



Sobressemeadura de gramíneas em soja em sistemas integrados de produção agropecuária

Oswaldo José FERREIRA JUNIOR ¹, Saulo de Oliveira LIMA ¹,
Carlos Augusto Oliveira de ANDRADE ¹, Rodrigo Estevam Munhoz de ALMEIDA ²,
Rubens Ribeiro da SILVA ¹, Leandro BORTOLON ³, Olavo da Costa LEITE ¹,
Bruno Henrique di Napoli NUNES ¹

¹ Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil.

² Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO, Brasil.

³ North Central Research Extension Center, North Dakota State University, Ward County, Minot, Estados Unidos.

*E-mail: bhdinapoli@gmail.com

Submetido em: 31/05/2025; Aceito em: 31/07/2025; Publicado em: 05/08/2025.

RESUMO: A sobressemeadura de forrageiras é uma técnica que permite a semeadura sobre culturas anuais estabelecidas; com isso, ganha-se tempo de estabelecimento ao final do ciclo da soja, garantindo rápida disponibilidade de pasto após a colheita da oleaginosa. Objetivou-se, por meio deste estudo, identificar forrageiras promissoras para a implantação em sobressemeadura na soja, visando o uso em segunda safra, no Cerrado tocaninense. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com quatro repetições e seis tratamentos, sendo as gramíneas: cv. Piatã (*Urochloa brizantha*); cv. Ipyorã (*U. brizantha* x *U. ruziziensis*); cv. Mombaça (*M. maximus*); cv. Tamani (*M. maximus*); cv. Zuri (*M. maximus*); cv. Quênia (*M. maximus*). Os resultados foram analisados pelo software Sisvar utilizando o teste de Tukey ($p < 0,05$). As cultivares do gênero *Megathyrsus* apresentaram maior estabilidade na produção de forragem nos anos avaliados, com destaque para as cultivares (cvs). Mombaça e Quênia (tetos de 6087 e 4771 kg ha⁻¹, respectivamente), além de maiores exportações para P, K, Ca e Mg ($p < 0,05$). No entanto, as cultivares Ipyorã e Piatã (gênero *Urochloa*) destacaram-se pelos maiores valores de NDT (57,54% e 57,70%) e menores teores de fibras ($p < 0,05$), evidenciando seu potencial qualitativo de consumo e digestibilidade.

Palavras-chave: entressafra; Cerrado; forrageiras; consórcios; integração lavoura-pecuária.

Overseeding of grasses in soybeans in integrated agricultural production systems

ABSTRACT: Overseeding forages is a technique that allows sowing over established annual crops, thereby gaining establishment time at the end of the soybean cycle and ensuring rapid pasture availability after the oilseed harvest. The objective of this study was to identify promising forages for the implementation of overseeding in soybeans, aiming to use them in the second harvest in the Cerrado of Tocantins. The experiment was conducted in randomized blocks, with four replicates and six treatments, consisting of the grasses: cv. Piatã (*Urochloa brizantha*); cv. Ipyorã (*U. brizantha* x *U. ruziziensis*); cv. Mombaça (*M. maximus*); cv. Tamani (*M. maximus*); cv. Zuri (*M. maximus*); cv. Quênia (*M. maximus*). The results were analyzed using the Sisvar software and the Tukey test ($p < 0.05$). The *Megathyrsus* cultivars showed greater stability in forage production in the years evaluated, particularly the Mombaça and Quênia cultivars (up to 6,087 and 4,771 kg ha⁻¹, respectively), in addition to higher exports of P, K, Ca, and Mg ($p < 0.05$). However, the cultivars Ipyorã and Piatã (genus *Urochloa*) stood out for their higher TDN values (57.54% and 57.70%) and lower fiber content ($p < 0.05$), demonstrating their qualitative potential for consumption and digestibility.

Keywords: off-season; Cerrado; forage; consortia; crop-livestock integration.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira desempenha papel fundamental na segurança alimentar, não só do Brasil, mas de várias nações que dependem das importações de carne. A modernização das práticas de manejo e a adoção de tecnologias podem potencializar ainda mais a produtividade, tornando a pecuária brasileira mais competitiva no cenário internacional (QUINTAM; ASSUNÇÃO, 2023).

No entanto, grande parte das áreas utilizadas para produção de grãos no Cerrado brasileiro permanece em pousio durante a entressafra em virtude das condições

climáticas desfavoráveis, sobretudo altas temperaturas e escassez hídrica (DIAS et al., 2020). A crescente população global e a necessidade de métodos agrícolas que respeitem o meio ambiente e potencializem a produção têm gerado interesse por abordagens de cultivo que integrem diferentes atividades (FARIA et al., 2020). Uma das opções, na entressafra, é a introdução de forrageiras em áreas agrícolas, visando a produção animal.

As forrageiras são a base da dieta de ruminantes, oferecem fibras, proteínas e outros nutrientes necessários para o ganho de peso e produção de leite (NICODEMO et

al., 2008). Para o solo, contribuem com o aumento da fertilidade e protegem contra a erosão (COSTA et al., 2016), melhoram os atributos físicos (PAIVA FILHO et al., 2021) e incrementam a matéria orgânica através da decomposição de resíduos vegetais (DIAS et al., 2020).

Muitas são as técnicas para inserção de forrageiras junto às áreas agrícolas, uma delas é o consórcio visando a rotação de culturas (HIRAKURI et al., 2012). Visando maior eficiência temporal na implantação dos consórcios, pode-se lançar mão da técnica da sobressemeadura, na qual consiste na sementeira a lanço de forrageiras antes do início da queda das folhas da soja, entre os estádios fenológicos de R5 a R7 da cultura (PACHECO et al., 2008). A estratégia é ganhar tempo de estabelecimento das forrageiras ao final do ciclo da soja, isso garante maior tempo de pastejo após a colheita da oleaginosa (ASSIS et al., 2018).

Assim, a escolha das espécies forrageiras que vão compor esse sistema de consórcio é muito importante, sendo os gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* os mais utilizados no Brasil devido à sua produtividade, adaptabilidade e qualidade nutricional (AMORIM et al., 2020; ARROYAVE et al., 2013). Além disso, a produção de massa seca de forragem está relacionada ao cultivo da forrageira, à distribuição de pluviometria e à temperatura, podendo essas condições afetar a resiliência e a produtividade forrageira (MACEDO et al., 2017).

A cultura principal beneficia-se da biomassa das forrageiras através da decomposição do material vegetal e da posterior ciclagem de nutrientes. Já as plantas forrageiras aproveitam os nutrientes residuais dessa cultura para produzir biomassa em quantidade e qualidade para animais no período de escassez hídrica (DIAS et al., 2020; SOKUPA et al., 2024). Com o início das precipitações, as forragens rebrotam para formar cobertura (palhada) no solo e iniciar o cultivo da cultura principal em sistema de plantio direto (SPD).

Em regiões com regime chuvoso bem definido, como no Tocantins, essa técnica pode ser uma alternativa para o estabelecimento da forragem e fornecimento de volumoso aos animais na entressafra, além de garantir a produção de palhada para o SPD da safra subsequente (ANDRADE et al., 2017). No Cerrado tocaninense, resultados preliminares satisfatórios da produção de biomassa das forrageiras em sobressemeadura foram obtidos por Andrade et al. (2020), com forrageiras nos gêneros *Pennisetum*, *Urochloa* e *Megathyrsus*, todavia, no cerrado, existem poucos estudos com cultivares dos dois últimos gêneros citados nessa modalidade de consórcio.

Portanto, objetivou-se, por meio deste estudo, identificar forrageiras dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* promissoras em produção de forragem e qualidade nutricional, implantadas em sobressemeadura na soja, visando o uso em segunda safra, no Cerrado tocaninense.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), município de Gurupi (11°43'45" S de latitude, 49°04'07" O de longitude, com altitude de 278 m), localizado na região sul do Estado do Tocantins, nos anos de 2020, 2021 e 2022. O clima da região é tropical, com dois períodos bem definidos em relação à precipitação, um período chuvoso, de outubro a abril, e um período seco, de maio a setembro, no sul do

Estado, os valores de precipitação média são na ordem de 1.300 mm (VIOLA et al., 2014).

Os dados climáticos referentes à precipitação e às temperaturas máximas e mínimas, durante o período experimental, registrados na Estação Meteorológica da UFT, Campus de Gurupi, estão descritos na Figura 1. O maior índice pluviométrico ocorreu entre os meses de fevereiro e abril, seguido por um período de estiagem de maio a setembro, apresentando também nesse período as menores temperaturas.

