

Estabelecimento de *Urochloa brizantha* cv. Marandu sob níveis de efluente de silagem e fertilizante mineral

Establishment of *Urochloa brizantha* cv. Marandu under rates of silage effluent and mineral fertilizer

Establecimiento de *Urochloa brizantha* cv. Marandú bajo los niveles de efluentes de ensilaje y fertilizantes minerales

DOI: 10.34188/bjaerv8n1-121

Submetido: 02/12/2024

Aprovado: 15/01/2025

Luis Aurelio Sanches

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira, SP. Brasil
E-mail: luis.sanches@unesp.br

Tamires Oliveira de Lima Moreli

Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil
Cimoagro - Comércio e Representação Agropecuária LTDA.
Birigui, SP. Brasil
E-mail: lima96agro@gmail.com

Sabrina Novaes dos Santos-Araujo

Doutora em Ciências, na área Solos e Nutrição de Plantas, pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. Brasil
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira, SP. Brasil
E-mail: sabrinanovaeshandmade@yahoo.com

William Cesar Nishimoto Ito

Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, SP. Brasil
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira, SP. Brasil
E-mail: william.nishimoto@unesp.br

Marconi Batista Teixeira

Doutor em Agronomia pela Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, Brasil
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde
Rio Verde, GO. Brasil
E-mail: marconi.teixeira@ifgoiano.edu.br

Edson Cabral da Silva

Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura,
Piracicaba, São Paulo, Brasil
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira, SP. Brasil
E-mail: edsoncabralsilva@gmail.com

Fernando Shintate Galindo

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de
Ilha Solteira, São Paulo, Brasil
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Dracena
Dracena, SP. Brasil
E-mail: fernando.galindo@unesp.br

Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de
Ilha Solteira, São Paulo, Brasil
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira, SP. Brasil
E-mail: mcm.teixeira-filho@unesp.br

Leandro Coelho de Araujo

Doutor em Ciência Animal e Pastagens pela Universidade de São Paulo, Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" |, Piracicaba, São Paulo, Brasil
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira, SP. Brasil
E-mail: leandro.araujo@unesp.br

RESUMO

O processo de ensilagem A produção de efluente na ensilagem de capins tropicais é elevada, devido à alta umidade, o que se torna um potencial poluente ambiental, uma vez que o seu acúmulo ocorre de forma concentrada no solo e mananciais. Considerando-se a importância da conservação ambiental, bem como os elevados custos dos fertilizantes minerais, objetivou-se verificar o potencial do efluente de silagem de *Megathyrsus maximum* cv. Mombaça como fonte de nutrientes no estabelecimento de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O estudo foi realizado sob casa de vegetação em vasos de 10 dm³ de solo, coletado de um NEOSSOLO QUARTIZARÊNICO Órtico. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos corresponderam às doses de 0, 2, 4, 6, 8, 10 ml de efluente de silagem por dm⁻³ de solo, mais um tratamento com fertilizantes minerais nas quantidades de 100, 60 e 50 mg dm⁻³ de NPK rebrotação⁻¹. Avaliou-se ao longo de três ciclos consecutivos de rebrotações a produtividade de matéria seca, número de perfilhos, altura de planta, composição química e bromatológica do capim. A adubação com efluente apresentou efeitos positivos na produtividade de matéria seca, na altura de planta e no perfilhamento do capim Marandu. Os teores de fibras sofreram interferência da aplicação de efluente silagem e o teor de proteína bruta aumentou linearmente com o incremento das doses desse resíduo, resultando em um aumento de 25%. Destaca-se que apesar de ter proporcionando respostas inferiores, para alguns atributos do capim Marandu, comparado à adubação mineral, o efluente de silagem demonstrou potencial para ser utilizado como fertilizante orgânico, podendo ser uma alternativa para substituição parcial da adubação mineral para pastagem e uma forma de destinação mais adequada deste resíduo.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, adubação orgânica, reciclagem de nutrientes, uso de resíduos, fertirrigação.

ABSTRACT

The production of effluents in tropical grass silage is elevated due to high humidity, becoming a potential environment pollutant once its accumulation occurs concentratedly in soil and wellsprings. Considering the significance of the environment conservation as well as the costs of mineral fertilizers, the objective was to verify the silage effluent *Megathyrsus maximus* cv Mombaça (Guinea grass) as an organic fertilizer in the establishment of *Urochloa brizantha* cv Marandu (Palisade grass). The work was realized in greenhouse with 10 dm³ pots containing soil derived from NEOSSOLO QUARTIZARÊNICO Órtico (Entisols). Completely randomized design with four repetitions. The treatment corresponded to silage effluent doses at 0, 2, 4, 6, 8, 10 ml dm⁻³ of soil, and a NPK mineral fertilizer treatment at rates 100, 60 e 50 mg dm⁻³ regrowth⁻¹, evaluating over three consecutive cycles of regrowth the dry mass productivity, number of tillers, plant height, chemical and bromatological composition. Effluent fertilization had effects on dry mass productivity, plant height and tillering. The fiber was affected by the effluent levels and the crude protein increased by 25%. It is noteworthy that despite providing inferior responses for some attributes of Marandu grass, compared to mineral fertilization, the silage effluent demonstrated a potential to be used as organic fertilizer, being an alternative for partial replacement of the mineral fertilizer and a more appropriate way of disposing of this residues.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, organic fertilization, nutrient recycling, residues use, fertigation.

RESUMEN

La producción de efluentes en el ensilado de pasto tropical es alta, debido a la alta humedad, lo que se convierte en un potencial contaminante ambiental, ya que su acumulación ocurre de manera concentrada en el suelo y manantiales. Considerando la importancia de la conservación del medio ambiente, así como los altos costos de los fertilizantes minerales, el objetivo de este estudio fue verificar el potencial del efluente de ensilaje de *Megathyrsus maximum* cv. Mombasa como fuente de nutrientes en el establecimiento de *Urochloa brizantha* cv. Marandú. El estudio se realizó bajo invernadero en macetas de 10 dm³ de tierra, colectadas de un NEOSOL QUARTIZARÊNICO Ortocármico. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos correspondieron a las dosis de 0, 2, 4, 6, 8, 10 ml de efluente de ensilaje por dm⁻³ de suelo, más un tratamiento con fertilizantes minerales en las cantidades de 100, 60 y 50 mg dm⁻³ de NPK recrecimiento⁻¹. Durante tres ciclos consecutivos de rebrote, se evaluó el rendimiento de materia seca, el número de macollos, la altura de la planta, la composición química y bromatológica del pasto. La fertilización con efluente mostró efectos positivos sobre el rendimiento de materia seca, la altura de las plantas y el ahijamiento del pasto Marandú. Los contenidos de fibra se vieron interferidos por la aplicación de efluente de ensilaje y el contenido de proteína bruta aumentó linealmente con el aumento de las dosis de este residuo, resultando en un aumento del 25%. Es de destacar que a pesar de proporcionar respuestas inferiores para algunos atributos del pasto Marandu, en comparación con la fertilización mineral, el efluente de ensilaje demostró potencial para ser utilizado como fertilizante orgánico, y puede ser una alternativa para el reemplazo parcial de la fertilización mineral y una forma más apropiada de eliminación de estos residuos.

Palabras clave: *Brachiaria brizantha*, fertilización orgánica, reciclaje de nutrientes, aprovechamiento de residuos, fertirrigación.

1 INTRODUÇÃO

As pastagens representam o principal alimento para os ruminantes, as quais em sua maioria são formadas por gramíneas. As áreas pastoris representam três bilhões de hectares no mundo, o que representa praticamente 20% da superfície terrestre. As gramíneas tropicais forrageiras são as plantas mais utilizadas atualmente, por sua praticidade e baixo custo (Duarte *et al.*, 2020). O Brasil

é um país com grande aptidão agropecuária e extensa área agricultável, da qual 71% é ocupada por pastagens (159,5 milhões de hectares), que mantém aproximadamente 256 milhões de bovinos, ovinos e caprinos (IBGE, 2022).

