

CAPÍTULO 12

DESEMPENHO AGRONÔMICO E ESTADO NUTRICIONAL DA CULTURA DA SOJA EM CONSÓRCIO COM ESPÉCIES FORRAGEIRAS TROPICAIS



<https://doi.org/10.22533/at.ed.2311425140412>

Data de submissão: 13/05/2025

Data de aceite: 13/06/2025

Osvaldo José Ferreira Junior

Universidade Federal do Tocantins.
Gurupi – TO

<http://lattes.cnpq.br/0246163413359698>

Saulo de Oliveira Lima

Universidade Federal do Tocantins.
Gurupi – TO

<http://lattes.cnpq.br/5066832015493062>

Rubens Ribeiro da Silva

Universidade Federal do Tocantins.
Gurupi – TO

<http://lattes.cnpq.br/0879504732456996>

Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida

Embrapa Pesca e Agricultura
Palmas – TO

<http://lattes.cnpq.br/5707913148639098>

Weder Ferreira dos Santos

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO

<http://lattes.cnpq.br/4746400749750427>

Carlos Augusto Oliveira de Andrade

Companhia Nacional de Abastecimento.
Gurupi – TO

<http://lattes.cnpq.br/3711473509342023>

Bruno Henrique di Napoli Nunes

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO

<http://lattes.cnpq.br/2458171258719895>

Olavo da Costa Leite

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO

<http://lattes.cnpq.br/1376566013855749>

Francelino Petenó de Camargo

Universidade Federal do Tocantins
Brasília – DF

<http://lattes.cnpq.br/5249255047252147>

Leandro Bortolon

Research Agronomist
North Dakota State University
<http://lattes.cnpq.br/0853288743924546>

Elizandra Solange Oliveira Bortolon

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/6265713448194695>

Jaci de Souza Dias

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/9825756157307984>

RESUMO: A semeadura precoce de forrageiras sobre a soja em fim de ciclo (sobressemeadura) produz palhada após a colheita e assim se dá a continuidade de um sistema de produção integrado como a integração lavoura-pecuária (ILP) e o consórcio de culturas (CC). Aliado a isso, o sistema de plantio direto (SPD) é um sistema de manejo do solo que visa a sustentabilidade dos solos do Cerrado e benefícios ao cultivo de grãos. Neste contexto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o efeito da palhada de forrageiras sob consórcio em sobressemeadura nas características agronômicas da soja, assim como a relevância no seu estado nutricional. Foram utilizadas seis cultivares de forrageiras, plantio em sobressemeadura, consorciadas com soja em três safras (2020/2021; 2021/2022; 2022/2023) adotando o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, sendo: cv. Ipyporã (*Urochloa brizantha* x *Urochloa ruziziensis*); cv. Piatã (*Urochloa brizantha*); cv. Mombaça (*Megathyrsus maximus*); cv. Zuri (*Megathyrsus maximus*); cv. Quênia (*Megathyrsus maximus*); e cv. Tamani (*Megathyrsus maximus*). Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando teste de Tukey com nível de significância de 5%. Os consórcios com as forrageiras apresentaram o mesmo efeito na produção de grãos (PG). Os componentes de produção número de grão por vagem (NGV) e número de grãos por planta (NGP) e as características população final de plantas (PFP) e resíduo (RS) tiveram efeitos significativos com os consórcios, variando nas safras 2020/2021 e 2021/2022. Em todas as safras, as forrageiras do gênero *Megathyrsus* obtiveram as maiores médias na produção de resíduos em pré-semeadura. Os teores de N, P, K, Ca e S, do tecido foliar estiveram no nível nutricional ideal para todos os consórcios, apenas o Mg não apresentou índices ideais.

PALAVRAS-CHAVE: *Glicine max*. Palhada. Cobertura morta. *Megathyrsus*. *Urochloa*.

AGRONOMIC PERFORMANCE AND NUTRITIONAL STATUS OF SOYBEAN CROP IN INTERCROPTION WITH TROPICAL FORAGE SPECIES

ABSTRACT: Early sowing of forage crops over late-cycle soybeans (overseeding) produces straw after harvest, thus ensuring the continuity of an integrated production system such as Integrated Crop-Livestock (ILP) and Crop Consortium (CC). In addition, the no-tillage system (NTS) is a soil management system that aims to ensure the sustainability of Cerrado soils and benefits grain crops. In this context, the objective of this research was to evaluate the effect of forage straw under intercropping in overseeding on the agronomic characteristics of soybeans, as well as its relevance to their nutritional status. Six forage cultivars were used intercropped with soybean in superseeding in three harvests (2020/2021; 2021/2022; 2022/2023) adopting a randomized block design with four replications, as follows: cv. Ipyporã (*Urochloa brizantha* x *Urochloa ruziziensis*); CV. Piatã (*Urochloa brizantha*); CV. Mombaça (*Megathyrsus maximus*); CV. Zuri (*Megathyrsus maximus*); CV. Kenya (*Megathyrsus maximus*); and cv. Tamani (*Megathyrsus maximus*). The experiment was conducted in a randomized block design with four replications. The data obtained were subjected to statistical analysis using the Tukey test with a significance level of 5%. Intercrops with forages showed the same effects on PG. The NGV and NGP production components and the PFP and RS characteristics had significant effects with the consortia, varying in the 2020/2021 and 2021/2022 harvests. In all harvests, forage plants of the genus *Megathyrsus* obtained the highest averages in pre-sowing residue production. The N, P, K, Ca and S contents of the leaf tissue were at the ideal nutritional level for all consortia, only Mg did not reach ideal levels.