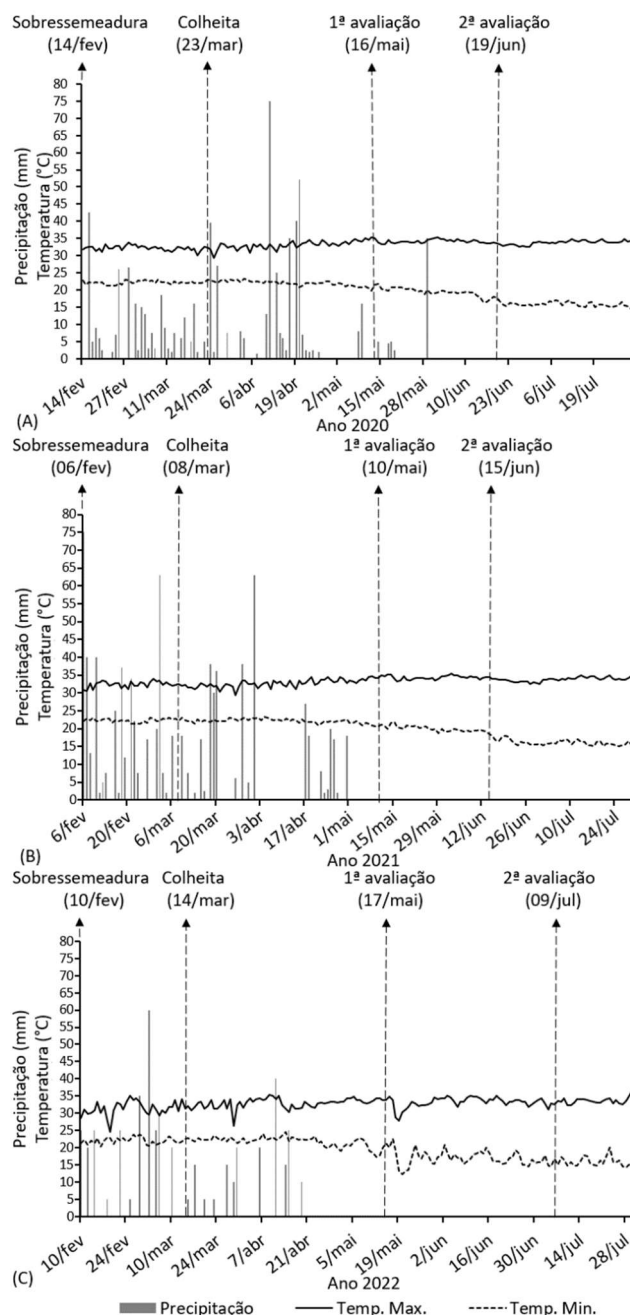


Figura 1. Dados pluviométricos (mm) e temperaturas máximas e mínimas (°C) diárias, nos anos de 2020 (A), 2021 (B) e 2022 (C).

Figure 1. Daily rainfall data (mm) and maximum and minimum temperatures (°C) in 2020 (A), 2021 (B), and 2022 (C).

A presente pesquisa é fruto de um trabalho de longa duração, no qual foi implantado no ano agrícola de 2012/2013, sendo o primeiro cultivo realizado sob manejo convencional do solo com o plantio da cultura da soja, e os

anos subsequentes sob sistema de plantio direto (SPD) da soja com o consórcio de forrageiras tropicais em sobressemeadura. Antes da implantação do experimento (em 2012), foi realizada a amostragem do solo com trado

holandês, para análise química na camada de 0 a 20 cm de profundidade (Tabela 1) (TEIXEIRA et al., 2017) e a classificação do solo como Latossolo Amarelo distrófico típico de textura média (SANTOS et al., 2018).

Tabela 1. Análise química e textural na camada de 0 a 20 cm antes (ano de 2012) e após a instalação do experimento (ano de 2022).

Table 1. Chemical and textural analysis in the 0 to 20 cm layer before (year 2012) and after the installation of the experiment (year 2022).

pH ¹	MO dag.kg ⁻¹	P ² -----mg.dm ⁻³ -----	K ² -----	K ² -----	Ca ³	Mg ³	Al ³ -----cmolc.dm ⁻³ -----	H+Al ³	SB	T	V %
Antes da implantação do experimento (ano de 2012)											
3,98	1,54	1,1	32	0,08	0,17	0,06	0,75	4,34	0,31	4,39	6,71
Antes da implantação do experimento (ano de 2022) ⁴											
4,66	2,30	15	42	0,11	1,29	0,38	0,13	2,48	1,8	4,2	41
Argila						Silte			Areia		
210						g.kg ⁻¹			690		
						100					

(1): CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; (2): Extrator Mehlich; (3) KCl 1 mol L⁻¹; (4): Média geral dos tratamentos. Fonte: Autores, 2025.

Com base na análise química (ano de 2012), verificou-se a necessidade da aplicação de calcário (2500 kg ha⁻¹) e de gesso (1000 kg ha⁻¹), que foram aplicados sobre o resíduo vegetal remanescente e, posteriormente, incorporados. Também foram aplicados, a lanço, em área total, 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 100 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio visando a adubação de correção. O calcário aplicado foi o dolomítico filler com PRNT=100%, CaO=30% e MgO=18%, com finalidade de elevar a saturação por bases a 60%, segundo as recomendações propostas por Sousa; Lobato (2004). Para o preparo do solo, foi utilizada uma grade de 32 polegadas para incorporação do gesso na camada de 0 a 40 cm. Na incorporação dos demais fertilizantes e corretivos aplicados em área total, foi usada uma grade de 28 polegadas para a profundidade de 0 a 20 cm.

Nas safras 2019/2020 e 2020/2021 foi utilizada o cultivar de soja Bônus IPRO 8579 RSF e na safra 2021/2022 utilizou-se o cultivar Dom Mario 79I81 IPRO, todavia, o manejo da adubação de base e cobertura adotado nas três safras foi o mesmo correspondendo a 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, provenientes da fonte Superfosfato Triplo (45 % de P₂O₅) + 50 kg ha⁻¹ de FTE (0,8% de cobre (Cu), 3% de enxofre (S), 1,8% de boro (B), 2% de manganês (Mn) e 9% de zinco (Zn)); e 120 kg ha⁻¹ de K₂O anterior à semeadura a lanço, como fonte o cloreto de potássio (KCl). Além disso, foi realizada a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*, Semia 5079 e Semia 5080, na dose de 300 g para cada 50 kg de sementes, no momento da semeadura.

Foram utilizadas 6 cultivares de forrageiras, consorciadas com soja, adotando o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, sendo: cv. Ipyorã (*Urochloa brizantha* x *Urochloa ruziziensis*); cv. Piaã (*Urochloa brizantha*); cv. Mombaça (*Megathyrsus maximus*); cv. Zuri (*Megathyrsus maximus*); cv. Quênia (*Megathyrsus maximus*); e cv. Tamani (*Megathyrsus maximus*). A unidade experimental foi dimensionada com 5 metros de largura por 21 metros de comprimento, constituindo 10 linhas da cultura da soja espaçadas em 0,5 m, conferindo uma área de 105 m².

Vale ressaltar que, na implantação do experimento (2012), foram utilizadas nos consórcios seis forrageiras mais usuais da região (ANDRADE et al., 2017) àquela época, sendo posteriormente substituídas (2017) por outras cultivares que foram lançadas no mercado com potencial para consórcios com a soja (Tabela 2).

Tabela 2. Histórico dos consórcios da soja com forrageiras tropicais de 2012 a 2023.

Table 2. History of soybean intercropping with tropical forages from 2012 to 2023.

Forrageiras de 2012 a 2016	Forrageiras de 2017 a 2023
cv. Marandu (<i>U. brizantha</i>)	cv. Piaã (<i>Urochloa brizantha</i>)
<i>U. ruziziensis</i>	cv. Ipyorã (<i>U. brizantha</i> x <i>U. ruziziensis</i>)
cv. Mombaça (<i>P. maximus</i>)	cv. Mombaça (<i>M. maximus</i>)
cv. Massai (<i>P. Infestans</i> x <i>P. maximus</i>)	cv. Tamani (<i>M. maximus</i>)
Milheto (<i>P. americanum</i>) – sobressemeadura ¹	cv. Zuri (<i>M. maximus</i>)
Milheto (<i>P. americanum</i>) - pós-soja ²	cv. Quênia (<i>M. maximus</i>)

(1): Milheto em sobressemeadura no estágio fenológico R5 da soja; (2): Milheto semeado após a colheita da soja.