Contudo, apesar de as pastagens constituírem o alicerce da pecuária no Brasil. No entanto, verifica-se que elas não suportam altos níveis produtivos durante todo o ano, em virtude das interações que ocorrem entre os fatores de ambiente e de manejo, podendo apresentar grande variação no seu valor nutritivo (Cruz *et al.*, 2022). Estudo recentes indicam a existência de aproximadamente 28 milhões de hectares de pastagens plantadas no Brasil com níveis intermediários e severos de degradação (Dias-Filho, 2022; Bolfe *et al.*, 2024). Predominantemente, no Brasil, a principal causa da degradação de pastagens e de solo advém da falta de manejo adequado (Barbero *et al.*, 2021; Alcântara *et al.*, 2022; Cruz *et al.*, 2022). Dentre as espécies do gênero, o capim Marandu (*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *brizantha* cv. Marandu) é usualmente a mais escolhida para compor os sistemas de produção a pasto, por apresentar alta produção de matéria seca e valor nutritivo satisfatório mesmo em solos de baixa fertilidade, respondendo positivamente à adubação mineral, sobretudo a nitrogenada (Moura *et al.*, 2017; Figueiredo *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2021; Pietramale *et al.*, 2022).

Normalmente, devido às oscilações climáticas ao longo do ano, ocorre sazonalidade no crescimento dos capins, sendo a maior produção concentrada nas estações quentes e chuvosas, o que historicamente resulta em 84% da produção anual de massa das plantas forrageiras cultivadas sem irrigação (Gebrehanna *et al.*, 2014; Barcelos *et al.*, 2018; Sbrissia *et al.*, 2020; Candiottto *et al.*, 2020; Veras *et al.*, 2020; Bolfe *et al.*, 2024). Assim, se faz necessária a suplementação alimentar dos rebanhos de ruminantes no outono/inverno e a silagem de capins tem sido uma alternativa viável por meio da conservação da produtividade obtida na primavera/verão, cujos capins do gênero *Urochloa* e *Megathyrsus* têm sido os mais indicados para ensilagem (Neres & Ames, 2015; Gonçalves *et al.*, 2023; Moreli *et al.*, 2025).

No entanto, há limitação na ensilagem de capins tropicais devido seu baixo teor de massa seca (MS), que pode variar de 15 a 25% de acordo com a altura do dossel como observado para o *M. maximum* cv. Mombaça (Tomaz *et al.*, 2018). O teor de MS também está correlacionado negativamente com a produção de efluente, uma vez que silagens produzidas com capins com baixo teor de MS tendem a uma maior produção de efluente (Bernardes *et al.*, 2013; Samuel & Dines, 2023). Hagt (1994) destacou o elevado teor de umidade como um dos principais fatores que contribuíram para a produção de efluente por silagens de gramíneas na Inglaterra e nos Países de Gales. O autor observou uma grande variação na produção de efluente de acordo com os teores de MS, de 11 a 190 L t⁻¹ de silagem para capins de 26 e 14,5% de MS, respectivamente. O autor

destacou o potencial de poluição ambiental que o efluente apresenta e a necessidade em tratá-lo caso o mesmo seja descartado em cursos de água. Assim, é importante salientar que à medida que o teor MS do material aumenta a produção de efluentes diminui (Macêdo & Santos, 2019; Silva *et al.*, 2024), indicando a importância do teor de MS adequado da forrageira no momento da ensilagem para se evitar perdas de nutrientes e diminuição do valor nutricional do material ensilado.

Várias espécies podem ser as matérias primas para silagem, como o milho, o sorgo, a cana de açúcar e capins (Candiotto *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2024; Moreli *et al.*, 2025). Os capins tropicais normalmente apresentam alto teor de umidade, que durante o processo de ensilagem proporciona elevado volume de efluente, porém a umidade dos capins pode ser reduzida com o uso de aditivos absorventes, cuja polpa cítrica peletizada tem sido uma opção viável devido ao seu alto poder absorvente (Bernardes *et al.*, 2013; Samuel & Dines, 2023; Silva *et al.*, 2024). No entanto, a oferta de polpa cítrica está limitada aos centros produtores de sucos de citros, que estão situados no Cinturão Cítrico do Brasil, representado pelo Estado de São Paulo e o Triângulo Mineiro que são os maiores produtores de suco de laranja do mundo (CITRUSB, 2016). Assim, em grande parte dos demais estados brasileiros onde existem grandes áreas cultivadas com pastagens e efetivo bovino significativo, como o Centro-Oeste, Norte e Nordeste, as produções de silagens de capins ocorrerão, na maioria dos casos, sem a adição de polpa cítrica peletizada, devido à dificuldade de acesso a essa matéria-prima.

Estudos recentes de Santos *et al.* (2024) evidenciaram que a inclusão de 10% de farelo de arroz proporciona melhorias na composição bromatológica da silagem de capim Marandu, além de promover a diminuição das perdas por gases e efluentes.

Efluentes é fonte de perdas, com maior ocorrência em silagens que apresentaram alto teor de umidade (Macêdo & Santos, 2019; Moreli *et al.*, 2025). Em situações em que não é possível atingir o teor de MS requerido (<30% MS) com a planta no campo, é necessário elevá-lo através do emurchecimento ou adição de ingredientes secos, para minimizar, ou até eliminar a lixiviação de compostos solúveis da forragem (França *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2024). O efluente de silagem possui uma grande capacidade poluente, com uma demanda bioquímica de oxigênio (DBO) até 180 vezes superior à do esgoto doméstico (Woolford, 1978), podendo alcançar valores médios de 60.000 a 90.000 mg O₂ L⁻¹, enquanto o esgoto doméstico apresenta valores médios de DBO de 500 mg O₂ L⁻¹. (Woolford, 1978; National Rivers Authority, 1992).

A elevada DBO do efluente de silagem é em função da alta concentração de nutrientes, que pode, assim, ser uma alternativa como fertilizante orgânico (Moreli *et al.*, 2025). Respostas positivas à aplicação de efluente de silagem de Azevém [*Lolium perenne* (L.)] foram observadas por Binnie & Frost (1995) em plantas de Azevém, quando se aplicou doses de até 50 m³ ha⁻¹ de efluente até

um dia após a desfolha. O efluente de silagem também foi relatado por Purves & McDonald (1963) como uma alternativa de fertilizante orgânico, principalmente como fonte de K.

Uso de resíduos com características como a do efluente de silagem é comum no Brasil, a vinhaça de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) resultante da produção de etanol com elevada DBO e concentração de elementos minerais, principalmente o K, é utilizada em larga escala como fertilizante orgânico para a reposição de nutrientes em canaviais, com aplicações que chegam a doses de até 200 m³ ha⁻¹ (Cabral Filho *et al.*, 2022). Desta forma, o uso de efluentes de silagem pode ser uma alternativa ao fertilizante mineral, visto que a produção de silagem tem aumento constantemente nas propriedades comerciais (Faulkner *et al.*, 2011; Gebrehanna *et al.*, 2014; Daniel *et al.*, 2019).

Portanto, ao se adotar o efluente de silagem como fertilizante orgânico para pastagens pode evitar a contaminação de solos e cursos d'água por ocasião do acúmulo excessivo do efluente lixiviado dos silos, fazendo-se necessário a condução de estudos que avaliem a resposta de plantas forrageiras à aplicação de efluente de silagem, o que pode ser uma alternativa interessante de reciclagem de nutrientes para pastagem (Pereira *et al.*, 2022; Moreli *et al.*, 2025). Estudos evidenciaram que o efluente de silagem proporcionou aumento na produtividade de matéria seca do capim Decumbens até a dose de 30 ml dm⁻³, independentemente da adubação nitrogenada, sem interferir nas características bromatológicas do capim para a nutrição animal (Moreli *et al.*, 2025).