1 INTRODUÇÃO

A região agrícola conhecida como MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), tem como principal atividade o cultivo de grãos, notadamente a soja (SPYRIDES, 2020). O Estado do Tocantins destaca-se como um dos maiores produtores de soja da região Norte, principalmente em função das condições topográficas e logística de transporte que favorece a produção e o escoamento. Na safra 2023/24, o Tocantins cultivou cerca de 1.456,7 mil hectares, com produção de 3,141 mil toneladas. Esses números representam aumento de 9,8% na área e queda de 13,4% na produção em relação à safra 2022/23, que teve 1.326,7 mil hectares plantados e produção de 3,625 mil toneladas (CONAB, 2024), fato relacionado às intempéries climáticas da má distribuição pluviométrica durante a safra 2023/24.

Além de ser fonte de receita para a economia brasileira, a soja desempenha papel crucial na segurança alimentar, sendo importante fonte de proteína na alimentação humana e animal (FREITAS, 2011). No entanto, atender à crescente demanda global por essa commodity sem abertura de novas áreas é desafiador.

Diante disso, os sistemas de produção integrados têm surgido como solução pois sua versatilidade permite otimizar as áreas de produção agrícola (CAMPOS, 2022). Eles se adequam de acordo com as características da região e objetivos de produção, atuando na recuperação de áreas degradadas com o incremento de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes.

A Integração Lavoura Pecuária (ILP) e o Consórcio de Culturas (CC) são práticas integradas de cultivo que permitem a produção de grãos e forragem numa mesma área, aumentando a eficiência no uso da terra e melhorando a fertilidade do solo. Aliada a isso, o sistema de plantio direto (SPD) é um sistema de manejo do solo que visa a sustentabilidade dos solos do Cerrado, uma vez que protege e melhora a qualidade física, química e microbiológica do solo (FAGUNDES et al. 2019; SILVA et al. 2022).

Quando bem manejado, o SPD armazena carbono, que auxilia na manutenção da proporção carbono/nitrogênio (C/N) do solo. Esse processo é viabilizado pelo acúmulo de biomassa vegetal utilizada como cobertura morta no solo. A presença de matéria orgânica melhora a estrutura do solo, formando agregados que aumentam a porosidade e a capacidade de retenção de água frente às variações climáticas e períodos de seca. Sua decomposição libera nutrientes que contribuem à fertilidade do solo (SATO et al. 2012). A palhada também age como uma barreira protetora contra processos erosivos, minimizando a perda de solo e nutrientes (KÖLLN; SILVA; PALUDETTO, 2023).

No Tocantins, a manutenção da palha é desfavorecida pelo regime pluviométrico mal distribuído (excesso ou falta) e pelas altas temperaturas, o que acelera a decomposição

da matéria orgânica, diminuindo a permanência da cobertura no solo, necessária para constância do SPD (ANDRADE, 2015). O uso de forrageiras com alta produção de biomassa e relação C/N é uma estratégia eficaz para diminuir a intensidade de decomposição e conservar a palhada no solo (FERREIRA JÚNIOR, 2018).

A semeadura precoce de forrageiras sobre a soja em maturação (sobressemeadura) proporciona a formação de palhada para o cultivo subsequente da oleaginosa, e assim se dá continuidade ao sistema de produção integrado. As gramíneas pertencentes aos gêneros *Urochloa* e *Panicum* são destaque nesses sistemas devido à alta produção de biomassa e qualidade nutricional, podendo ser utilizada na alimentação animal e/ou cobertura superficial do solo (CORREIA, 2016). As forrageiras desses gêneros possuem a capacidade de manter a palha na área por um período maior devido alta relação C/N (MANFRON et al. 2022). A quantidade de carbono presente nesses resíduos é maior em relação ao nitrogênio, o que torna a decomposição mais lenta, uma vez que os microorganismos do solo necessitam de nitrogênio para realizar esse processo (DE GOUVEIA, 2020).

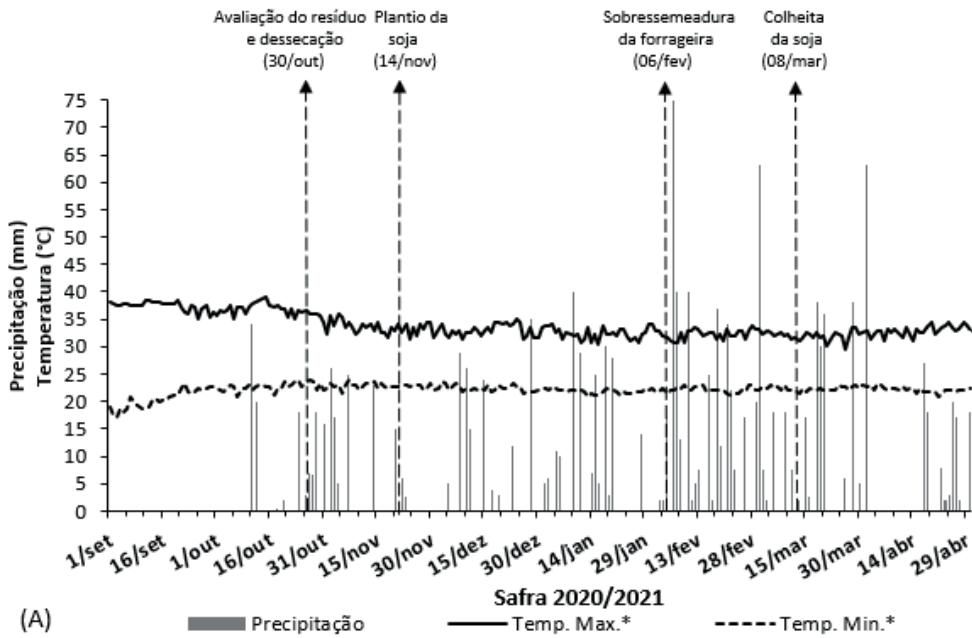
Embora o uso de forrageiras dos gêneros *Urochloa* e *Panicum* no fornecimento de forragem e palha para o SPD seja extensivamente pesquisado, é notável a lacuna em estudos para os solos do Bioma Cerrado, especialmente nas condições edafoclimáticas específicas do Tocantins, conferindo singularidade e relevância a este projeto.