(1): Millet overseeded at the R5 phenological stage of soybean; (2): Millet sown after soybean harvest.

A semeadura das espécies forrageiras foi realizada a lanço, manualmente, quando a soja atingiu o estágio fenológico reprodutivo R5 (50% da planta com grãos em início de enchimento das vagens) (RITCHIE et al., 1982), aproximadamente, na primeira quinzena de fevereiro.

Para a taxa de semeadura das forrageiras foram adotadas as preconizadas por Machado; Assis (2010). Desta forma, as quantidades de sementes para os gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* foram calculadas a partir da quantidade recomendada para a semeadura destas espécies, sendo 5,0 e 4,0 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis, respectivamente. Para determinação das quantidades de sementes aplicadas, foi levado em consideração o valor cultural (VC) de cada espécie (PACHECO et al., 2008).

Os cortes mecânicos para quantificação da biomassa das forrageiras foram realizados conforme o calendário de atividade (Tabela 3). Adotou-se como alturas mínimas de pré-corte de 50 cm para o *Megathyrsus maximus* cv. Tamani, de 90 cm para os demais cultivares de *Megathyrsus maximus* e de 25 cm para os cultivares de *Urochloa sp.* As alturas residuais, medidas da linha de corte até a superfície do solo, foram de 20 cm, 30 cm e 15 cm, respectivamente.

O resumo com as principais operações de manejo realizadas no experimento (sobressemeadura, colheita da soja, avaliação das forrageiras), com as respectivas datas durante o período experimental, pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3. Datas das principais atividades realizadas no experimento nos anos de 2020, 2021 e 2022.

Table 3. Dates of the main activities carried out in the experiment in 2020, 2021 and 2022.

Sequência cronológica das atividades	Anos e datas		
	2020	2021	2022
Sobressemeadura das forrageiras	14/02	06/02	10/02
Colheita da soja	23/03	08/03	14/03
1ª avaliação da biomassa*	16/05	10/05	17/05
2ª avaliação da biomassa*	19/06	15/06	09/07

*Avaliação da biomassa das forrageiras para possível destinação animal em Sistema de Integração Lavoura Pecuária (SILP).

*Evaluation of forage biomass for possible animal use in the Crop-Livestock Integration System (SILP).

Após cada avaliação, para quantificação da biomassa, as forrageiras foram uniformizadas com roçadora acoplada a um trator no intuito de obter a mesma altura de resíduo da amostragem, procedendo com a rastelagem para a remoção dos resíduos.

2.1 Análise de forragem e acúmulo diário de forragem

Após a colheita da soja, foi realizada a quantificação da biomassa das forrageiras em dois cortes subsequentes, cujas datas podem ser observadas na tabela 3. Para isso, foi utilizado um gabarito de 1 m² e uma tesoura de jardinagem, obedecendo à altura de corte já citada para cada gênero. Pesou-se a massa fresca da forrageira e posteriormente uma subamostra foi colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C durante 72 horas. Após a determinação da massa de forragem do primeiro (MS1º) e segundo (MS2º) corte, foi efetuado o somatório, obtendo-se o acúmulo de forragem total (AFT) (kg ha⁻¹).

Também foi determinado para cada tratamento o acúmulo diário de forragem (ADF) (kg ha⁻¹ dia⁻¹), calculado pela divisão da massa de forragem produzida em cada avaliação (MF1º e MF2º, em kg ha⁻¹) pelos respectivos intervalos de dias, computados da colheita da soja à primeira avaliação, e da primeira avaliação à segunda, obtendo-se a média dos períodos.

Para a análise dos resultados, foram consideradas as MF1º, MF2º, AFT e o ADF. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F, levando-se em consideração o efeito das cultivares. Quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Para todas as análises estatísticas foi utilizado o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

2.2 Análise de macronutrientes e composição bromatológica das forrageiras

Da subamostra colocada em estufa de ventilação forçada de ar para determinação da MF1º e MF2º, do ano 2022, retirou-se uma porção que foi moída em moinho de facas em malha de 1 mm e enviada ao 3rLab® - Laboratório de Análises Agropecuárias - Lavras-MG, para determinação dos teores de macronutrientes e componentes bromatológicos.

Os teores foliares (%) dos macronutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e nitrogênio (N) foram obtidos pela metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). A exportação dos nutrientes foi determinada efetuando-se a multiplicação do AFT (kg ha⁻¹) pelo teor nutricional (%) presente no tecido das forrageiras.

A composição bromatológica (%) de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína

bruta (PB) foram determinadas por intermédio de Espectrofotometria no Infravermelho Próximo (NIRS) (Silverstain et al., 1994), e a estimativa dos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi realizada por metodologia de Harlan et al. (1991).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F, levando-se em consideração o efeito das cultivares. Quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Para todas as análises estatísticas, foi utilizado o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

3. RESULTADOS

3.1 Massa de forrageira e acúmulo diário de forragem

Os melhores resultados de AFT no ano de 2020 foram observados para as forrageiras Mombaça, Tamani, Quênia e Piatã ($p<0,05$); ocorrência similar foi no ano de 2021, com desempenho superior ao Mombaça, Tamani, Quênia, Zuri e Ipyporã ($p<0,05$); já no ano de 2022, o Mombaça, Quênia e Zuri obtiveram as médias mais elevadas para essa característica ($p<0,05$). Vale ressaltar que para o AFT, Mombaça e Quênia, foram as únicas que, nos três anos consecutivos de avaliação, apresentaram sempre médias mais elevadas de produção (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de acúmulo de forragem total (AFT) e acúmulo diário de forragem (ADF).

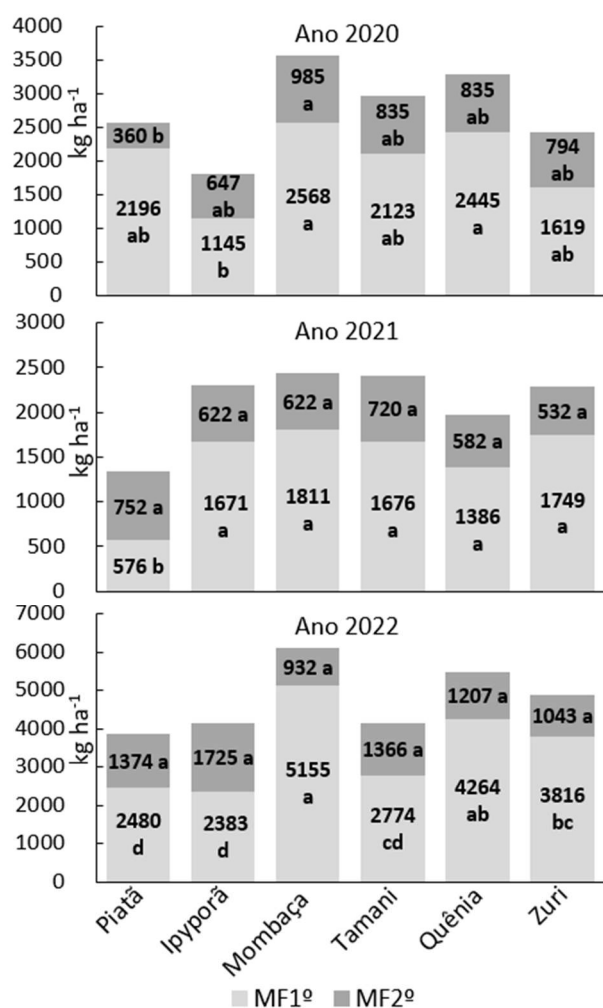
Table 4. Average values of total forage accumulation (AFT) and daily forage accumulation (ADF).

Forrageiras	AFT (kg ha ⁻¹)			ADF (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Piatã	2556 abc	1328 b	3854 b	26,17 bc	15,39a	32,89 b
Ipyporã	1792 c	2294 a	4109 b	20,61 c	22,37a	35,51 ab
Mombaça	3553 a	2433 a	6087 a	39,16 a	23,49a	49,87 a
Tamani	2958 ab	2396 a	4140 b	32,68 ab	23,80a	35,16 ab
Quênia	3280 ab	1969 ab	5471 ab	35,72 ab	19,50a	45,45 ab
Zuri	2417 bc	2282 a	4859 ab	27,36 bc	21,72a	40,31 ab
Média	2459	2117	4753	30,28	21,04	39,86
CV (%)	17,22	18,26	15,32	16,65	18,63	16,13
DMS	1092	888	1674	11,58	9,01	14,77
p-valor	0,001	0,008	0,003	0,001	0,068	0,012

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ($p>0,05$); CV (%): coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa.