Desta forma, a hipótese é que o efluente de silagem de capim Mombaça proporciona efeitos positivos na produção de MS e no valor nutritivo do capim Marandu, durante a fase de estabelecimento. Objetivou-se com este estudo verificar o potencial do efluente de silagem de *Megathyrsus maximum* cv. Mombaça (capim Mombaça) como fonte de nutrientes no estabelecimento do *Urochloa brizantha* cv. Marandu (capim Marandu).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no período de 21 de fevereiro a 13 de julho de 2018, sob casa de vegetação, na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Brasil, cujas coordenadas geográficas são latitude 20° 25' 5,3"S, longitude 51° 20' 30,6"W e 347 m de altitude. Segundo a classificação internacional de Köppen-Geiger (1928) e Alvares *et al.* (2013), o clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média anual é de 24,5 °C, precipitação pluvial média anual de 1.370 mm e umidade relativa média de 64,8%.

O solo utilizado foi coletado da camada de 0 a 0,20 m de profundidade, de maneira uniforme, de um NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico (Santos *et al.*, 2018). Os resultados das análises do

solo, analisadas de acordo com Raij *et al.* (2001) correspondeu a: Fósforo: 2 mg dm^{-3} , Potássio: $1,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Magnésio: $2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Cálcio: $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Hidrogênio + Alumínio: $18 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Alumínio: $2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Matéria Orgânica: 13 g dm^{-3} , pH (CaCl_2): 4,5; Soma de Bases: $7,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Enxofre: 5 mg dm^{-3} , Boro: $0,08 \text{ mg dm}^{-3}$, Cobre: $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$, Ferro: 31 mg dm^{-3} , Manganês: $7,9 \text{ mg dm}^{-3}$ e Zinco: 1 mg dm^{-3} , CTC: $25,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, V: 29 %. O V foi elevado para 60% através de calagem (calcário PRNT 80%) e incubação por 131 dias.

O efluente utilizado foi de silagem de capim Mombaça obtido de silos experimentais (12 L) e extraídos após 192 dias do fechamento com o auxílio de uma presença hidráulica manual, sob força suficiente para iniciar a drenagem. O efluente foi extraído nos respectivos dias de adubação, sendo para cada extração coletada uma amostra simples que foi armazenada em frascos de vidro de cor âmbar e armazenados a -20°C . Em seguida a amostra composta foi então destinada para análise química (U.S. EPA, 2014) e os resultados corresponderam a 2500 mg L^{-1} de Nitrogênio; 889 mg L^{-1} de Fósforo; 5161 mg L^{-1} de Potássio; 333 mg L^{-1} de Cálcio; 1500 mg L^{-1} de Magnésio; 284 mg L^{-1} de Enxofre; 256 mg L^{-1} de Ferro; $18,7 \text{ mg L}^{-1}$ de Manganês; e $10,9 \text{ mg L}^{-1}$ de Chumbo. Os elementos Cobre, Alumínio, Arsênio, Cádmio, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Selênio e Zinco encontraram-se em concentrações inferiores ao limite de detecção do equipamento ICP-AES.

O estabelecimento da forrageira capim Marandu foi realizado em 21 de fevereiro de 2018, em vasos de plástico contendo 10 dm^3 de solo, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos corresponderam a seis doses de efluente de silagem de 0, 2, 4, 6, 8 e 10 ml dm^{-3} em cada ciclo, logo após os respectivos cortes, mais um tratamento adicional de adubação mineral contendo, respectivamente, 100, 60 e 50 mg dm^{-3} de N, P e K (Heinrichs *et al.*, 2016), respectivamente em cada ciclo, via ureia, superfosfato simples (SFS) e cloreto de potássio (KCl), respectivamente, cujos tratamentos foram aplicados logo após o corte de uniformização.

A semeadura foi realizada em 21/02/2018, distribuindo-se três sementes em cada uma das cinco covas vaso⁻¹ (15 sementes vaso⁻¹). Foi realizada uma adubação de $12,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de N, P_2O_5 e K_2O via ureia, SFS e KCl, respectivamente, para assegurar um adequado desenvolvimento inicial das plantas até o corte de uniformização e implantação dos tratamentos. O corte de uniformização ocorreu 51 dias após a semeadura, enquanto os demais cortes ocorreram consecutivamente em intervalos de 28, 35 e 28 dias após as respectivas rebrotagens. Optou-se por deixar o segundo período de rebrotação maior devido à baixa temperatura do ar, que resultou em redução no crescimento do capim (Tabela 1), afim de obter-se produção suficiente para análises. Contudo, mesmo as baixas temperaturas permanecendo no terceiro período, optou-se por manter o planejamento inicial de 28 dias.

Tabela 1. Temperaturas médias do ar para os respectivos períodos de rebrotação do capim Marandu, Ilha Solteira, SP, Brasil.

Temperatura do ar, °C	Períodos de Rebrotação		
	Primeiro	Segundo	Terceiro
Mínima	19,8	16,8	15,8
Máxima	32,9	29,5	21,1
Média	25,9	22,4	22,9

Primeiro= 13/04/2018 a 11/05/2018, Segundo= 11/05/2018 a 15/06/2018 e Terceiro= 16/06/2018 a 13/07/2018.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A irrigação do solo foi realizada diariamente com intuito de manter a umidade próxima de 75% da capacidade de campo; para isso, foram pesados, diariamente, um vaso de cada tratamento, para estimar a quantidade de água que deveria ser repostada e, semanalmente, foram pesados todos os vasos para corrigir possíveis déficits (Araujo *et al.*, 2011).

Para avaliar a produtividade de massa seca da parte aérea (PMS) de cada período de rebrotação, foram realizados cortes do capim a 0,10 m acima da superfície do solo. Antes de cada corte, foram realizadas as medidas das alturas das plantas e contagens de perfilhos vivos. Foram estimadas as PMS vaso⁻¹, proteína bruta (PB; Association of Official Analytical Chemistry [AOAC], 2023), fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) pelo método sequencial (Robertson & Van Soest, 1981) e o acúmulo dos macronutrientes P, K, Ca e Mg (Malavolta *et al.*, 1997).

As análises estatísticas foram realizadas por meio da ANOVA em duas etapas, considerando-se como significativa a probabilidade de $p \leq 0,05$. A primeira etapa constituiu-se em aplicar a análise para as doses de efluente (doses) e, em caso de significância, aplicou-se o teste de regressão. Na segunda etapa da análise foi aplicado o teste de Dunnett (1955), a fim de comparar as médias das doses de efluente com a da adubação mineral (tratamento). Quando houve efeito de cortes, o teste de Tukey foi aplicado para a comparação das médias. Adotou-se como valor de dispersão dos dados o erro padrão.

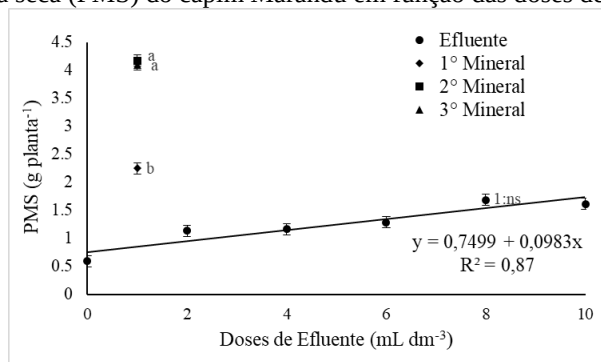
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS E PRODUÇÃO DE FORRAGEM

A análise de variância mostrou efeito significativo ($p \leq 0,05$) das doses de efluente de silagem nas variáveis altura das plantas e número de perfilhos do capim Marandu, assim como nos atributos tecnológicos teor de proteína bruta (PB), fibra detergente ácido (FDA) e fibra detergente neutro (FDN) e nos teores de P, K, Ca e Mg na forragem. No entanto, não houve interações com os períodos de rebrotações ($p > 0,05$), independentemente da época do corte, 28, 35 ou 28 dias após cada corte das rebrotações. Para a produtividade de massa seca da parte aérea (PMS), as doses de efluente proporcionaram um incremento linear ($p \leq 0,05$), não diferenciando entre os cortes. A adubação

mineral apresentou diferença ao longo dos cortes para a PMS, cuja menor produção foi observada para o primeiro corte, onde não se diferenciou da dose 8 ml dm⁻³ de efluente (Figura 1). A PMS com uso da adubação mineral no segundo e no terceiro corte foram iguais ($p \leq 0,05$), sendo superior a qualquer dose de efluente aplicada.