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a produção e o efeito da palhada de forrageiras sob consórcio nas características agronômicas da soja, assim como a relevância no seu estado nutricional.

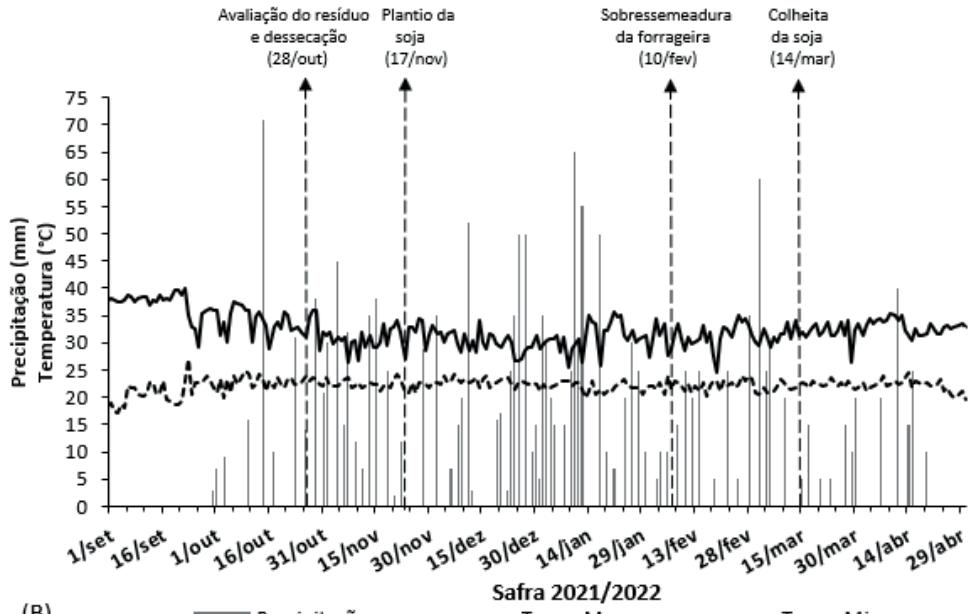
2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo 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, nas safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. O clima da região é tropical, com moderada deficiência hídrica, a temperatura média anual é de 32 °C no período de seca e de 26 °C no período de chuvas, com precipitação anual média de 1804 mm, sendo um verão chuvoso e um inverno seco (PACIEVITCH, 2018).

Os dados climáticos referentes à precipitação, e temperaturas máxima e mínima, durante o período experimental, registrados na Estação Meteorológica da UFT, Campus de Gurupi, estão descritos na Figura 1.



(A) Precipitação — Temp. Max.* — Temp. Min.*



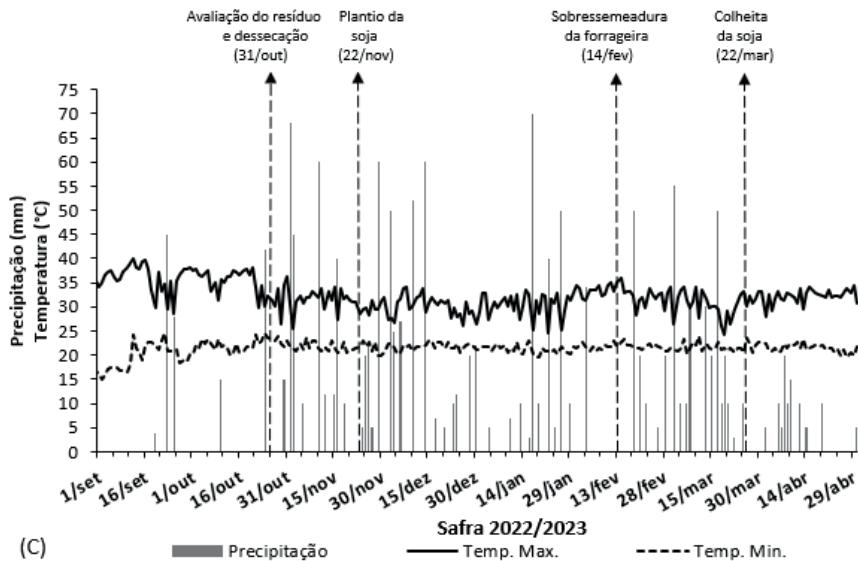


Figura 1. Dados pluviométricos (mm) e temperaturas máximas e mínima (°C) diárias, das safras 2020/2021 (A), 2021/2022 (B) e 2022/2023 (C) na Fazenda experimental da Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2024.

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 (2012), foi realizada a amostragem do solo 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).

pH ¹	M.O.	P ²	K ²	K ²	Ca ³	Mg ³	Al ³	H+Al ³	SB	CTC	V
dag.kg ⁻¹		mg.dm ⁻³			-----	cmolc.dm ⁻³	-----	-----	-----	-----	%
Antes da implantação do experimento (ano de 2012)											
3,98	1,54	1,09	32,01	0,08	0,17	0,06	0,75	4,34	0,31	4,65	6,71
Após a implantação do experimento (ano de 2022) ⁴											
4,66	2,30	15,23	42,16	0,11	1,29	0,38	0,13	2,48	1,79	4,26	41,79
Argila (g kg ⁻¹) (g kg ⁻¹)				Silte (g kg ⁻¹) (g kg ⁻¹)				Areia (g kg ⁻¹) (g kg ⁻¹)			
210				100				690			

Tabela 1. Análise química e textural na camada de 0 a 20 cm antes (ano de 2012) e após (ano de 2022) a instalação do experimento. Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2024.