Além disso, semelhante ao AFT, no ano de 2020 (com exceção do Piatã), na característica ADF, os melhores desempenhos foram obtidos pela forrageira Mombaça, Tamani e Quênia ($p<0,05$); ocorrendo também que o Mombaça, Tamani e Quênia, Zuri e Ipyporã, no ano de 2022, obtiveram os maiores incrementos ($p<0,05$). Ademais, no ano de 2021 não houve diferença entre as forrageiras avaliadas para esse parâmetro ($p>0,05$). Fato relevante a se notar é que para a ADF, Mombaça, Tamani e Quênia, apresentaram as maiores médias, nos dois anos que apresentaram diferenças estatísticas (2020 e 2022), o que indica possivelmente características de maiores acúmulos diários de biomassa para essas forrageiras (Tabela 4).

Para os valores médios de MF1º, no ano de 2020 foi observado o maior desempenho após a colheita da soja para as forrageiras Mombaça (2568 kg ha⁻¹) e Quênia (2445 kg ha⁻¹), com igual desempenho produtivo entre as demais forrageiras avaliadas, exceto para a Ipyporã (1145 kg ha⁻¹) ($p<0,05$).



	MF1º			MF2º		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Média	2016	1478	3479	743	638	1274
CV (%)	23,73	19,53	15,98	33,83	25,41	43,41
DMS	1099	663	1277	577	372	1271
p-valor	0,006	< 0,001	< 0,001	0,046	0,425	0,431

Figura 2. Valores médios de massa de forragem do primeiro (MF1º) e segundo (MF2º) corte. Médias seguidas por mesmas letras não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ($p>0,05$); CV (%): coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa.

Figure 2. Average forage mass values of the first (MF1º) and second (MF2º) cut. Averages followed by the same letters do not differ significantly, according to Tukey's test ($p>0,05$); CV (%): coefficient of variation; DMS: least significant difference.

Além disso, no ano de 2022, a forrageira Mombaça (5155 kg ha⁻¹) e Quênia (4264 kg ha⁻¹) obtiveram as maiores produtividades de massa de forragem ($p<0,05$). Tendência que não se replicou no ano de 2021, em que todas as forrageiras obtiveram um padrão de produção de biomassa igual estatisticamente, com exceção da Piatã (576 kg ha⁻¹), que apresentou média bem inferior (Figura 2) ($p<0,05$).

Na MF2º, em 2020, a forrageira Mombaça apresentou elevado rendimento (985 kg ha⁻¹), seguida da cv. Quênia e Tamani, ambas com 835 kg ha⁻¹; Zuri e Ipyporã com 795 e 647 kg ha⁻¹, respectivamente, evidenciando também igualdade estatística para estas ($p<0,05$). Além disso, a forrageira Piatã apresentou o pior desempenho, com 360 kg ha⁻¹. Todavia, verificou-se ausência de diferença significativa nos demais anos (2021 e 2022), nos quais o desempenho da rebrota foi igual para todas as forrageiras analisadas ($p>0,05$).

3.2 Macronutrientes e composição bromatológica das forrageiras

Nota-se que as maiores extrações de P ($p<0,05$) ocorreram para as forrageiras Mombaça, Quênia e Zuri (17,46, 13,71 e 12,17 kg ha⁻¹, respectivamente), sem diferenças significativas aferidas nos teores foliares ($p>0,05$). O K, por sua vez, apresentou comportamento semelhante, evidenciando as forrageiras Mombaça, Quênia, Zuri e Ipyporã com os maiores quantitativos exportados; além disso, para os teores foliares de K, não somente as forrageiras já citadas, mas também o Piatã obtiveram as maiores médias aferidas ($p<0,05$). Já em relação ao nitrogênio (N), não houve nenhuma diferença estatística verificada para os tratamentos estudados ($p>0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios do teor foliar (%) e exportação (kg ha⁻¹) dos macronutrientes fósforo (P), potássio (K) e nitrogênio (N).
Table 5. Average values of leaf content (%) and export (kg ha⁻¹) of the macronutrients phosphorus (P), potassium (K) and nitrogen (N).

Forrageiras	P		K		N	
	%	Kg ha ⁻¹	%	Kg ha ⁻¹	%	Kg ha ⁻¹
Piatã	0,25 a	9,75 b	3,23 ab	125,36 b	1,51 a	58,76 a
Ipyporã	0,28 a	11,74 b	3,57 a	147,36 ab	1,83 a	75,14 a
Mombaça	0,28 a	17,46 a	3,38 ab	206,80 a	1,83 a	110,85a
Tamani	0,26 a	11,06 b	2,89 b	121,59 b	1,60 a	69,86 a
Quênia	0,25 a	13,71 ab	2,98 ab	164,64 ab	1,48 a	81,59 a
Zuri	0,25 a	12,17 ab	3,11 ab	151,95 ab	1,31 a	64,53 a
Média	0,26	12,65	3,19	152,97	1,59	76,79
CV (%)	7,55	18,79	9,08	21,76	22,39	30,18
DMS	0,04	5,46	0,66	76,49	0,82	53,25
p-valor	0,051	0,006	0,042	0,027	0,317	0,073

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ($p>0,05$); CV (%): coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa.

Means followed by the same letters in the columns do not differ significantly, according to Tukey's test ($p>0,05$); CV (%): coefficient of variation; DMS: minimum significant difference.

Para os teores de Ca presentes no tecido foliar, verifica-se que as forrageiras Mombaça e Tamani (0,40%) obtiveram as médias superiores, com diferença estatística considerável em relação à Piatã apenas (0,26%) ($p<0,05$). Já no quantitativo de exportação de Ca, destacaram-se as forrageiras Mombaça (24,44 kg ha⁻¹), Tamani (17,42 kg ha⁻¹) e Quênia (16,65 kg ha⁻¹) ($p<0,05$). Semelhante a isso, foi constatado na extração do Mg ($p<0,05$), na qual Mombaça (14,87 kg ha⁻¹) e Quênia (12,64 kg ha⁻¹) obtiveram os maiores desempenhos para esse macronutriente. No entanto, não houve diferença estatística entre as forrageiras no que se refere à exportação de S, nem para os teores foliares de Mg e S ($p>0,05$) (Tabela 6).

Os teores mais elevados de FDN ($p<0,05$) foram registrados para as forrageiras Zuri, Quênia, Tamani, Mombaça e Piatã (variando entre 62,92 e 65,72%); Ipyporã registrou o menor resultado, todavia diferindo apenas de Zuri. Quanto à FDA, as forrageiras do gênero *Megathyrus*, Zuri, Quênia, Tamani e Mombaça apresentaram os maiores quantitativos no tecido foliar (variando entre 42,26 e 44,91%); em contrapartida, Ipyporã e Piatã obtiveram teores ligeiramente menores, sendo 37,48% e 38,7%, respectivamente ($p<0,05$) (Tabela 7).

Para o quantitativo de NDT constataram-se maiores concentrações no tecido foliar nas forrageiras do gênero *Urochloa*, Ipyporã (57,54%) e Piatã (57,70%), não diferindo do

cv. Mombaça (52,30%), daquelas ($p < 0,05$). Já os níveis de PB para todos os tratamentos obtiveram desempenho semelhante, não diferindo entre si ($p > 0,05$) (Tabela 7).

Tabela 6. Valores médios do teor foliar (%) e exportação (kg ha^{-1}) dos macronutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S).

Table 6. Average values of leaf content (%) and export (kg ha^{-1}) of the macronutrients calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S).

Forrageiras	Ca		Mg		S	
	%	Kg ha^{-1}	%	Kg ha^{-1}	%	Kg ha^{-1}
Piatã	0,26 b	10,20 c	0,21 a	8,47 b	0,16 a	6,47 a
Ipyorã	0,33 ab	13,71 bc	0,23 a	9,77 b	0,19 a	7,80 a
Mombaça	0,40 a	24,44 a	0,24 a	14,87 a	0,17 a	10,49 a
Tamani	0,40 a	17,42 abc	0,23 a	9,95 b	0,15 a	6,59 a
Quênia	0,36 ab	16,65 ab	0,23 a	12,64 ab	0,15 a	8,37 a
Zuri	0,30 ab	14,9 bc	0,21 a	10,30 b	0,14 a	7,21 a
Média	0,34	16,68	0,23	11,01	0,16	7,82
CV (%)	15,97	24,34	8,65	17,98	12,95	22,67
DMS	0,12	9,33	0,04	4,54	0,04	4,07
p-valor	0,014	0,003	0,179	0,004	0,108	0,054

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$); CV (%): coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa.

