietas para



ovelhas de engorda podem suplementar as necessidades de minerais para reduzir os custos de alimentação. Do ponto de vista bioético, a reciclagem dos nutrientes da excreta por meio do processo de ensilagem fornece um insumo inofensivo para a alimentação de ruminantes, reduzindo os problemas de saúde que podem surgir sem tratamento prévio. Entretanto, apesar de seu uso rotineiro e necessário na alimentação animal, nenhuma regulamentação foi estabelecida a esse respeito.

CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que as silagens de palha de milho com esterco de aves desidratado ou cerdas frescas em combinação com melaço de cana ou subproduto de panificação alteram a concentração de minerais na mistura. A silagem à base de EAD com MC apresentou o maior teor de macrominerais e alguns microminerais, portanto, pode ser uma fonte de suprimento para ruminantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Jorge Lugo de la Fuente pelas facilidades no uso do laboratório e seu apoio na análise mineral. Da mesma forma, agradecemos ao Dr. Barajas-Cruz Rubén† por sua colaboração e ensinamentos ao longo de sua vida profissional. Por fim, agradecemos ao Dr. Reyna-Santamaría Lorenzo por sua colaboração na revisão do manuscrito científico.

LITERATURA CITADA

ABDALLAH AA, Magboul P, McSweeney LH. 1999. Purification and properties of an acid phosphatase from *Lactobacillus curvatus* DPC2024. *International Dairy Journal*. 9(12): 849–885. ISSN: 0958-6946. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00010-8](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00010-8)

ACEVEDO AI, Leos RJA, Figueroa VU, Romo LJL. 2017. Política ambiental: uso y manejo del estiércol en la Comarca Lagunera. *Acta Universitaria – Multidisciplinary Scientific Journal*. 27(4): 3-12. ISSN: 0188-6266. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1270>

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. *Official Methods of Analysis (15th ed)*, Vol. 1. Arlington, Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists. Pp. 771. ISBN: 0-935584-42-0.
<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>



BASSO FC, Adesogan AT, Lara EC, Rabelo CHS, Berchielli TT, Teixeira IAMA, Siqueira GR, Reis RA. 2014. Effects of feeding corn silage inoculated with microbial additives on the ruminal fermentation, microbial protein yield, and growth performance of lambs. *Journal of Animal Science*. 92(12): 5640–5650. ISSN 1525-3163.

<https://doi.org/10.2527/jas.2014-8258>

BEHRENDT U, Miiller Th, Seyfarth W. 1997. The influence of extensification in grassland management on the populations of micro-organisms in the phyllosphere of grasses. *Microbiological Research*. 152(1): 75-85. ISSN: 0944-5013.

[https://doi.org/10.1016/S0944-5013\(97\)80026-2](https://doi.org/10.1016/S0944-5013(97)80026-2)

BÓRQUEZ JL, Pinos-Rodríguez JM, González SS, Domínguez I, Bárcena R, Mendoza G, Cobos M. 2010. Use of different kind of silage dairy cattle manure in lamb nutrition. *Italian Journal of Animal Science*. 9:(1): 129-133. ISSN: 1828-051X.

<https://doi.org/10.4081/10.4081/ijas.2010.e25>

BÓRQUEZ-GASTELUM JL, Trujillo-Gutiérrez D, Domínguez-Vara IA, Pinos-Rodríguez JM, Cobos-Peralta MA. 2018. Yield performance of growing lambs fed silages with poultry litter, pig excreta and urea with molasses cane or a bakery by-product. *Agrociencia*. 52: 333-346. ISSN: 2521-9766. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n3/2521-9766-agro-52-03-333-en.pdf>

CAÑEQUE MV, Sancha SJL. 1998. *Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes*. Madrid, España: Mundi-Prensa. Pp. 260. ISBN: 8471147300.