Figura 1. Produção de massa seca (PMS) do capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Observou-se um incremento de 185% da dose de 10 ml dm⁻³ de efluente comparada à dose 0, o que evidencia o potencial de fornecimento de nutrientes deste resíduo, apesar de esse aumento ter sido equivalente a apenas 45% da PMS observada com uso da adubação mineral. Isto indica que o uso exclusivo de efluente de silagem não é capaz de proporcionar as máximas PMS do capim Marandu, mas que pode ser uma alternativa de suplementação e de reciclar nutrientes. Provavelmente, o ocorrido foi decorrente da baixa concentração de N no efluente, cujo nutriente é fundamental para o crescimento das plantas, por ser constituinte da clorofila, enzimas e ácidos nucleicos, com influência no processo de divisão e expansão celular (Taiz *et al.*, 2017), com isso, tem forte influência no perfilhamento e acúmulo de matéria seca (Leiser *et al.*, 2024). Além disso, pelo fato de o N total contido no efluente não se encontrar prontamente disponível para as plantas, já que sua presença se faz na forma de proteínas e compostos estruturais de mineralização lenta, portanto, podendo ocorrer um assincronismo com a demanda das plantas (Monteiro *et al.*, 2002; Faulkner *et al.*, 2011; França *et al.*, 2015).

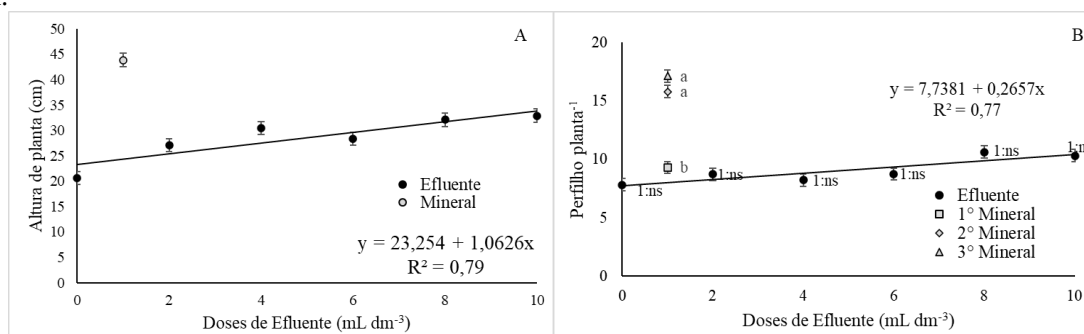
O efeito da adubação com efluente de silagem sob o crescimento de aveia em condição de campo foi avaliado por Binnie & Frost (1995), que relataram incremento na PMS até a dose de 25 m³ ha⁻¹, o que corresponde a 12,5 ml dm⁻³ nas condições deste experimento. Esse resultado associado ao incremento linear obtido neste experimento com a máxima dose de 10 ml dm⁻³ corte⁻¹, indica respostas do capim Marandu a doses superiores às avaliadas neste estudo.

Vale destacar que são escassas as informações a respeito das perdas de nutrientes que, eventualmente, ocorrem ao longo do período de ensilagem, na forma de efluente. Estudo com capim Elefante demonstrar que à medida que a densidade foi acrescida, foi observado aumento das perdas

de nutrientes (carboidratos, PB e minerais) através do efluente (Loures *et al.*, 2003; Gebrehanna *et al.*, 2014). Ao mesmo tempo, são raros também estudos que demonstram o potencial fertilizante do efluente de silagem (Faulkner *et al.*, 2011).

A altura de planta apresentou aumento linear com o aumento das doses de efluente ($p \leq 0,05$), não havendo diferença das doses ao longo dos cortes e nem da adubação mineral ($p > 0,05$) (Figura 2A). Foi observado efeito de cortes para altura de planta, sendo que o primeiro (34,4 cm) e o terceiro corte (28,9 cm) diferiram entre si ($p \leq 0,05$), que por sua vez não diferiram ($p > 0,05$) do segundo corte (30,2 cm), o que pode ser explicado por uma redução da temperatura média do ar que ocorreu durante o segundo e terceiro ciclo de rebrotação, alcançando temperatura inferior à temperatura basal do capim Marandu, que é de 17,2 °C segundo Cruz *et al.* (2011).

Figura 2. Altura das plantas (A) e perfilhamento (B) de capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O perfilhamento apresentou um incremento linear com o aumento das doses de efluente ($p \leq 0,05$), não tendo influência dos cortes em relação às doses; já o tratamento mineral sofreu influência dos cortes ($p \leq 0,05$), onde o primeiro corte apresentou menor perfilhamento e não diferiu das doses de efluente (Figura 2B). Isso se justifica em função de o perfilhamento inicial ser menor, uma vez que com os sucessivos cortes ocorrem estímulos, que associados à disponibilidade de água, luz e nutrientes, sobretudo de N, que resultam em um maior perfilhamento das plantas (Difante *et al.*, 2008; Faulkner *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2021; Leiser *et al.*, 2024; Moreli *et al.*, 2025).

Uma boa nutrição da planta é fundamental para o bom perfilhamento, cujo N é o principal nutriente por compor a molécula de clorofila e, consequentemente aumentar da taxa fotossintética, e por fazer parte de proteínas e ácidos nucleicos, participando da síntese de compostos orgânicos estruturais (Malavolta *et al.*, 1997; Silva *et al.*, 2013; Taiz *et al.*, 2017). Apesar de o N ter sido o segundo nutriente em maior concentração no efluente de silagem, a sua concentração é considerada baixa para o suprimento total de N às plantas, em razão de encontrar-se principalmente na forma de proteínas, ácidos nucleicos e compostos estruturais, consequentemente de baixa disponibilidade inicial, enquanto o N da adubação mineral se sobressaiu em relação às doses de efluente, por conter

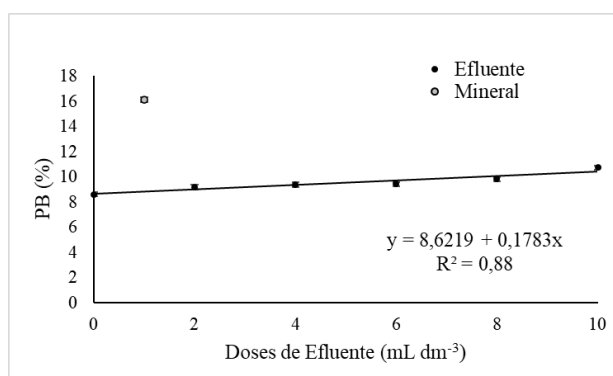
uma quantidade maior de N na forma prontamente disponível à absorção pelas plantas (Malavolta *et al.*, 1997; França *et al.*, 2015; Gomide *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2022; Moreli *et al.*, 2025).