Means followed by the same letters in the columns do not differ significantly, according to Tukey's test ($p > 0,05$); CV (%): coefficient of variation; DMS: minimum significant difference.

Tabela 7. Valores médios do teor foliar (%) de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT).

Table 7. Average values of leaf content (%) of neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), crude protein (PB) and total digestible nutrients (NDT).

Forrageiras	FDN	FDA	PB	NDT
	%			
Piatã	62,92 ab	38,74 bc	9,45 a	57,70 a
Ipyorã	61,10 b	37,48 c	11,42 a	57,54 a
Mombaça	63,22 ab	42,65 ab	11,43 a	52,30 ab
Tamani	64,05 ab	44,25 a	10,05 a	50,45 b
Quênia	64,22 ab	42,36 ab	9,29 a	49,94 b
Zuri	65,72 a	44,91 a	8,24 a	48,16 b
Média	63,54	41,90	9,98	52,18
CV (%)	2,71	4,91	22,42	5,78
DMS	3,95	4,72	5,14	6,92
p-valor	0,036	< 0,001	0,324	0,005

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$); CV (%): coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa.

Means followed by the same letters in the columns do not differ significantly, according to Tukey's test ($p > 0,05$); CV (%): coefficient of variation; DMS: minimum significant difference.

4. DISCUSSÃO

As forrageiras do gênero *Megathyrsus*, especialmente as cultivares BRS Mombaça e Quênia, foram desenvolvidas objetivando alta produtividade e facilidade de manejo, devido às suas características agrônomicas, como uma taxa de crescimento acelerada e maior eficiência na utilização de recursos (JANK et al., 2017). No quantitativo do AFT (Tabela 4), foi observado que essas duas forrageiras foram as únicas que, nos três anos consecutivos de avaliação, obtiveram desempenho estável, frente às demais ($p < 0,05$). Outros estudos já demonstraram o desempenho similar do capim BRS Quênia (PM46) em relação à Tanzânia (ANDRADE et al., 2013), evidenciando maiores ganhos de peso vivo, devido ao menor porte de arquitetura da planta,

com maiores percentagens de folhas verdes e menores percentagens de material morto (FARINATTI et al., 2012).

Fatores como a quantidade/distribuição de chuvas, temperatura e umidade têm papel crucial no crescimento das forrageiras e mesmo que as forrageiras do gênero *Urochloa* (Piatã e Ipyorã) sejam adaptáveis e resistentes a condições climáticas adversas, as do gênero *Megathyrsus* se sobressaem não apenas por sua superioridade em termos de produção nessas condições, mas também por potencializar a produção em condições favoráveis (BURIN, 2017; MOMBACH et al., 2019). No estudo de Andrade et al. (2020), também foi relatado o quantitativo de biomassa de forragem produzido nas condições de limitação hídrica do cerrado; no entanto, não obtiveram diferenças consideráveis entre os tratamentos consorciados nem valores superiores, como os observados no presente estudo.

No desempenho da MF1° ($p < 0,05$), que coincide com o fim do período das águas, nos anos de 2020 e 2021, foi observado que todas as forrageiras pertencentes ao gênero *Megathyrsus*, assim como a cv. Piatã, no ano de 2020, e Ipyorã, no ano de 2021, obtiveram produção de massa de forragem elevada; e, no ano de 2022, Mombaça e Quênia também se sobressaíram. Resultados que podem ter influência de condições intrínsecas da planta, como o genótipo da cultivar, e condições externas à planta, influenciadas fortemente pela disponibilidade de luz, temperatura, nutrição e água (SANTANA et al., 2010).

Ademais, a baixa incidência solar inicialmente pode atrasar a germinação e emergência das sementes, necessitando de maiores quantidades, além de poder interferir no estabelecimento e na produção inicial da forrageira (VOLF et al., 2021). Sendo assim, as forrageiras Piatã e Ipyorã podem não ser a melhor opção para a sobressemeadura nessas condições, quando observados os resultados de MF1°, pois há oscilações de produtividade de forragem nos anos avaliados (Figura 2).

A presença da soja pode ter influenciado o crescimento inicial das forrageiras do gênero *Urochloa*, especialmente em anos em que a colheita foi realizada mais tardiamente, como em 2020, quando a sobressemeadura ocorreu em 14/02 e a colheita em 23/03 (39 dias). Em 2021, a sobressemeadura foi feita em 06/02 e a colheita em 08/03 (31 dias), enquanto em 2022, a sobressemeadura ocorreu em 10/02 e a colheita em 14/03 (33 dias) (Tabela 3). O consórcio de forrageiras, mesmo que sobressemeadas ao final do ciclo da soja (R5), pode gerar competição por recursos, principalmente água, nutrientes e luminosidade (LOPES et al., 2017).

O ano de 2021 foi o único em que houve precipitações no período que compreende o 1° e o 2° corte (Figura 1A), fato que pode ter influenciado uma possível maior rebrota e produção das forrageiras do gênero *Megathyrsus*, além da cultivar Ipyorã (*U. brizantha* x *U. ruziziensis*). Em 2021, o acúmulo de precipitação após a sobressemeadura, até o 2° corte, foi de 827 mm (Figura 1B) e, em 2022, foi de 460 mm (Figura 1C), evidenciando que os capins do gênero *Megathyrsus*, mesmo em condições de menores precipitações, conseguem obter consideráveis produções de biomassa (Tabela 4 e Figura 2).

Essa diferença pode ser explicada por meio de fatores morfogênicos e fisiológicos, como as altas taxas fotossintéticas iniciais (pós-corte), a eficiente translocação de reservas orgânicas da base do colmo e das raízes para sustentar a rebrota, a rápida expansão da área foliar e a recuperação do sistema radicular após a desfolha. Essas

características permitem que as forrageiras do gênero *Megathyrsus* restabeleçam rapidamente sua área fotossintetizante e absorção de água e nutrientes, garantindo uma rebrota mais rápida (GOMIDE et al., 2002; CECATO et al., 2007).

Todavia, nos anos subsequentes (2021 e 2022), não foram registradas precipitações entre o período do 1º e 2º corte (Figura 1B e 1C), e todas as forrageiras tiveram igual desempenho na MF2º ($p>0,05$). Em condições de baixa disponibilidade hídrica, inicia-se no sistema radicular a produção de ácido abscísico (ABA), que, ao ser transportado para a parte aérea, é detectado pelas células-guarda dos estômatos funcionando como um sensor, desencadeando diversos mecanismos na planta (MATTOS et al., 2005). A redução da condutividade estomática, da taxa de fotossíntese e da transpiração é uma dessas respostas ocasionadas por esse fator abiótico (SANTOS et al., 2014). Com isso, as forrageiras tropicais tendem a reduzir a produção de folhas e emissão de perfilhos, além de aumentar o crescimento dos colmos (EUCLIDES et al., 2019).

Em síntese, os resultados de ADF encontrados no presente trabalho foram consideravelmente superiores aos encontrados por Andrade et al. (2020). Essa característica é obtida a partir da AFT, logo, os resultados têm também tendência similar (Tabela 4).

O quantitativo de exportação de P ($p<0,005$) teve uma amplitude entre as forrageiras Piatã (9,75 kg ha⁻¹) e Mombaça (17,46 kg ha⁻¹) de 7,71 kg ha⁻¹ (Tabela 5). Considerando o teor médio de P no solo no ano de 2022 (15 mg dm⁻³, correspondente a 30 kg ha⁻¹ de P) (Tabela 1), somando com a quantidade aplicada na ocasião da semeadura da soja (120 kg ha⁻¹ de P₂O₅), havia a disponibilidade de, aproximadamente, 82 kg ha⁻¹ de P para as forrageiras, evidenciando uma eficiência, aproximada, de 11,9% e 21,3%, para Piatã e Mombaça, respectivamente. Ou seja, 9,4% a mais de extração da segunda em relação à primeira; devendo-se considerar também as forrageiras Quênia (16,7%) e Zuri (14,8%), que demonstraram ambiguidades entre ambas.