<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300031154>

CIZEIKIENE D, Juodeikiene G, Bartkiene E, Damasius J, Paskevicius A. 2015. Phytase activity of lactic acid bacteria and their impact on the solubility of minerals from wholemeal wheat bread. *International journal of food sciences and nutrition*. 66(7): 736-742. ISSN: 0963-7486. <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1088939>

COBOS PM, González SM, Mendoza GDM, García CB, Bárcena RG. 1997. Nutritional evaluation of cattle manure, molasses and corn stover silage for lambs. *Small Ruminant Research*. 25(1): 33-38. ISSN: 0921-4488. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(96\)00966-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(96)00966-2)

DE ANGELIS M, Gallo G, Corbo MR, McSweeney PLH, Faccia M, Giovine M, Gobbetti, M. 2003. Phytase activity in sourdough lactic acid bacteria: purification and characterization of a phytase from *Lactobacillus sanfranciscensis* CB1. *International Journal of Food Microbiology*. 87(3): 259–270. ISSN: 0168-1605. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(03\)00072-2](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(03)00072-2)



DENTON JH, Coon CN, Pettigrew JE, Parsons CM. 2005. Historical and scientific perspectives of same species feeding of animal by-products. *The Journal of Applied Poultry Research*. 14(2): 352–361. ISSN: 1056-6171.

<https://doi.org/10.1093/japr/14.2.352>

FICK KA, McDowell LR, Miles PH, Wilkinson NS, Funk JD, Conrad JH. 1976. *Methods of mineral analysis for plant and animal tissues*. Gainesville, FL. USA: University of Florida. Pp. 90. PN-AAC-768. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US7764979>

FRANÇA AB, Morenz MJF, Lopes FCF, Madeiro AS, Morenz DA, de Faria BM, Cabral L. da S, da Fonseca CEM. 2012. Bakery waste in sheep diets: intake, digestibility, nitrogen balance and ruminal parameters. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41(1): 147-153. ISSN: 1806-9290. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000100022>

GONZÁLEZ-MUÑOZ SS, Domínguez-Vara IA, Bórquez-Gastelum JL, Pinos-Rodríguez JM, Ramírez-Bribiesca JE, Trujillo-Gutiérrez D. 2022. Efecto aditivo de ensilados de pollinaza, cerdaza y urea mezclados con melaza de caña y subproducto de panadería en dietas para corderos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 25(100). ISSN: 1870-0462. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3938>

HARRIS W, Popat P. 1954. Determination of the phosphorous content of lipids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 31: 124-132. <https://doi.org/10.1007/BF02545694>

JAYATHILAKAN H, Sultana K, Radhakrishna K, Bawa AS. 2012. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *Journal of Food Science and Technology*. 49(3): 278–293. ISSN: 0975-8402. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0290-7>

KWAK WS. 2006. Effect of feeding food waste-broiler litter and bakery by-product mixture to pigs. *Bioresource Technology*. 97(2): 243-249. ISSN: 0960-8524. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.02.008>

LEYTEM AB, Maguire RO. 2007. *Environmental implications of inositol phosphates in animal manure*. In: Turner BL, Richardson AE, Mullaney EJ. (Eds). *Inositol Phosphates in the Soil–Plant–Animal System: Linking Agriculture and Environment*. Wallingford, UK: CABI. Pp. 288. ISBN: 978-1845931520.

<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20073069292>



LÓPEZ-GARRIDO SJ, Cobos PMA, Mendoza MDD, Camacho-Escobar MA. 2014. The effect of commercial additive (Toxic-Chec) and propionic acid on the fermentation and aerobic stability of silage with pig excreta. *American Journal of Experimental Agriculture*. 4(12): 1820-1831. ISSN: 2457-0591. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2014/12035>

LÓPEZ HW, Ouvry A, Bervas E, Guy C, Messenger A, Demigne C, Remesy C. 2000. Strains of lactic acid bacteria isolated from sour doughs degrade phytic acid and improve calcium and magnesium solubility from whole wheat flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48(6): 2281-2285. ISSN: 0021-8561. <https://doi.org/10.1021/jf000061g>