A altura e o perfilhamento influenciam diretamente na PMS do capim Marandu, visto que quanto maior a altura e o perfilhamento, maior será a PMS, por isso, foram observados efeitos similares para as três variáveis. Portanto, dentre os nutrientes, o N é de suma importância, pois viabiliza maiores incrementos no aumento da produtividade e ganho por área (Macêdo & Santos, 2019; Gomide *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2022).

3.2 ATRIBUTOS BROMATOLÓGICOS E VALOR NUTRITIVO DA FORRAGEM

O teor de PB foi influenciado significativamente pelas doses de efluente, que certamente influenciou diretamente pela disponibilidade de N no solo, proporcionando um incremento linear ($p \leq 0,05$) sem diferença entre os cortes ($p > 0,05$). Porém, o incremento observado foi de apenas 1,8%, sendo pouco expressivo do ponto de vista da nutrição animal. A média do teor de PB com uso da adubação mineral foi superior à média obtida de todas as doses de efluente, conforme apresentado na Figura 3, cuja média de teores de PB foi de 10,4% com o uso da maior dose de efluente, enquanto com a adubação mineral foi de 16,1%. Esse comportamento sugere que a adubação com efluente não foi suficiente para suprir toda a necessidade de N para que a planta possa acumular o máximo de PB. Considerando-se o teor de 10,4 % de PB, tem-se então 1,66% de N, ou 16,64 g kg⁻¹, o que segundo Prado (2008) está dentro da faixa de teor adequada de N para a nutrição da planta. Contudo, isto indica que o potencial da planta em acumular PB pode ser mais explorado, na busca de forragem com maior valor nutritivo.

Figura 3. Teor de proteína bruta (PB) da parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral.

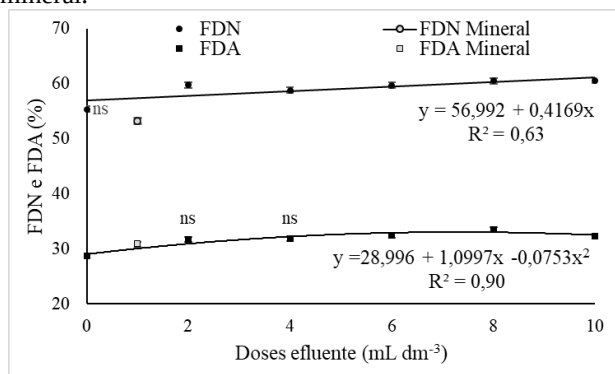


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Quanto às fibras, tanto FDN quanto FDA apresentaram incrementos com o aumento das doses de efluente e permaneceram próximo aos teores do tratamento com adubação mineral ($p \leq 0,05$), sendo obtido um ajuste linear quanto às doses de efluente para a variável FDN, e um ajuste

quadrático para FDA. O tratamento mineral apresentou diferença com os tratamentos adubados com efluente em doses diferentes de zero para FDN, enquanto que para o FDA as diferenças observadas foram para as doses 0, 6, 8 e 10 ml dm⁻³ (Figura 4).

Figura 4. Teores de fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) da parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Altos teores de FDN e FDA são características intrínsecas dos capins tropicais, cuja adubação, idade do capim assim como condições de manejo interferem no teor de FDN do capim. Lopes *et al.* (2017) encontraram variações significativas nos valores de FDN de 64 a 67% em função da variação de sombreamento, com e sem adubação. Valor superior a 60% ocasiona efeito negativo sobre o consumo voluntário de ruminantes (Van Soest, 1994). Valores médios de FDN para capim Marandu superior a 70% foi relatado por Valadares Filho *et al.* (2018), considerando a média de diversas idades e situações, onde capins mais velhos tendem a ter um teor maior de fibras, principalmente pela lignificação do colmo e das folhas mais velhas.

Embora a FDN seja mais utilizada na avaliação das fibras de um capim, a FDA tem sua importância no estudo da qualidade das fibras, visto que uma análise isolada não é interessante para estimar a disponibilidade ou consumo potencial dos alimentos (Macedo Júnior *et al.*, 2007). Os valores de FDA apresentado por Valadares Filho *et al.* (2018), para capins com idade de rebrotação de até 30 dias, são em torno de 33%, o que condiz com os resultados encontrados no presente estudo que foram em média de 31,6%.

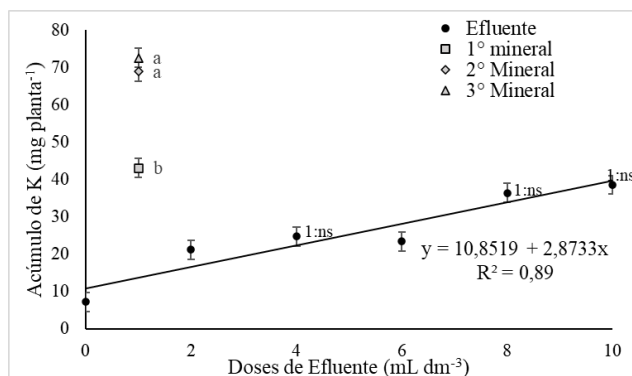
Os valores de FDN e FDA obtidos neste estudo estão dentro do que se considera normal para o cultivar Marandu, embora tenha apresentado diferenças de acordo com as doses de efluente e adubação mineral, devido a efeitos na produção. No entanto, essas variações não causam efeito negativo em relação ao consumo animal. Estudos realizados por Moreli *et al.* (2025), demonstraram que o efluente de silagem promoveu aumento na produtividade de matéria seca de *Urochloa decumbens*, independentemente da aplicação do adubo nitrogenado até a dose de 30 ml dm⁻³, o que sugere que o resíduo pode ser utilizado em aplicações nas pastagens como forma de substituição

parcial da adubação mineral. A adubação nitrogenada proporcionou incremento na produtividade de matéria seca até a dose de 188 mg dm^{-3} .

O K foi o nutriente em maior concentração no efluente de silagem, sendo encontrado valor de 5161 mg L^{-1} , equivalente a 0,5% de K no efluente, concentração essa muito menor que um fertilizante mineral. Porém, em doses elevadas representa uma grande quantidade de K; na maior dose, por exemplo, foi fornecido uma quantidade equivalente a 103 kg ha^{-1} de K em cada aplicação se for considerado a camada de solo de 0 a 0,20 m de profundidade, quantidade essa equivalente à fornecida pela maior dose de efluente, igual a 10 ml dm^{-3} por vaso (Figura 5).

Ao contrário do N, que está presente no efluente como aminoácidos, clorofila, peptídeos, nucleotídeos, o K em razão de não fazer parte de nenhum composto celular, é encontrado na forma K^+ , ou seja, na forma que é absorvido pela planta (Taiz *et al.*, 2017) e a quantidade total de K no efluente é prontamente disponível para as plantas, não sendo necessário mineralização. Dentre as diversas funções do potássio na planta, destaca-se seu papel no controle osmótico e manutenção do pH celular próximo da neutralidade, atuando como balanceador de cargas, além ser um importante ativador enzimático, sendo inferior apenas ao Mg nesta função (Taiz *et al.*, 2017).

Figura 5. Acúmulo de potássio (K) na parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O acúmulo de K na MS foi significativo para as doses de efluente ($p \leq 0,05$), sendo observado efeito positivo no acúmulo de K com o aumento das doses (Figura 5), havendo interação entre tratamentos e cortes ($p \leq 0,05$) pelo efeito da diferença do tratamento mineral nos três cortes.

O acúmulo de K na MS apresentou diferença entre os cortes para o tratamento controle, sendo maior para os dois últimos cortes (Figura 5). O acúmulo foi maior para os tratamentos mineral justamente pelo efeito da PMS.