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

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 em superfície sobre o resíduo vegetal remanescente. 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%, com finalidade de elevar a saturação por bases a 60%, segundo as recomendações propostas por Sousa & Lobato (2004).

Para o preparo do solo, foi utilizado uma grade de 32 polegadas para incorporação do gesso na camada 0 a 40 cm. Na incorporação dos demais fertilizantes e corretivos aplicados em área total, foi usado uma grade de 28 polegadas para a profundidade de 0 a 20 cm. Vale ressaltar que na implantação do experimento (2012) foram utilizadas nos consórcios, seis forrageiras mais usuais da região (ANDRADE, 2015), sendo posteriormente substituídas (2017) por outras cultivares que foram lançadas no mercado com potencial para os consórcios (Tabela 2).

Forrageiras de 2012 a 2016	Forrageiras de 2017 a 2023
cv. Marandu (<i>U. brizantha</i>)	cv. Piatã (<i>Urochloa brizantha</i>)
<i>U. ruziziensis</i>	<i>cv. Ipyporã (U. brizantha x U. ruziziensis)</i>
cv. Mombaça (<i>P. maximus</i>)	cv. Mombaça (<i>M. maximus</i>)
cv. Massai (<i>P. Infestans x P. maximus</i>)	cv. Tamani (<i>M. maximus</i>)
Milheto (<i>P. americanum</i>) – sobressemeadura¹	cv. Zuri (<i>M. maximus</i>)
Milheto (<i>P. americanum</i>) - pós-soja²	cv. Quênia (<i>M. maximus</i>)

Tabela 2. Histórico dos consórcios da soja com forrageiras tropicais de 2012 a 2023. Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2024.

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

Foram utilizadas 6 cultivares de forrageiras consorciadas com soja em sobressemeadura adotando o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, sendo: cv. Ipyporã (*Urochloa brizantha x Urochloa ruziziensis*); cv. Piatã (*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. Para as avaliações da soja, foram colhidos 5 metros lineares das 3 linhas centrais de cada unidade experimental, perfazendo uma área de 7,5 m² de parcela útil.

Nas safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023 foram utilizadas as cultivares de soja Bônus IPRO 8579 RSF, Dom Mario 79I81 IPRO e Olimpo IPRO 80I82 RSF, respectivamente, 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 P_2O_5) + 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 K_2O anterior à semeadura a lanço, como fonte o cloreto de potássio (KCl). Além disso, foi realizado 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.

A sobresseadura das espécies forrageiras foi realizada a lanço, de forma manual, quando a soja atingiu o estádio fenológico reprodutivo R5 (50% da planta com grãos em início de enchimento das vagens) (RITCHIE et al., 1982). Durante o ciclo da forrageira foram realizados três cortes para quantificação da biomassa, os dois primeiros para uma possível destinação à alimentação animal; e o terceiro (resíduo pré-dessecação) visando a manutenção de palhada em superfície do solo para posterior semeadura da soja em SPD. Logo, antes da semeadura da cultura da soja, foi realizada a avaliação do resíduo das espécies forrageiras ($kg\ ha^{-1}$) resultante do estabelecimento do ano anterior à safra.

Após a quantificação da biomassa do resíduo (pré-dessecação), foi realizada a dessecação das espécies forrageiras utilizando o herbicida glyphosate, na dose de 1,8 $kg\ ha^{-1}$ do ingrediente ativo (i.a.), com volume de aplicação de 200 L ha^{-1} , procedendo posteriormente a semeadura. O resumo com as principais operações de manejo realizadas no experimento, com as respectivas datas durante o período experimental, pode ser observado na tabela 3.

Sequência cronológica das atividades	Safras e datas		
	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Avaliação do resíduo da forrageira e dessecação	30/10/2020	28/10/2021	31/10/2022
Plantio da soja	14/11/2020	17/11/2021	22/11/2022
Sobresseadura das forrageiras	06/02/2021	10/02/2022	14/02/2023
Colheita da soja	08/03/2021	14/03/2022	22/03/2023

Tabela 3. Datas das principais atividades realizadas no experimento nas safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2024.

Fonte: Autor (2024).

As práticas agrícolas da soja visando o controle de plantas daninhas, doenças e insetos foram realizados conforme a exigência da cultura da soja.

2.1 Análise das características agronômicas da soja e resíduo das forrageiras

Ao atingir a maturação fisiológica da soja, foram colhidas dez plantas em linha contínua de cada parcela para determinação das características agronômicas, com exceção da produtividade de grãos. A altura de plantas (AP) (cm) foi avaliada com uso de fita métrica com medição a partir do nível do solo até o ápice da planta. A inserção da primeira vagem

(IPV) (cm) foi avaliada com uso de fita métrica com medição a partir do nível do solo até a inserção da primeira vagem produtiva. O peso de cem grãos (PCG) (g) foi realizado com uso de balança analítica digital, contando-se cem grãos ao acaso e pesando-os.

O número de grãos por vagem (NGV) foi determinado pela relação entre o número total de grãos e o total de vagens. O número de vagens por planta (NVP) foi determinado pela relação entre o número total de vagens pelo total de planta. O número de grãos por planta (NGP) foi determinado pela relação entre o número total de grãos e o total de plantas.