Em sistemas de pastagem, ocorre a assimilação do P na biomassa vegetal-animal, podendo ser exportado do ecossistema como produto animal ou vegetal (SHI et al., 2023). Todavia, a disponibilidade de fósforo, em regiões de clima tropical, é considerada uma das principais problemáticas pensando em rendimento de plantas (FARIA et al., 2015). Os resultados do presente estudo demonstraram que as forrageiras Mombaça, Quênia e Zuri possuem maior potencial de ciclagem de fósforo; isso, provavelmente, em virtude da alta taxa de crescimento, produção de biomassa e eficiência de recursos (JANK et al., 2017).

Já para a exportação de K, foi observada maior amplitude entre as forrageiras Tamani (121,59 kg ha⁻¹) em relação ao Mombaça, Quênia, Zuri e Ipyorã (206,80; 164,64; 151,95 e 147,36 kg ha⁻¹, respectivamente), representando uma diferença a mais para essas de 85,21; 43,05; 30,36 e 25,77 kg ha⁻¹ de K, respectivamente. O K, por ser um dos principais componentes do tecido foliar de forrageiras (MELESSE et al., 2017), tem relação diretamente proporcional na exportação via produtos de origem animal (leite, carne) ou vegetal (silagem, feno) (PRAJAPATI; MODI, 2012).

As maiores exportações e teores para o K, observados nos resultados, podem ser vantajosos pensando no fornecimento em maiores quantidades a animais (pasto, silagem ou feno). No entanto, deve-se ter uma compreensão a respeito da taxa de absorção e saída desse elemento

(NASCIMENTO et al., 2024), adotando práticas de gestão a curto prazo para suprimento via fertilizantes, com estratégias de fonte, taxa e época de aplicação, visando ótimos níveis de suprimento à cultura e máximo retorno econômico (MOURA et al., 2006).

Os teores de Ca presentes nas forrageiras Mombaça e Tamani foram maiores que 0,14% em relação ao Piatã; além disso, a exportação desse nutriente foi superior para o Mombaça, Tamani e Quênia também em relação ao Piatã, com diferenças pouco acima de 14, 7 e 6 kg ha⁻¹, respectivamente ($p<0,05$). Os baixos teores foliares de cálcio podem ser explicados devido ao manejo do sistema, em que a calagem (fonte de Ca e Mg) e a gessagem (fonte de Ca e S) foram realizadas apenas na implantação do experimento, em 2012, em favor da manutenção do sistema de plantio direto.

Pensando na disponibilidade de P e Ca, que são altamente exigidos por animais bovinos, em pastagens com baixos níveis desses nutrientes, em virtude da ausência total ou parcial de adubação e/ou calagem, será necessária a suplementação mineral ao cocho para reposição, sendo recomendado, cotidianamente, o fosfato bicálcico, visando evitar deficiências nos animais (SILVEIRA, 2017). Nos resultados do presente estudo, as forrageiras Mombaça e Quênia foram as duas únicas que, para ambos os elementos citados, obtiveram os maiores valores médios de exportação, o que as confere bom potencial de uso em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP).

Nota-se aqui que as forrageiras do gênero *Megathyrsus*, em especial Mombaça e Quênia, obtiveram melhor desempenho para os teores e exportação dos minerais P, K, Ca e Mg, nos quais houve diferença entre os tratamentos ($p<0,05$). Conforme o estudo de Dias et al. (2020), as forrageiras Xaraés, Mombaça e Tamani apresentaram os maiores teores totais de nutrientes na forragem. Além disso, Almeida et al. (2023) notaram que o nutriente K foi o de maior acumulação pelas forrageiras Tamani, Quênia e Zuri, resultados que se assemelham ao presente estudo no que se refere ao Quênia e Zuri.

Características das forrageiras do gênero *Megathyrsus* são o seu rápido crescimento, por apresentar relação raiz/área foliar equilibrada, na qual há transferência de proporção de fotoassimilados que permitem a expansão do sistema radicular, otimizando a absorção de água e minerais (HUOT et al., 2020). A maior parte do fósforo e do potássio acumulados permanece na parte aérea, sendo liberada no solo ou através das folhas na alimentação animal (SÃO MIGUEL et al., 2018).

A presença dos nutrientes Ca, Mg e S favorece o crescimento das forrageiras, otimizando a atividade de outros macronutrientes como P, K e N (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Sendo uma passível razão pela qual o Mombaça e o Quênia apresentam maior exportação de nutrientes em comparação aos demais capins estudados, é devido à sua produção de biomassa superior.

A ausência de diferença estatística nos teores foliares e exportação de N (Tabela 5) tem relação direta com os teores de PB (Tabela 7) ($p>0,05$). Essa limitação pode ser explicada pela ausência de adubação nitrogenada na semeadura ou cobertura dos capins após a soja, e até mesmo pela eficiência da soja na fixação do nitrogênio atmosférico ser a mesma em todos os tratamentos. Dessa forma, todas as forrageiras avaliadas atendem aos requisitos mínimos de PB, situados entre 6 e 8%, necessários para manter a atividade de bactérias

celulolíticas da flora ruminal, sem que haja redução de consumo e digestibilidade de forragem (VAN SOEST, 1994).

Os teores de FDN e FDA (com exceção do gênero *Urochloa*) observados neste experimento ultrapassaram 60% e 40%, respectivamente, teores considerados por Van Soest (1994) limitantes para o consumo e a digestibilidade de forragem. A FDA está relacionada diretamente com o teor de lignina presente na forragem, havendo elevado teor de FDA no tecido foliar, maior será a quantidade de lignina e, conseqüentemente, menor a digestibilidade do volumoso. Já a FDN apresenta relação inversa ao consumo voluntário a pasto, ensejando que maior teor de FDN implicará menor consumo da forragem (GONÇALVES et al., 2018). Em análise dos resultados, as forrageiras do gênero *Urochloa* apresentaram menores teores de FDA, o que confere melhor digestibilidade no período da entressafra em comparação às demais.

Os maiores teores de FDN e FDA ($p < 0,05$) observados nas forrageiras do gênero *Megathyrsus* podem ser associados à alta produção de biomassa, porte alto, estrutura fibrosa (colmos longos e folhas largas) e idade fenológica (CASTAGNARA et al., 2011). Além disso, Silva et al. (2016) observaram menores teores de FDN e FDA em cultivares de *Urochloa brizantha* (cv. Marandu e Xaraés) comparadas às de *Megathyrsus maximus* (cv. Mombaça e Tanzânia), relacionando os resultados à menor produção de colmos aferida. Durante a entressafra (vazio forrageiro), no cerrado há pouca ou nenhuma precipitação e umidade no solo (MOCHÉ FILHO et al., 2016), e o clima é quente, assim acelerando a senescência das forrageiras, aumentando o teor de fibras no tecido. Diante disso, e considerando a escassez de água na entressafra, é essencial controlar o alongamento do colmo por meio de pastejo ou corte para produção de massa seca. Isso ajuda a evitar a perda de folhas e a redução do valor nutritivo das forrageiras (ANJOS et al., 2016).

Em relação ao teor de NDT, houve diferença estatisticamente significativa entre as forrageiras ($p < 0,05$). As forrageiras Piatã, Ipyorã e Mombaça apresentaram os maiores valores na concentração foliar, com 57,70, 57,54 e 52,30%, respectivamente. As forrageiras Tamani, Quênia e Zuri registraram 50,45; 49,94 e 48,16%, respectivamente, sendo estatisticamente inferiores às demais, exceto a Mombaça (Tabela 7).

O NDT é utilizado para expressar o valor energético dos alimentos e está diretamente relacionado com os teores de FDA, onde menores teores de fibras significam maiores teores de nutrientes (LEONEL et al., 2009). Apenas as forrageiras Piatã e Ipyorã apresentaram médias superiores a 55% de NDT que, de acordo com Van Soest (1994), são valores ideais para forrageiras tropicais. Implicações podem ser feitas, pois a menor quantidade de colmos, e de menor comprimento, possivelmente, acarreta a formação de tecidos menos fibrosos e, por consequência, melhor valor nutritivo de forragem. Num sistema de ILP isso pode implicar maior eficiência alimentar, menos consumo para atingir suas necessidades energéticas, e/ou redução da necessidade de suplementação, com a diminuição dos custos de produção.

O potencial das espécies é influenciado pelo clima de cada região. A temperatura, a disponibilidade de água, a fertilidade do solo e a intensidade da radiação solar são os elementos mais relevantes que determinam a quantidade e o valor nutritivo da forragem gerada (MEINERZ et al., 2011). Essa análise ressalta a importância de selecionar forrageiras que

equilibrem consideráveis tetos produtivos, quantidade de fibras não prejudiciais ao consumo, digestibilidade e a qualidade nutricional para otimizar o sistema de acordo com as necessidades animais e as condições ambientais disponíveis.