MADIGAN MT, Bender KS, Buckley DH, Stahl DA. 2022. Brock biology of microorganisms. 16th ed. Pearson. United Kingdom. Pp. 1129.
<https://www.pearson.com/store/p/brock-biology-of-microorganisms/P100002944066/9780135860717>

MAHMOUD AEM. 2017. Substituting bakery by-products for corn grains and wheat bran in growing lambs rations increases growth rate with no adverse effect. *Pakistan Journal of Zoology*. 49(4): 1215-1221. ISSN: 0030-9923.
<http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.4.1215.1221>

MEJÍA ULA, Bórquez JL, Salem, AZM, Domínguez VIA, González RM. 2013. Short communication. Effects of adding different protein and carbohydrates sources on chemical composition and *in vitro* gas production of corn stover silage. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 11(2): 427-430. eISSN: 2171-9292.
<https://doi.org/10.5424/sjar/2013112-3547>

MIESFELD RL, McEvoy MM. 2017. *Biochemistry*. New York, USA: WW Norton & Company. Pp. 1339. ISBN: 9780393977264.
<https://www.abebooks.com/9780393977264/Biochemistry-Miesfeld-Roger-McEvoy-Megan-0393977269/plp>

MINERVINI F, Dinardo FR, De Angelis M, Gobbetti M. 2019. Tap water is one of the drivers that establish and assembly the lactic acid bacterium biota during sourdough preparation. *Scientific reports*. 9: 570. ISSN 2045-2322. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36786-2>

MOZZI F, Raya RR, Vignolo GM. 2010. *Biotechnology of lactic acid bacteria: novel applications*. Iowa, USA: John Wiley & Sons. Pp. 374. ISBN: 9781118868409.
<https://doi.org/10.1002/9781118868386>



NASEM (National Academies of Science, Engineering, and Medicine). 2016. *Nutrient requirements of beef cattle*. Eight revised ed. Washington, D.C. USA: The National Academies Press. Pp. 494. ISBN: 978-0-309-27335-0. <https://doi.org/10.17226/19014>

NRC. 2007. *Nutrient requirements of small ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Washington, D.C. USA: National Academy Press. Pp. 384. ISBN: 978-0-309-47323-1. <https://doi.org/10.17226/11654>

PAHLOW G, Muck RE, Driehuis F, Elferink SJO, Spoelstra SF. 2003. *Microbiology of ensiling*. In: Buxton DR, Muck RE, Harrison JH. *Silage science and technology*, Volume 42: 31-93. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, Inc. Pp. 927. ISBN:9780891182344. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>

PALACIOS MC, Haros M, Rosell CM, Sanz Y. 2005. Characterization of an acid phosphatase from *Lactobacillus pentosus*: regulation and biochemical properties. *Journal of Applied Microbiology*. 98: 229-237. ISSN: 1365-2672. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02447.x>

PELL AN. 1997. Manure and microbes: public and animal health problem? *Journal of Dairy Science*. 80(10): 2673-2681. ISSN: 0022-0302. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76227-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76227-1)

PINOS-RODRÍGUEZ JM, García-López JC, Peña-Avelino LY, Rendón-Huerta JA, González-González C, Tristán-Patiño F. 2012. Impacto y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*. 46: 359-370. ISSN: 1405-3195. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30223110004>

R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org/>

SAEED AH, Salam AI. 2013. Current limitations and challenges with lactic acid bacteria: a review. *Food and Nutrition Sciences*. 4(11A), 73-87. ISSN: 2157-9458. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.411A010>

SALAMA R, Awad AA, Fouda ShM. 2019. Nutritional evaluation of some unconventional dietary energy sources in ruminants rations. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*. 22(3): 453-463. <https://doi.org/10.21608/EJNF.2019.79411>



SERNA-SALDIVAR SO. 2010. *Cereal Grains: properties, processing, and nutritional attributes*. Boca Raton, FL. USA: CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC. Pp. 794. ISBN: 9781439815601. <https://www.routledge.com/Cereal-Grains-Properties-Processing-and-Nutritional-Attributes/Serna-Saldivar/p/book/9781439815601>