A produtividade de grãos (PG) (kg ha^{-1}) foi obtida pelo peso total dos grãos colhidos na parcela útil. As plantas foram colhidas manualmente e colocadas para secagem para posterior debulha mecânica. Após esta operação, os grãos foram pesados corrigindo os valores para o teor de umidade de 13%. A população final de plantas (PFP) (plantas m^{-1}) foi determinada na véspera da colheita. Para tanto, realizou-se a contagem do número de plantas nas 3 linhas centrais com comprimento de 2 metros (parcela útil), em cada unidade experimental, apresentando os resultados em plantas m^{-1} .

O resíduo da soja (RS) (kg ha^{-1}) foi determinado pesando-se as dez plantas colhidas inicialmente para determinação das características agronômicas, procedendo com a subtração do peso de grãos após a debulha, multiplicando pela população da parcela útil e efetuando a transformação para kg ha^{-1} . O resíduo da forrageira (RF) (kg ha^{-1}) foi determinado com um gabarito de 1m^2 e uma tesoura de jardinagem, efetuando o corte até a superfície do solo e coletando todo o material; 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, procedendo com a transformação em kg ha^{-1} .

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F, levando-se em consideração o efeito das cultivares dentro de cada safra. Quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

2.2 Análise dos teores de macronutrientes do tecido foliar da soja

Foram avaliados os teores foliares dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) das plantas de soja quando atingiu o estádio fenológico R2 de desenvolvimento (florescimento pleno), segundo a metodologia de Malavolta (1997). Para isso, foi coletado, de 10 plantas ao acaso da parcela útil, o terceiro trifólio completamente expandindo, excluindo-se o pecíolo. As folhas coletadas foram armazenadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada de ar a 65°C durante 72 horas.

As amostras foram encaminhadas ao laboratório 3rLab para análise dos nutrientes, conforme metodologia de Silva (2009). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F, levando-se em consideração o efeito das cultivares dentro de cada safra. Quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Para todas as análises estatísticas foi utilizado software computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características agronômicas da soja e resíduo das forrageiras

Ao analisar as características agronômicas, altura de plantas (AP), inserção da primeira vagem (IPV) e o peso de cem grãos (PCG), foi observado que não houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) em relação ao consórcio com as forrageiras em ambas as safras 2021/2022 e safra 2022/2023 (Tabela 4).

Os resultados obtidos estão em consonância com a pesquisa realizada por Akhtar et al. (2019); Andrade et al. (2017); Pacheco et al. (2009), que constataram a ausência de variações na altura das plantas de soja cultivadas sobre palhada proveniente de diversas plantas de cobertura.

A altura das plantas e a inserção da primeira vagem são atributos que demonstram variabilidade de acordo com a genética do cultivar e exibem certa plasticidade em resposta às variações ambientais (PERISSATO., 2019; FLOSS., 2022). No entanto, deve-se destacar que, no âmbito deste estudo, não foi observada nenhuma interferência causada por competição na cultura da soja. Isso se deve ao fato de que a densidade populacional das plantas foi ajustada em todas as safras, em conformidade com as recomendações específicas de cada cultivar utilizada. Além disso, durante o processo de semeadura da soja as forrageiras já haviam sido dessecadas como parte do manejo, o que resultou na eliminação da possibilidade de competição por luminosidade entre as plantas.

Em estudos, realizados por Muniz et al. (2021) também não identificaram disparidades significativas na altura das plantas e no ponto de inserção da primeira vagem na cultura de soja, ao analisarem o impacto dos sistemas de produção que envolvem a Integração-Lavoura-Pecuária (ILP) sobre a produtividade de grãos e as características agronômicas da soja.

Forrageiras	AP (cm)		IPV (cm)		PCG (g)	
	2021/2022	2022/2023	2021/2022	2022/2023	2021/2022	2022/2023
Piatã	79,42 a	74,60 a	18,93 a	16,22 a	16,41 a	15,96 a
Ipyporã	79,60 a	75,50 a	19,45 a	18,15 a	15,33 a	15,71 a
Mombaça	78,50 a	76,40 a	21,48 a	18,45 a	16,65 a	16,82 a
Tamani	77,47 a	81,42 a	19,01 a	18,17 a	16,02 a	15,68 a
Quênia	76,77 a	74,87 a	18,34 a	16,15 a	15,33 a	16,29 a
Zuri	75,65 a	75,60 a	18,68 a	18,27 a	15,79 a	15,31 a
Média	77,90	76,40	19,31	17,57	15,92	15,96
CV (%)	2,95	4,12	9,34	11,20	5,17	5,76
DMS	5,28	7,22	4,14	4,52	1,89	2,11

Tabela 4. Valores médios de altura de plantas (AP), inserção da primeira vagem (IPV) e peso de cem grãos (PCG) da soja nas safras 2021/2022 e 2022/2023 sob consórcio com forrageiras tropicais.

Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2024.

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; CV (%): Coeficiente de Variação; DMS: Diferença Mínima Significativa.

O PCG (Tabela 4) é elemento de produção, que na presença de estresse hídrico durante o enchimento dos grãos apresenta variabilidade. No entanto, sistemas que promovem o aporte de biomassa, independentemente do tipo de capim utilizado, favorecem o desenvolvimento da soja, mitigando os estresses que poderiam comprometer o peso dos grãos (SANTOS, et al., 2013). O clima observado nessas safras não foi fator limitante durante o período de enchimento dos grãos (Figura 1A, 1B e 1C).