5. CONCLUSÕES

As forrageiras do gênero *Megathyrsus*, especialmente Mombaça e Quênia, possibilitaram maior estabilidade na produção de forragem nos anos avaliados no quantitativo total. Maior quantitativo de nutrientes exportados também foi observado para as forrageiras desse gênero.

Todavia, o desempenho pós-rebrota das forrageiras foi igual nos últimos dois anos de avaliação, sendo influenciado pela distribuição do regime chuvoso.

Apesar de menor produção de forragem, as forrageiras Ipyorã e Piatã apresentaram melhor qualidade nutricional, com maiores teores de nutrientes digestíveis totais e menores porcentagens de fibras no tecido vegetal, o que promove melhor consumo e digestibilidade.

6. REFERÊNCIAS

- AMORIM, P. L. de.; LOPES E. L. G.; MOREIRA, A. M. S.; CAVALCANTE, F. S.; LYRA, G. B.; FILHO, J. T. de A.; SANTOS, A. I. S.; SOUSA, B. M. de L. Efeitos da interceptação luminosa ou período de descanso fixo no acúmulo de forragem e estrutura do dossel de uma antiga cultivar de *Megathyrsus maximus*. **Revista Ciência Agrícola**, v. 18, n. 1, p. 29-37, 2020. <https://doi.org/10.28998/rca.v18i1.8801>
- ANDRADE, C. M. S.; FARINATTI, L. H. E.; NASCIMENTO, H. L. B.; ABREU, A. Q.; JANK, L.; ASSIS, G. M. L. Animal production from new *Panicum maximum* genotypes in the Amazon biome, Brazil. **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**, v. 1, p. 1-5, 2013. [https://doi.org/10.17138/tgft\(1\)36-38](https://doi.org/10.17138/tgft(1)36-38)
- ANDRADE, C. A. O.; BORGHI, E.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; CAMARGO, F. P. D.; AVANZI, J. C.; SIMON, J.; SILVA, R. R.; FIDELIS, R. R. Straw production and agronomic performance of soybean intercropped with forage species in no-tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 10, p. 861-868, 2017. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017001000005>
- ANDRADE, C. A. O.; BORGHI, E.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; CAMARGO, F. D.; AVANZI, J. C.; GUARDA, V. D. A.; CUNHA, M. K.; SILVA, R. R.; FIDELIS, R. R. Forage production and bromatological composition of forage species intercropped with soybean. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 1, p. 84-94, 2020. <https://doi.org/10.5539/jas.v12n1p84>
- ANJOS, A. J.; GOMIDE, C. A. D. M.; RIBEIRO, K. G.; MADEIRO, A. S.; MORENZ, M. J. F.; PACIULLO, D. S. C. Forage mass and morphological composition of Marandu palisadegrass pasture under rest periods. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 1, p. 76-86, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542016000100007>
- ALMEIDA, E. M.; MONTAGNER, D. B.; DIFANTE, G. S.; ARAÚJO, A. R.; SANTANA, J. C. S.; GURGEL, A. L. C.; SCARIOT, C. Growth dynamics and nutrient uptake of *Panicum maximum* under nitrogen fertilisation.

- New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 66, n. 3, p. 244-258, 2023. <https://doi.org/10.1080/00288233.2022.2057554>
- ARROYAVE, C.; TORA, R.; THUY, T.; BARCELO, J.; POSCHENRIEDER, C. Differential aluminum resistance in *Brachiaria* species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 89, p.11-18, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.01.001>
- ASSIS, R. L.; FREITAS, R. S.; MASON, S. C. Pearl millet production practices in Brazil: a review. **Experimental Agriculture**, v. 54, n. 5, p. 699-718, 2018. <https://doi.org/10.1017/S0014479717000333>
- BURIN, P. C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de *Urochloa brizantha* cv. Piaã. **REDVET - Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 9, p. 1-22, 2017.
- CASTAGNARA, D. D.; MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; OLIVEIRA, P. S. R.; DEMINICIS, B. B.; BERG, R. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 931-942, 2011. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000400010>
- CECATO, U.; SKROBO, V. D.; FAKIR, G. M.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, S.; JANEIRO, V. Características morfogênicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1699-1706, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800001>
- COSTA, N. D. L.; MORAES, A. D.; CARVALHO, P. C. D. F.; MONTEIRO, A. L. G.; MOTTA, A. C. V.; OLIVEIRA, R. A. D. Dinâmica de crescimento e produtividade de forragem de *Trachypogon plumosus* sob níveis de correção da fertilidade do solo e idades de rebrota. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 175-184, 2016. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i218715>
- DIAS, M. B. C.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; BILEGO, U.; FURTINI NETO, A. E.; ALMEIDA, D. P.; BRAND, S. C.; LOURIVAL, V. *Brachiaria* and *Panicum maximum* in an integrated crop-livestock system and a second-crop corn system in succession with soybean. **Journal of Agricultural Science**, v. 158, n. 3, p. 206-217, 2020. <https://doi.org/10.1017/S0021859620000532>
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.
- EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; MACEDO, M. C. M.; DE ARAÚJO, A. R.; DIFANTE, G. S.; BARBOSA, R. A. Grazing intensity affects forage accumulation and persistence of *Marandu palisadegrass* in the Brazilian savannah. **Grass Forage Science**, v. 74, n. 3, p. 450-462, 2019. <https://doi.org/10.1111/gfs.12422>
- FARINATTI, L. H. E.; ANDRADE, C. M. S.; NASCIMENTO, H. L. B.; ABREU, A. Q.; JANK, L. Sward structure and utilization of new *Panicum maximum* genotypes under grazing in the Amazon biome. In: Annual Meeting of the Brazilian Animal Science Society, 49th. **Proceedings...** Brasília, 2012. 6p.
- FARIA, W. R.; PEROBELLI, F. S.; SOUZA, D. L. O. Projeção populacional, mudanças climáticas e efeitos econômicos: uma avaliação a partir de blocos econômicos agrícolas. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 37, n. 1, p. 1-33, 2020. <http://dx.doi.org/10.20947/S0102-3098a0125>
- FARIA, A. J. G.; FREITAS, G. A.; GEORGETTI, A. C. P.; FERREIRA JÚNIOR, J. M.; SILVA, M. C. A.; SILVA, R. R. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produtividade do capim Mombaça cultivado sobre adubação fosfatada. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 2, n. 3, p. 98-106, 2015. <https://doi.org/10.18067/jbfs.v2i3.24>
- FERREIRA, D. F. SISVAR - um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008. Disponível em: <https://des.ufla.br/~danielff/meusarquivospdf/art63.pdf>. Acessado em: 01 Ago 2025.
- GONÇALVES, M. S.; REIS, E. F.; RIBEIRO, W. R.; CÔSER, A. C. Bromatologia de gramíneas tropicais sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. **Nativa**, v. 6, n. 4, p. 415-421, 2018. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i4.5588>
- GOMIDE, C. A. D. M.; GOMIDE, J. A.; MARTINEZ Y HUAMAN, C. A.; PACIULLO, D. S. C. Fotossíntese, reservas orgânicas e rebrota do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) sob diferentes intensidades de desfolha do perfilho principal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2165-2175, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000900003>
- HARLAN, D. W.; HOLTER, J. B.; HAYES, H. H. Detergent fiber traits to predict productive energy of forages fed free choice to nonlactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 1337-1353, 1991. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78289-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78289-1)
- HIRAKURI, M. H.; DEBIASI, H.; PROCÓPIO, S. D. O.; FRANCHINI, J. C.; CASTRO, C. D. **Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 24p. (Documentos, 335)
- HUOT, C.; ZHOU, Y.; PHILP, J. N.; DENTON, M. D. Root depth development in tropical perennial forage grasses is related to root angle, root diameter and leaf area. **Plant and Soil**, v. 456, p. 145-158, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04701-2>
- JANK, L.; ANDRADE, C. M. S.; BARBOSA, R. A.; J.R.; MACEDO, M. C. M.; VALÉRIO, J. R.; VERZIGNASSE, J.; ZIMMER, A. H.; FERNANDES, C. D.; SANTOS, M. F.; SIMEÃO, R. M. **O capim-BRS Quênia (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens**. Brasília: Embrapa, 2017. 20p. (Comunicado Técnico, 138)
- LEONEL, F. P.; PEREIRA, J. C.; COSTA, M. G.; MARCO JÚNIOR, P.; LARA, L. A.; QUEIROZ, A. C. Comportamento produtivo e características nutricionais do capim-braquiária cultivado em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 177-189, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100022>
- 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**, v. 69, n. 1, p. 225-233, 2017. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9201>