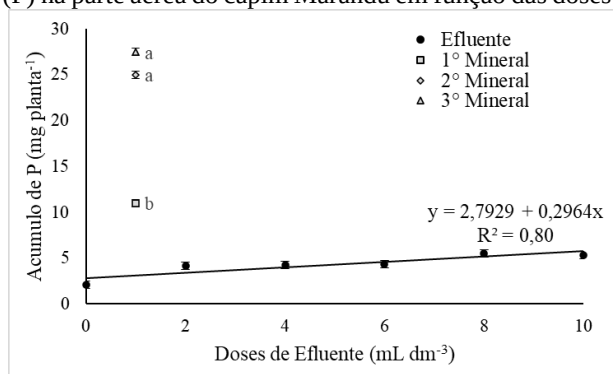
É possível observar na Figura 5 um efeito muito similar ao acúmulo de MS, principalmente para o tratamento mineral, onde a diferença entre os cortes é explicada pela diferença na PMS, enquanto as doses de efluente apresentaram um incremento no acúmulo influenciado pela PMS,

junto com um aumento na disponibilidade de K. No primeiro corte, o tratamento mineral apresentou acúmulo de K igual às médias dos três cortes das doses 4, 8 e 10 mL dm^{-3} , enquanto nos demais cortes foi superior a qualquer dose de efluente aplicada.

Como foi exposto, a maior dose de efluente continha quantidade de K igual ao tratamento mineral, mas mesmo assim o acúmulo deste mineral na planta foi superior para o tratamento mineral, já que a PMS do respectivo tratamento foi maior ($p \leq 0,05$). Embora tenha função muito importante na planta, o K não é o principal responsável pelo crescimento, sendo o N o principal responsável, por atuar no processo de fotossíntese, assim como divisão e expansão celular (Taiz *et al.*, 2017).

O acúmulo de P na MS foi significativo para os tratamentos e para as doses de efluentes ($P \leq 0,05$), sendo significativo a interação entre tratamento e cortes ($p \leq 0,05$) influenciado pela adubação mineral (Figura 6).

Figura 6. Acúmulo de fósforo (P) na parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

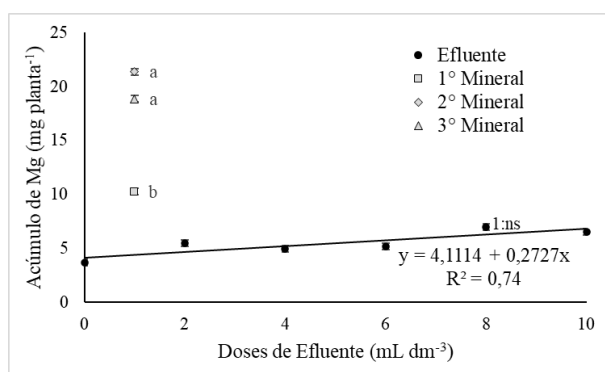
Houve aumento no acúmulo de P com o aumento das doses de efluente, o que mostra que o efluente disponibilizou P para as plantas e favoreceu a absorção desse nutriente do solo (Figura 6). O tratamento mineral apresentou médias maiores que as obtidas das doses de efluente nos três cortes. A diferença encontrada entre o efluente e a adubação mineral pode ser explicada pela quantidade de P aplicada ser inferior no efluente, enquanto com a adubação mineral foi aplicado 60 mg dm^{-3} de P, na maior dose de efluente foi fornecido um teor equivalente a um quarto desta dose, de 15 mg dm^{-3} , uma vez que a concentração de P no efluente não é elevada como a de K.

O acúmulo de Mg na MS apresentou efeito da aplicação de efluentes ($p \leq 0,05$), com diferença entre as doses de efluente e tratamento mineral ($p \leq 0,05$). Também, houve interação entre tratamento mineral e cortes (Figura 7).

O efeito apresentado pelo Mg se mostrou similar ao apresentado pela PMS e pelo K, porém com uma taxa de acúmulo menor, isso porque mesmo o Mg consistindo entre os elementos em maior quantidade no efluente, a quantidade fornecida não é expressiva, cuja principal fonte deste nutriente

a fração que já se encontra no solo aplicada via calagem. Outro fator importante a se considerar é que o Mg compete com o K por sítio de absorção, e uma alta concentração de K apresentada no efluente poderia causar efeito negativo na absorção do Mg (Meurer, 2006). Sendo assim, o efeito apresentado está relacionado diretamente com a PMS.

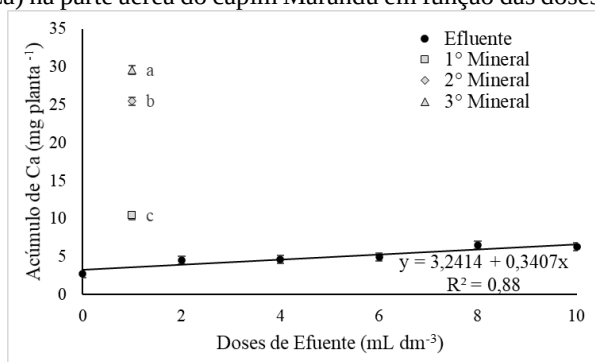
Figura 7. Acúmulo de magnésio (Mg) na parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O acúmulo de Ca na MS apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$), aumentando com as doses de efluente (Figura 8) e não havendo interação entre doses e cortes. Foi encontrado efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos tratamentos e da interação de tratamento e cortes ($p \leq 0,05$) pelo efeito do tratamento mineral.

Figura 8. Acúmulo de cálcio (Ca) na parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O acúmulo de Ca teve efeito similar ao de Mg, justamente por apresentar as mesmas influências apresentada por esse mineral, cujo teor apresentado no efluente é baixo, e o teor apresentado no solo já era considerado médio segundo Raij *et al.* (1996), além de ser fornecido Ca via calagem. Sendo assim, o efeito do acúmulo torna-se função da PMS.

Devido ao desbalanço de nutrientes no efluente, sendo mais concentrado em K do que N por exemplo, pode ser sugerido o enriquecimento do efluente com outros minerais, conforme proposto

por Dalri *et al.* (2014) e Cabral Filho *et al.* (2022) para a vinhaça, utilizando-se fertilizantes minerais, fornecendo, assim, uma maior quantidade adequada e balanceada dos nutrientes que as plantas precisam, que se encontram em quantidades insuficientes à adequada nutrição pelo efluente (Faulkner *et al.*, 2011). Assim, torna-se interessante mais estudos, também em condições de campo, considerando-se as respectivas condições edáficas e climáticas, monitorando-se a dinâmica dos nutrientes e respostas à aplicação do efluente de silagem, uma vez que existem poucas informações sobre o desempenho da remoção de nutrientes dos sistemas que recebem esses resíduos. É importante ressaltar a importância de se realizar a análise química do resíduo, cujo conteúdo pode variar, principalmente, de acordo com a espécie vegetal ensilada e seu respectivo teor de matéria seca (Faulkner *et al.*, 2011; Gebrehanna *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2024; Moreli *et al.*, 2025).

De maneira geral, no presente estudo, o uso de efluente de silagem se mostrou com bom potencial fertilizante, podendo racionalizar o uso de fertilizantes minerais. Assim, o uso de efluentes de silagem configura em uma interessante oportunidade de reciclagem de nutrientes em cultivos de pastagem e uma forma de proceder uma destinação mais correta destes resíduos ao meio ambiente, considerando seu potencial poluidor. Isto é muito importante para o Brasil, em que a maior parte dos fertilizantes são importados e representa expressiva fração nos custos de produção, cujos recursos do produtor são limitados. Portanto, tal prática, desde que aplicada de forma adequada, torna-se importante no contexto de Agricultura sustentável sob aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais.

4 CONCLUSÕES

A adubação orgânica com efluente de silagem se mostrou eficiente para o capim Marandu, proporcionando aumento a produção de massa seca, no acúmulo de proteína bruta e de nutrientes, principalmente K, mantendo o valor nutritivo da forragem. Isto evidencia o potencial de uso desse resíduo que, quando manejados adequadamente, pode proporcionar a reciclagem de nutrientes ao solo e economia com aquisição de fertilizantes minerais em pastagens.