É possível que a falta de significância estatística observada em relação ao cultivo de soja sob diferentes tipos de palhadas, seja atribuível à semelhança na decomposição e mineralização das palhadas provenientes de diferentes forrageiras (CARVALHO, 2019). Resultado esse, que foi semelhante aos de Pacheco et al. (2009) e Andrade et al. (2017), na qual observaram ausência de diferença entre os tratamentos consórcios.

Com relação a característica número de grão por vagem (NGV) não houve diferença estatística significativa na soja em relação ao consórcio com as forrageiras nos anos de avaliação. Já o número de vagens por planta (NVP), foi observado diferença nas safras 2020/2021 e 2021/2022, sendo que, na safra 2020/2021 o consórcio Soja/Piatã com produção de 42,97 vagens/planta, diferindo-se estatisticamente de Soja/Ipyporã com 34,30 vagens/planta.

Já na safra 2021/2022 o consórcio Soja/Tamani apresentou 63,85 vagens/planta, sendo superior ao Soja/Piatã que com 48,20 vagens/planta. A safra 2022/2023 não houve diferença estatística no NVP da soja e as forrageiras analisadas (Tabela 5).

A quantidade de vagem por planta tem relevância entre os componentes de produção na cultura de soja, e sua manifestação está relacionada a diversos fatores que impactam tanto o crescimento quanto a formação de hastes laterais da planta. Além disso, as condições de precipitação durante o período de floração e o início do desenvolvimento das vagens desempenham papel crítico nesse processo (SILVA; SHIMADA; CANDIDO, 2021; XU et al., 2021).

Forrageiras	NGV			NVP			NGP		
	2020/2021	2021/2022	2022/2023	2020/2021	2021/2022	2022/2023	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Piatã	1,77 a	2,04 a	2,36 a	42,97 a	48,20 b	32,75 a	75,50 a	98,97 b	77,47 a
Ipyporã	2,09 a	2,01 a	2,37 a	34,30 b	54,97 ab	29,80 a	67,80 a	110,85 ab	70,75 a
Mombaça	1,99 a	2,04 a	2,29 a	40,12 ab	60,67 ab	34,18 a	74,77 a	123,87 a	78,18 a
Tamani	1,89 a	1,94 a	2,33 a	36,65 ab	63,85 a	31,67 a	69,85 a	124,17 a	74,05 a
Quênia	2,00 a	1,96 a	2,39 a	38,10 ab	57,10 ab	33,15 a	72,12 a	112,45 ab	79,32 a
Zuri	1,89 a	1,97 a	2,24 a	37,27 ab	55,62 ab	34,22 a	71,25 a	109,75 ab	76,47 a
Média	1,94	1,99	2,33	38,23	56,73	32,63	71,88	113,34	76,04
CV (%)	12,55	6,99	4,69	8,56	10,29	9,30	10,55	8,85	13,23
DMS	0,56	0,32	0,25	7,52	13,41	6,97	17,43	23,05	23,12

Tabela 5. Valores médios de número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por planta (NGP) da soja nas safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023 sob consórcio com forrageiras tropicais. Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2024.

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; CV (%): Coeficiente de Variação; DMS: Diferença Mínima Significativa.

A quantidade de vagens por planta na cultura de soja pode ser atribuída à liberação de nutrientes resultante da rápida degradação do capim, já que na sobressemeadura Soja/ Piatã, o gênero *Urochloa* demonstra menor capacidade de produção de biomassa quando comparado ao gênero *Megathyrsus* (KONZEN, 2019; TEJO, 2019).

Com relação a variável número de grãos por planta (NGP), não houve diferença significativa nas safras 2020/2021 e 2022/2023, porém, na safra 2021/2022 foi notado que a cultura da soja em consórcio com os capins Tamani e Mombaça foram os que apresentaram maiores resultados com 124,17 e 123,87 grãos por planta. Em contrapartida a menor resposta foi o consórcio com o Piatã com 98,97 grãos por planta (Tabela 5). Uma melhor distribuição pluviométrica durante o ciclo da cultura ocorreu na safra 2021/22 (Figura 1B).

Os resultados obtidos em relação ao plantio da soja em consórcio com diferentes forrageiras, demonstram que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados na variável produtividade de grãos (PG), com médias nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23 variando entre 3735 (Quênia) a 4253 kg ha⁻¹ (Tamani); 3777 (Piatã) a 4055 kg ha⁻¹ (Mombaça); e 3583 (Piatã) a 4026 kg ha⁻¹ (Tamani), respectivamente (Tabela 6). Além disso, Andrade et al. (2017) observaram que o consórcio com o capim Mombaça (4238 kg ha⁻¹) proporcionou maior rendimento de grãos na média dos anos estudados comparado aos tratamentos padrões de soja-solteira (2837 kg ha⁻¹), soja-milheto em consórcio (3332 kg ha⁻¹) e soja-milheto-pós (3271 kg ha⁻¹).

Todavia, no estudo de Garcia et al. (2014), não foi verificado diferença significativa na altura de inserção da primeira vagem, população de plantas, componentes de produção e produtividade da soja oriunda da sucessão dos consórcios com milho e cv. Xaraés (*Urochloa brizantha*), *Urochloa ruziziensis*, cv. Tanzânia e Mombaça (*Panicum maximum*), após cinco cortes das forrageiras, atribuindo ao fato de que, a decomposição e mineralização das forrageiras foram semelhantes, além da razoável fertilidade do solo cultivado por um longo período em SPD. Servindo como embasamento, para explicar boa parte dos resultados aqui expostos, pois, na maioria das características e nas safras avaliadas foi observado ausência de diferença entre os tratamentos, sendo que apesar de haver quantidades de resíduos diferentes depositados em pré-semeadura da soja (Tabela 7), a decomposição e mineralização, possivelmente, foi semelhante para as forrageiras, além do longo tempo de cultivo em SPD.