SAS INSTITUTE INC. 2004. *SAS/STAT® 9.1 User's Guide*. Cary, NC. USA: SAS Institute Inc. Pp. 5136. ISBN 1-59047-243-8.
https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat_ug_7313.pdf

SCHIFFMAN SS. 1998. Livestock odors: implications for human health and well-being. *Journal of Animal Science*. 76(5): 1343-1355. ISSN: 1525-3163.
<https://doi.org/10.2527/1998.7651343x>

SENTHILKUMAR S, Suganya T, Deepa K, Muralidharan J, Sasikala K. 2016. Supplementation of molasses in livestock feed. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 5(3): 1243-1250. ISSN: 2278-3687.
<https://www.ijset.net/journal/993.pdf>

SEOK JS, Kim YI, Choi DY, Kwak WS. 2016. Effect of feeding a by-product feed-based silage on nutrients intake, apparent digestibility, and nitrogen balance in sheep. *Journal of Animal Science and Technology*. 58(9): 1-5. ISSN: 2055-0391.
<https://doi.org/10.1186/s40781-016-0091-7>

SHANNON MC, Hill GM. 2019. Trace mineral supplementation for the intestinal health of young monogastric animals. *Frontiers in Veterinary Science*. 6:73. ISSN: 2297-1769.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00073>

SO S, Cherdthong A, Wanapat M. 2020. Improving sugarcane bagasse quality as ruminant feed with *Lactobacillus*, cellulase, and molasses. *Journal of Animal Science and Technology*. 62(5): 648-658. ISSN: 2055-0391. <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.5.648>

SVANBERG U, Lorri W, Sandbeag AS. 1993. Lactic fermentation of non-tannin and high-tannin cereals: Effects on *in vitro* estimation of iron availability and phytate hydrolysis. *Journal of Food Science*. 58(2): 408-412. ISSN:1750-3841.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb04286.x>



TENDONKENG F, Fogang Zogang B, Lemoufouet J, Miegoue E, Chounna A, PamoTedonkeng E. 2018. Effect of molasses level on intake and *in vivo* digestibility of rice straw treated with urea in West African Dwarf goat (*Capra hircus*). *Journal of Animal Husbandry and Dairy Science*. 2(2): 34-40. <https://www.sryahwapublications.com/journal-of-animal-husbandry-and-dairy-science/pdf/v2-i2/5.pdf>

TRUJILLO GD, Bórquez GJ, Pinos-Rodríguez JM, Domínguez-Vara IA, Rojo RR. 2014. Nutritive value of ensiled pig excreta, poultry litter or urea with molasses or bakery by-products in diets for lambs. *South African Journal of Animal Science*. 44(2): 114-122. ISSN: 2221-4062. <https://doi.org/10.4314/sajas.v44i2.3>

VAN SOEST PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10): 3583-3597. ISSN: 1525-3198. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

VOS P, Garrity G, Jones D, Krieg NR, Ludwig W, Rainey FA, Schleifer K, Whitman WB. 2011. *Bergey's manual of systematic bacteriology: Volume 3: The Firmicutes*. New York. USA: Springer Science & Business Media. Pp. 1450. ISBN: 978-0-387-68489-5. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-68489-5>

WOOD BJ. 1998. *Microbiology of fermented foods*. London. UK: Springer Science & Business Media. Pp. 852. ISBN: 978-1-4613-0309-1. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0309-1>

ZHOU Xin, Yansen Li, Zhaojian Li, Yun Cao, Fei Wang, ChunMei Li. 2017. Effect of dietary zinc on morphological characteristics and apoptosis related gene expression in the small intestine of Bama miniature pigs. *Acta Histochemica*. 119(3): 235-243. ISSN: 0065-1281. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2017.01.006>

ZINN RA, Barajas R, Montano M, Shen Y. 1996. Protein and energy value of dehydrated poultry excreta in diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 74(10): 2331-2335. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/1996.74102331X>

Errata Erratum

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>