O teor de proteína bruta na matéria seca do capim Marandu foi maior com o uso de fertilizante mineral, mas foi alcançado teores considerados adequados apenas com o uso de efluentes de silagem.

Os teores de fibra detergente ácido e fibra detergente tiveram incrementos com o aumento das doses de efluente e os teores foram próximos aos obtidos com a adubação mineral.

O efluente de silagem mostrou ser uma alternativa viável de uso em pastagem, com potencial de suplementação parcial de nutrientes requeridos pelo capim Marandu; contudo, seria interessante

enriquecer estes resíduos com fertilizantes minerais, afim de elevar os teores de nutrientes como N, Mg, P e Ca.

Portanto, os resultados deste estudo indicam a necessidade de aprofundar pesquisas com o uso desses resíduos, inclusive com uso de efluentes oriundos de silagens de outros forrageiras, sobretudo no Brasil, em que a prática de ensilagem tende a aumentar expressivamente, enquanto a disponibilidade de dados sobre o impacto de efluentes de silagens no ambiente ainda é insignificante. Desse modo, faz-se necessário avaliar a sua composição, possíveis impactos ao ambiente, assim como da dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta. Isto, visando aumento do potencial produtivo associado a tecnologias e práticas de manejo que promovam maior resiliência aos sistemas de produção, e comprometida com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que é crucial para o sucesso da atividade agropecuária moderna.

CONFLITO DE INTERESSES

Declaramos para os devidos fins, não há nenhum tipo de conflitos de interesses.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal e a Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, pela concessão de infraestrutura e custeio do experimento.

REFERÊNCIAS

- Alcantara, W. Q.; Cruz, N. T.; Dias, D. L. S.; Sousa, B; M; L.; Jardim, R. R.; Fries, D. D. et al. Práticas de manejo e os efeitos na composição do dossel forrageiro. *Brazilian Journal of Science*, v.1, n.8, p.78-93, 2022. <https://doi.org/10.14295/bjs.v1i8.136>
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. D. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711–728, 2013. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Araujo, L. C.; Santos, P. M.; Mendonça, F. C.; Mourão, G. B. Establishment of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, under levels of soil water availability in stages of growth of the plants. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v.40, n.7, p.1405-1411, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700002>
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. Official methods of analysis 22. ed Edition (New York, 2023; online edn, AOAC Publications, 4 an. 2023), <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>, accessed 18 Dec. 2024.
- Barbero, R. P.; Ribeiro, A. C. C.; Moura, A. M.; Longhini, V. Z.; Mattos, T. F. A.; Barbero, M. M. D. Potencial de produção de bovinos de corte em pastagens tropicais: revisão de literatura. *Ciência Animal Brasileira*, v.22, p.1-22, 2021. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-69609>
- Barcelos, A. F.; Carvalho, J. R. R.; Tavares, V. B.; Gonçalves, C. C. M. Valor nutritivo e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca de café. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v.19, p.1-12, e-27432, 2018. DOI: 10.1590/1809-6891v19e-27432
- Bernardes, T. F.; Reis, R. A.; Siqueira, G. R.; Domingues, F. N.; Rêgo, A. C. Produção de efluente de silagens de capim-marandu contendo polpa cítrica peletizada. *Revista de Ciências Agrárias: Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Science [Internet]*. Out/Dez v.56, n.4, p.26-30. 2013. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.049>
- Binnie, R. C.; Frost, J. P. Some effects of applying undiluted effluent to grassland. *Grass and Forage Science*, Chichester, v.50, p.272-285, 1995. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1995.tb02323.x>
- Bolfe, É. L.; Victoria, D. D. C.; Sano, E. E.; Bayma, G.; Massruhá, S. M. F. S.; Oliveira, A. F. Potential for Agricultural Expansion in Degraded Pasture Lands in Brazil Based on Geospatial Databases. *Land*, 2024, 13, 200. <https://doi.org/10.3390/land13020200>.
- Cabral Filho, F. R.; Soares, F. A. L.; Alves, D. K. M.; Teixeira, M. B.; Cunha, F. N.; Silva, E. C. et al. Biomass Accumulation and Technical and Economic Efficiency of Potassium Sources Applied via Fertigation to Corn. *Agriculture*, v.12, n.4, p.497-511, 2022. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040497>
- Candiotto, L., Carvalho, A.F.G., Zatta, A.C., Candiotto, F., Beal, G., Verza, L. Produtividade de grãos de milho silagem após azevém manejado com diferentes alturas e estratégias de adubação nitrogenada. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v.3, n.4, p.3653-3658, 2020. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n4-070>
- Cruz, P. G.; Santos, P. M.; Pezzopane, J. R. M.; Oliveira, P. P. A.; Araujo, L. C. Modelos empíricos para estimar o acúmulo de matéria seca de capim-marandu com variáveis agrometeorológicas.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.46, n.7, p.675-681, 2011. <https://www.scielo.br/pdf/pab/v46n7/a01v46n7.pdf>. doi: 10.1590/S0100-204X2011000700001

Dalri, A. B.; Carvalho Neto, O. F.; Mazzonetto, F.; Corbani R. Z. Fertirrigação com vinhaça concentrada no desenvolvimento da alface. Revista Agrogeoambiental, v.6, n.2, p.93-100, 2014. <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v6n22014559>

Daniel, J. L. P.; BERNARDES, T. F.; JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G. Production and utilization of silage in tropical areas with focus on Brazil. Grass and Forage Science, Chichester, v.74, p.188-200, 2019. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gfs.12417>

Difante, G. S.; Nascimento Júnior, D.; Silva, S. C.; Euclides, V. P. B.; Zanine, A. M.; Adese, B. Dinâmica do perfilhamento do capim-marandu cultivado em duas alturas e três intervalo de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v.37, n.2, p. 189-196, 2008. doi: 10.1590/S1516-35982008000200003

Duarte, C. F. D.; Cecato, U.; Hungria, M.; Fernandes, H. J.; Biserra, T. T.; Mamédio, D.; Galbeiro, S.; Nogueira, M. A. Inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em *Urochloa Ruziziensis*. Research, Society and Development, v.9, n.8, e630985978, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5978>

Dunnett, C. W. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with control. Journal of the American Statistical Association, Alexandria, v. 50, n. 272, p. 1096-1121, 1955. <https://doi.org/10.2307/2281208>

Faulkner, J. W.; Zhang, W.; Geohring, L. D.; Steenhuis, T. S. Nutrient transport within three vegetative treatment areas receiving silage bunker runoff, Journal of Environmental Management, v. 92, n.3, p.587-595, 2011, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.09.020>

França, A. M. S.; Ferreira, I. C.; Hermisdorff, Í.; Mendonça, E. P.; Fernandes, E. A.; Rossii, D. A. Dinâmica química, microbiológica e física da silagem de farelo úmido de glúten de milho. Ciência Rural, Santa Maria, v.45, n.4, p.684-689, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140716>

Gebrehanna, M. M.; Gordon, R. J.; Madani, A.; Vanderzaag A. C.; Wood, J. D. Silage effluent management: a review. Journal of Environmental Management. v.143, p.113-122, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.04.012>

Gonçalves, M. S.; Ribeiro, W. R.; Costa, D.; Guerra Filho, P. A.; Tanure, M. M. C.; Amaral, J. F .T. et al. Tropical grasses adaptability as a sustainable tool for recovering degraded pastures and restricting soil loss: Use diagnosis and future scenarios. Environmental Development, v.47, p.100887, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100887>

Hagt, P. M. A review of agronomic factors influencing grass silage effluent production in England and Wales. Journal of Agricultural Engineering Research, London, v.57, p. 73-87, 1994. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021863484710079>.