Os dados demonstraram que a população final de plantas (PFP) apresentou diferença estatística na safra 2020/2021, sendo sua maior resposta na Soja/Tamani com 14,36 plantas m⁻¹, e a menor média no Soja/Zuri com 11,77 plantas m⁻¹. Esse resultado indica que tais tratamentos embora tenham uma maior quantidade de plantas de soja, com diferença de aproximadamente 3 plantas m⁻¹ a mais entre os tratamentos, não houve um incremento na produtividade final (Tabela 6). Após a dessecação, foi observado que no capim Tamani, devido ao seu menor porte e relação folha/colmo comparado aos demais *Megathyrsus*, há uma deposição mais rápida e uniforme do resíduo vegetal sobre o solo; todavia, não foi observado nenhum efeito de “envelopamento” das sementes pela palhada das forrageiras na ocasião da semeadura (GREGO e BENEZ, 2003), apesar das consideráveis quantidades de resíduo depositadas em superfície do solo (tabela 7), fato que foi verificado na PFP.

Forrageiras	PG (kg ha ⁻¹)			PFP (plantas m ⁻¹)			RS (kg ha ⁻¹)		
	2020/2021	2021/2022	2022/2023	2020/2021	2021/2022	2022/2023	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Piatã	3928 a	3777 a	3777 a	12,87 ab	11,36 a	17,85 a	3240 ab	2994 a	3083 a
Ipyporã	3802 a	4045 a	3583 a	13,36 ab	11,23 a	18,52 a	2998 abc	3467 a	2802 a
Mombaça	4095 a	4055 a	4000 a	13,86 ab	11,36 a	18,40 a	3298 ab	3628 a	3295 a
Tamani	4253 a	3830 a	4026 a	14,36 a	11,32 a	18,91 a	3312 a	3893 a	3095 a
Quênia	3735 a	3832 a	3702 a	12,35 ab	11,48 a	17,28 a	2466 bc	3743 a	3113 a
Zuri	3747 a	4045 a	3869 a	11,77 b	11,16 a	18,47 a	2179 c	3497 a	3292 a
Média	3927	3930	3826	13,09	11,32	18,24	2915	3537	3102
CV (%)	8,46	9,85	9,23	6,94	5,28	5,72	12,59	24,40	9,28
DMS	763	890	812	2,08	1,37	2,39	843	1983	661

Tabela 6. Valores médios de produtividade de grãos (PG), população final de plantas (PFP) e resíduo da soja (RS) da soja nas safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023 sob consórcio com forrageiras tropicais. Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2024.

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; CV (%): Coeficiente de Variação; DMS: Diferença Mínima Significativa.

Com relação ao resíduo da soja (RS) a safra 20/21 foi a única em que foi observada diferença significativa, Soja/Tamani com 3312 kg ha⁻¹ apresentou o maior resíduo, seguido pela Soja/Mombaça e Soja/Piatã com 3298 e 3240 kg ha⁻¹ de resíduo, respectivamente (Tabela 6). O consórcio de Soja/Zuri foi o que obteve o menor resíduo da soja 2179 kg ha⁻¹. A presença de uma cobertura proporcionada pela senescênciadas folhas de soja sobre as sementes das forrageiras desempenha papel fundamental no processo de emergência, uma vez que amplia o contato delas com o solo e atua como mecanismo de proteção das sementes, especialmente durante períodos de estresse hídrico (MANFRON et al., 2022; VOLF et al., 2021).

Já a relação do resíduo das forrageiras em pré-semeadura da soja, em todas as safras são observadas diferenças entre os tratamentos, sendo que, na safra 2020/2021 o maior destaque foi para os capins Mombaça, Quênia, Piatã e Tamani (2568, 2445, 2196 e 2123 kg ha⁻¹, respectivamente), sendo inferior a esses o Ipyporã (1145 kg ha⁻¹). Com relação à safra 2021/2022 o maior resíduo foi do capim Mombaça (5492 kg ha⁻¹), e o menor do capim Ipyporã (1549 kg ha⁻¹); na safra 2022/2023 o capim Zuri (5811 kg ha⁻¹) foi superior, sendo, Piatã e Ipyporã (2562 e 2283 kg ha⁻¹, respectivamente) inferiores (Tabela 7). Onde se nota que em todos os anos avaliados o capim Ipyporã apresentou a menor quantidade de resíduo em relação aos demais.

Forrageiras	RF (kg ha ⁻¹)		
	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Piatã	2196 a	3012 ab	2562 c
Ipyporã	1145 b	1549 b	2283 c
Mombaça	2568 a	5492 a	5103 ab
Tamani	2123 a	3084 ab	3248 bc
Quênia	2445 a	3414 ab	3295 bc
Zuri	1619 ab	3656 ab	5811 a
Média	2016	3368	3717
CV (%)	20,85	49,51	22,32
DMS	966	3832	1907

Tabela 7. Valores médios de resíduo das forrageiras (RF) na pré-semeadura da soja nas safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023 de forrageiras tropicais sob consórcio com a soja. Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2024.

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; CV (%): Coeficiente de Variação; DMS: Diferença Mínima Significativa.

A presença da palhada resultante das forrageiras sobre a superfície do solo, somada aos resíduos provenientes de culturas anteriores, cria um ambiente altamente propício para o crescimento vegetal, já que melhora as características e propriedades físicas, biológicas e químicas do solo através do fornecimento de nutrientes (TOUNGOS; BULUS, 2019). A maioria dos benefícios conferidos pelas plantas de cobertura se deve a sua decomposição e mineralização, que conserva a água, retêm nutrientes e protege a estrutura do solo (BLANCO; LAL, 2023).