- MACEDO, V. H. M.; CUNHA, A. M. Q.; CÂNDIDO, E. P.; DOMINGUES, F. N.; MELO, D. M.; RÊGO, A. C. Estrutura e produtividade de capim-tanzânia submetido a diferentes frequências de desfolhação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, e38984, 2017. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-38984>
- MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 4, p. 415-422, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000400010>
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MATTOS, J. L. S.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M. Crescimento de espécies do gênero *Brachiaria*, sob déficit hídrico, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 746-754, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000300005>
- MEINERZ, G. R.; OLIVO, C. J.; FONTANELI, R. S.; AGNOLIN, C. A.; FONTANELI, R. S.; HORST, T.; VIÉGAS, J.; BEM, C. M. Valor nutritivo da forragem de genótipos de cereais de inverno de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1173-1180, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000600003>
- MELESSE, A.; STEINGASS, H.; SCHOLLENBERGER, M.; RODEHUTSCORD, M. Screening of common tropical grass and legume forages in Ethiopia for their nutrient composition and methane production profile in vitro. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 5, n. 3, p. 163-175, 2017. [http://doi.org/10.17138/tgft\(5\)163-175](http://doi.org/10.17138/tgft(5)163-175)
- MOCHÉ FILHO, W. J. E.; CARNEIRO, M. S. de S.; ANDRADE, A. C.; PEREIRA, E. S.; ANDRADE, A. P.; CÂNDIDO, M. J. D. S.; MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. de S.; COSTA, N. de L. Produtividade e composição bromatológica de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 81-88, 2016. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA14154>
- MOMBACH, M. A.; PEDREIRA, B. C.; SANTOS, M. L.; CABRAL, L. S.; SANTOS, C. S. A.; SILVA, A. M. P. Fator de resposta produtiva de Mombaça e Marandu ao déficit hídrico. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 807-812, 2019. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i6.7592>
- MOURA, O. N.; PASSOS, M. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; MOLICA, S. G.; LIRA JÚNIOR, M. A.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F. Biomass and nutrient distribution of *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Árvore**, v. 30, p. 877-884, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000600002>
- NASCIMENTO, D. B.; LOPES, M. L. S.; IZIDRO, J. L. P. S.; BEZERRA, R. C. A.; GOIS, G. C.; AMARAL, T. N. E.; DIAS, W. S.; BARROS, M. M. L.; OLIVEIRA, A. R. S.; FARIAS SOBRINHO, J. L.; COELHO, J. J. Ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio em ecossistemas de pastagem. **Ciência Animal Brasileira**, v. 25, e76743, 2024. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v25e-76743P>
- NICODEMO, M. L. F.; LAURA, V. A.; MOREIRA, A. **Nutrição mineral de bovinos de corte em pastejo: repostas de plantas forrageiras à adubação e de bovinos à suplementação da pastagem**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. 57p. (Documentos, 81).
- PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. D. O.; ASSIS, R. L. D.; CARMO, M. L. D.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 815-823, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000700005>
- PAIVA FILHO, S. V.; TAVARES, R. L. M.; FERREIRA, C. S.; GONÇALO, T. P.; SILVA JÚNIOR, J. F. Atributos físicos do solo em área com capim brizantha e ruziziensis. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 366-374, 2021. <https://doi.org/10.21206/rbas.v11i1.12846>
- PRAJAPATI, K.; MODI, H. A. The importance of potassium in plant growth - a review. **Indian Journal of Plant Sciences**, v. 1, n. 2-3, p. 177-186, 2012. <http://doi.org/10.9790/9622-0803054452>
- QUINTAM, C. P. R.; ASSUNÇÃO, G. M. Panorama do agronegócio exportador brasileiro. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 7, e473642, 2023. <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i7.3642>
- RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. How a Soybean Plant Develops. Ames, Iowa State University of Science and Technology, **Coop. Ext. Serv.** 20 p. 1992. (Special Report, 53) - Adaptado por José Tadashi Yorinori. Londrina: Embrapa Soja, 1996.
- SÃO MIGUEL, A. S. D. C.; PACHECO, L. P.; CARVALHO, Í. C.; SOUZA, E. D.; FEITOSA, P. B.; PETTER, F. A. Fitomassa e liberação de nutrientes em sistemas de cultivo de soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 10, p. 1119-1131, 2018. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018001000005>
- SANTANA, G. S.; BIANCHI, P. P. M.; MORITA, I. M.; ISEPON, O. J.; FERNANDES, F. M. Produção e composição bromatológica da forragem do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), submetida a diferentes fontes e doses de corretivo de acidez. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 241-246, 2010. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n1p241>
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. B.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed., revista e ampliada. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.
- SANTOS, O. O.; FALCÃO, H.; ANTONINO, A. C. D.; LIMA, J. R. S.; LUSTOSA, B. M.; SANTOS, M. G. Desempenho ecofisiológico de milho, sorgo e braquiária sob déficit hídrico e reidratação. **Bragantia**, v. 73, n. 2, p. 203-212, 2014. <https://doi.org/10.1590/brag.2014.018>
- SILVA, J. D. L.; RIBEIRO, K. G.; HERCULANO, B. N.; PEREIRA, O. G.; PEREIRA, R. C.; SOARES, L. F. P. Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas de cultivares de *Brachiaria* e *Panicum*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 342-348, 2016. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i332914>
- SILVEIRA, L. P. Suplementação mineral para bovinos. **PUBVET - Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 11, n. 5, p. 489-500, 2017.
- SILVERSTAIN, R. M.; BASSLER, G. C.; MORRIL, T. C. **Identificação espectrométrica de compostos**

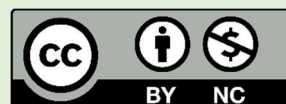
- orgânicos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994. 387p.
- SOKUPA, M. I.; MUPANGWA, J. F.; WASHAYA, S.; TIKWAYO, S. E.; MOPIPI, K. The nutritive value of *Panicum maximum* and *Brachiaria brizantha* grass species. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science**, v. 73, n. 1-2, p. 1-9, 2024. <https://doi.org/10.1080/09064702.2023.2249903>
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p. 308-310.
- SHI, J.; GONG, J.; LI, X.; ZHANG, Z.; ZHANG, W.; LI, Y.; SONG, L.; ZHANG, S.; DONG, J.; BAOYIN, T. T. Phosphorus application promoted the sequestration of orthophosphate within soil microorganisms and regulated the soil solution P supply in a temperate grassland in northern China: A 31P NMR study. **Soil and Tillage Research**, v. 227, e105612, 2023. <http://doi.org/10.1016/j.still.2022.105612>
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 574p.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University Press, 1994. 488p.
- VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C.; MELLO, C. R. D.; LIMA, S. D. O.; ALVES, M. V. G. Distribuição e potencial erosivo das chuvas no Estado do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 02, p. 125-135, 2014.
- VOLF, M. R.; CRUSCIOL, C. A. C.; CUSTÓDIO, C. C.; BOSSOLANI, J. W.; MACHADO, F. G.; WRUCK, F. J.; COSTA, C. H. M.; RIBEIRO, J. F.; SILVA, L. S. Interseeding of ruzigrass into soybean: Strategies to improve forage cultivation in no-till systems. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 66, n. 1, p. 16-24, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2021.02.003>

Agradecimentos: Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em produção vegetal (PPG-PV) da Universidade Federal do Tocantins (UFT) campus Gurupi-TO, à EMBRAPA Pesca e Aquicultura sediada em Palmas-TO e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Contribuições dos autores: O.J.F.J: investigação ou coleta de dados, análise estatística, redação (rascunho original), redação (revisão e edição); S.O.L.: conceitualização, metodologia, validação; C.A.O.A: conceitualização, metodologia, validação; R.E.M.A.: conceitualização, obtenção de financiamento, metodologia; R.R.S.: conceitualização, validação; L.B.: conceitualização, obtenção de financiamento, metodologia; O.C.L.: investigação ou coleta de dados, administração ou supervisão, redação (revisão e edição); B.H.N.N.: investigação ou coleta de dados, análise estatística, redação (rascunho original). Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Disponibilidade de dados: Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos via e-mail, mediante solicitação ao autor correspondente.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflitos de interesses.



Copyright: © 2025 by the authors. This article is an Open-Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons **Attribution-NonCommercial (CC BY-NC)** license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).