Heinrichs, R.; Monreal, C. M.; Santos, E. T.; Soares Filho, C. V.; Rebonatti, M.D.; Teixeira, N.M. et al. Phosphorus Sources and Rates Associated with Nitrogen Fertilization in Mombasa Grass Yield. Communications in Soil Science and Plant Analysis. v.47. n.5, p.657–669, 2016. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1141923>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos. Rio de Janeiro: Institute Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. v.8, 105p. Available

from:

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf.

Accessed: Dec. 10, 2024.

Köppen, W.; Geiger, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

Leiser, A. W.; Zanão Júnior L. A.; Pinto, J. S.; Hubner, V.; Machado, D. A.; Zanão, M. P. C. et al. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Caribeña de Ciências Sociales*, Miami, v.13, n.5, p. 01-11. 2024. ISSN 2254-7630. DOI: <https://doi.org/10.55905/rcssv13n5-004>

Lopes, C. M.; Paciullo, D. S. C.; Araújo, S. A. C.; Gomide, C. A. M.; Morenz M. J. F.; Villela, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.69, n.1, p.225-233, 2017. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9201>

Loures, D. R. S.; Garcia, R.; Pereira, O. G.; Cecon, P. R., Souza, A. L. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1851-1858, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000800007>

Macedo Junior, G. L.; Zanine, A. M.; Borges, I.; Pérez, J. R. O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. *Ciência Animal*, Viçosa, MG, v.17, n.1, p.7-17, 2007. <http://www.uece.br/cienciaanimal/dmdocuments/Artigo1.2007.1.pdf>

Macêdo, A. J. da S.; Santos, E. M. Princípios básicos para produção de silagem. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, v.22, n.4, p.147-156, 2019. DOI: 10.25110/arqvet.v22i4.2019.6948

Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

Meurer, E.J., ed. *Fundamentos de química do solo*. 3.ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 285p.

Moreli, T. O. de L.; Sanches, L. A.; Oliveira, A. K. R. de; Fernandes, G. C., Silva, E. C. da, Faria, G. de A., Teixeira Filho, M. C. M., Araujo, L. C. de. Produção e composição de forragem de *Urochloa decumbens* adubada com efluente de silagem e nitrogênio. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v.8, n.1, 2025. e76533. <https://doi.org/10.34188/bjaerv8n1-016>

Moura, A. M.; Tomich, T. R.; Pereira, L. G. R.; Teixeira, A. M.; Paciullo, D. S. C.; Jayme, D. G.; Gonçalves, L. C. Pasture productivity and quality of *Urochloa brizantha* cultivar Marandu evaluated at two grazing intervals and their impact on milk production. *Animal Production Science*, v.57, n.7, p.1384-1391, 2017. <https://doi.org/10.1071/AN16715>

NATIONAL RIVERS AUTHORITY. The influence of agriculture on the quality of national waters in the England and Wales. Croydon: National Rivers Authority, 1992, 155p.

Neres, M. A.; Ames, J. P. Novos aspectos relacionados à produção de feno no Brasil. *Scientia Agraria Paranaensis*, Marechal Cândido Rondon, v.14, n. 1, p.10-17, 2015. <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/11138>.

Pedreira, J. V.; Mattos, H. B. Crescimento estacional de vinte e cinco espécies ou variedades de capins. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, v.38, n.2, p.117-143, 1981. <http://www.iz.sp.gov.br/bia/index.php/bia/article/view/213/203>

Pereira, L. E. T.; Herling, V. R.; Tech, A. R. B. Current Scenario and Perspectives for Nitrogen Fertilization Strategies on Tropical Perennial Grass Pastures: A Review. Agronomy, v.12, n.9, 2079, 2022; DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12092079>

Pereira, L. E. T.; Sousa, L. J.; Bertipaglia, L. M. A.; Herling, V. R.; Tech, A. R. B. Critical concentration and management of nitrogen fertilization in the establishment of *Brachiaria* hybrid Mavun. Revista Ciência Agronômica, v.52, n.4, e20207625, 2021. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20210052>

Pietramale, R. T. R.; Valentim, J. K.; Marques, O. F. C.; Leite, B. K. V.; Petromali, G. F. S. G.; De Castilho, V. A. R.; Heinrichs, R. Produção de capim Marandu em condições deficitárias de nutrientes em diferentes épocas de corte. Research, Society and Development, v.9, n.4, p.e170943058-e170943058, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i4.3058>

Prado, R. M. Manual de nutrição de plantas forrageiras. Jaboticabal: Ed. Funep, 2008.

Purves, D.; McDonald, P. The potential value of silage effluent as a fertilizer. Grass and Forage Science, Chichester, v.18, n.3, p.220-222, 1963. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00352.x>

Raij, B. van.; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. Análise química para Avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 285p.

Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas. 285p. (1996). (Boletim técnico, 100).

Robertson, J. B.; Van Soest, P. J. The detergent system of analysis and application to human foods. In: James, W. P. T.; Theander, O. The analysis of dietary fiber in food. New York: Marcel Dekker, 1990. p.123-158.

Samuel, A.; Dines, L. Conservation of grass and forage crops, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Lockhart and Wiseman' s Crop Husbandry Including Grassland (Tenth Edition), Woodhead Publishing, 2023, p.605-624, ISBN 9780323857024. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85702-4.00018-2>.

Santos, E. F. dos; Miranda, E. S.; Fonseca, A. R. da; Santos, L. R. A. dos; Pereira, T. B.; Marques, E. C. S.; Lucas, M. F.; Cabral, L. da S.; Negrão, F. de M. Perdas e composição química da silagem de capim marandu com inclusão de farelo de arroz. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v.7, n.2, 2024. e69280 . <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-042>

Santos, H. G. dos; Jacomine P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumberreras, J. F.; Coelho, M. R. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp., 2018. 588p.

Santos, M. E. R.; Fonseca, D. M. Adubação de pastagens em sistemas de produção animal. Viçosa: Ed. UFV, 2016. 311p.

Sbrissia, A. F., Schmitt, D., Duchini, P. G.; da Silva, S. C. Unravelling the relationship between a seasonal environment and the dynamics of forage growth in grazed swards. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.206, n.5, p.630-639, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12402>

Silva, D. R. G.; Costa, K. A. P.; Faquin, V.; Oliveira, I. P.; Bernardes, T. F. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim marandu. *Revista Ciência Agrônômica*. Fortaleza, v.44, n.1, p.184-191, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100023>

Silva, V. F. da; Souza, F. J. A. de; Silva, J. R. da; Silva Filho, A. S.; Miranda, E. S.; Oliveira, J. C. A. de; Mesquita, A. A.; Negrão, F. de M. Uso de aditivos nas silagens de capins tropicais: revisão de literatura. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v..7, n.2, 2024. e68716. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-002>

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 888p.

Tomaz, P. K.; Araujo, L. C.; Sanches, L. A.; Santos-Araujo, S. N.; Lima, T. O.; Lino, A. A.; Ferreira, E.M. Effect of sward height on the fermentability coefficient and chemical composition of Guinea grass silage. *Grass and Forage Science*, Chichester, v.73, n.3, p.588-598 2018. <https://doi.org/10.1111/gfs.12349>

Valadares Filho, S. C.; Lopes, S. A.; Silva, B. C.; Chizzotti, M. L.; Bissaro, L. Z. CQBAL 4.0. *Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes*. Viçosa: Ed. UFV. 2018. 473p. Disponível em: www.cqbal.com.br

Van Soest, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 446p.

Veras, E. L. L.; Difante, G. S.; Gurgel, A. L. C.; Costa, A. B. G.; Rodrigues, J. G.; Costa, C. M.; Costa, P. R. Tillering and structural characteristics of *Panicum* cultivars in the Brazilian semiarid region. *Sustainability*, v.12, 3849, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12093849>

Woolford, M. K. The problem of silage effluent. *Herbage Abstracts*, Wallingford, v.48, p.397-403, 1978.