A maior produção de resíduos, é um fator importante para o desenvolvimento da soja, pois, uma maior quantidade de biomassa, contribui para maior ciclagem de nutrientes no sistema, além disso, o sistema radicular fasciculado das forrageiras tropicais confere a essas plantas a capacidade de explorar um volume de solo mais abrangente (FREITAS, 2022; RAMOS, 2018). No manejo das gramíneas pertencentes ao gênero *Urochloa*, deve-se ter cautela, devido à sua elevada emissão de colmos ou folhas de grande comprimento, os quais podem competir de forma mais significativa por recursos disponíveis no ambiente (ALVES et al. 2021; MACHADO et al. 2017).

A permanência da palhada está diretamente relacionada com a taxa de decomposição do material no campo, essas gramíneas tendem a apresentar uma relação C/N mais elevada e maiores teores de lignina durante o período de florescimento (final do ciclo), o que resulta numa mineralização mais lenta e consequente disponibilidade prolongada de nutrientes (NEVES, 2021; TEMPESTA, 2020). Esse fenômeno pode gerar efeitos benéficos a longo prazo no sistema agrícola.

O desempenho do sistema depende da quantidade e qualidade da biomassa produzida pelas plantas de cobertura, como destacado por Wanic et al. (2019). Assim, em regiões onde ocorre a rápida decomposição dos resíduos, como é o caso do bioma Cerrado, é fundamental adotar sistemas de produção que contemplam plantas de cobertura capazes de otimizar a produção de biomassa. Nesse contexto, observou-se que o gênero *Megathyrsus* apresentou as maiores produções de resíduo ao longo dos três anos de estudo.

3.2 Teores de macronutrientes nutriente do tecido foliar da soja

Na tabela 8, é possível verificar que nas safras 2021/2022 e 2022/2023 o estado nutricional de N, P e K, das plantas de soja não foi alterado em função do consórcio com forrageiras tropicais em sobressemeadura. Embora não tenha diferença estatística entre as forrageiras na cultura da soja, pode-se notar que as medias dos nutrientes N, P e K nas análises foram consideradas ideais para os níveis pré-estabelecidos em tecidos foliares de soja, sendo de 4,5 a 5,4 para N, 0,25 a 0,50 para P e de 1,7 a 2,5 dag kg⁻¹ (CANTARELLA et al., 2022; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

Forrageiras	N (dag kg ⁻¹)		P (dag kg ⁻¹)		K (dag kg ⁻¹)	
	2021/2022	2022/2023	2021/2022	2022/2023	2021/2022	2022/2023
Piatã	4,36 a	4,36 a	0,46 a	0,29 a	2,74 a	2,53 a
Ipyporã	4,35 a	4,56 a	0,47 a	0,27 a	2,72 a	2,15 a
Mombaça	4,46 a	4,56 a	0,52 a	0,28 a	2,80 a	2,29 a
Tamani	4,34 a	4,51 a	0,47 a	0,30 a	2,82 a	2,52 a
Quênia	4,50 a	4,39 a	0,48 a	0,29 a	2,72 a	2,39 a
Zuri	4,38 a	4,50 a	0,51 a	0,26 a	2,69 a	2,22 a
Média	4,38	4,48	0,49	0,28	2,75	2,35
CV (%)	4,08	5,25	8,55	11,74	9,33	9,27
DMS	0,41	0,54	0,09	0,07	0,59	0,50

Tabela 8. Teores médios de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) do tecido foliar da soja nas safras 2021/2022 e 2022/2023 sob consórcio com forrageiras tropicais. Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2024.

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; CV (%): Coeficiente de Variação; DMS: Diferença Mínima Significativa.

Na análise dos nutrientes Ca, Mg e S presentes na soja também não houve diferença estatística significativa em função do consórcio da cultura da soja com forrageiras tropicais em sobressemeadura (Tabela 9). Ao analisarmos os níveis dos teores nutricionais foliares para estes nutrientes, Ca e S apresentaram teores ideias nas análises nas safras 2021/2022 e 2022/2023, sendo o recomendado para a cultura da soja de 0,3 a 1,0 para Ca e 0,21 a 0,4 dag kg⁻¹ para S (CANTARELLA et al., 2022; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999). Porém os teores de magnésio foram 0,28 dag kg⁻¹, abaixo do considerado ideal para a cultura que na literatura indica teores entre 0,3 e 1,0 dag kg⁻¹.

Forrageiras	Ca (dag kg ⁻¹)		Mg (dag kg ⁻¹)		S (dag kg ⁻¹)	
	2021/2022	2022/2023	2021/2022	2022/2023	2021/2022	2022/2023
Piatã	0,78 a	0,55 a	0,36 a	0,29 a	0,34 a	0,21 a
Ipyporã	0,77 a	0,50 a	0,35 a	0,27 a	0,34 a	0,20 a
Mombaça	0,71 a	0,50 a	0,39 a	0,28 a	0,36 a	0,20 a
Tamani	0,78 a	0,55 a	0,38 a	0,29 a	0,35 a	0,23 a
Quênia	0,71 a	0,55 a	0,35 a	0,29 a	0,33 a	0,23 a
Zuri	0,75 a	0,52 a	0,36 a	0,27 a	0,34 a	0,20 a
Média	0,75	0,53	0,36	0,28	0,34	0,21
CV (%)	9,62	9,49	6,62	9,69	5,09	13,05
DMS	0,16	0,11	0,05	0,06	0,04	0,06

Tabela 9. Teores médios de macronutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) do tecido foliar da soja nas safras 2021/2022 e 2022/2023 sob consórcio com forrageiras tropicais. Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2024.

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; CV (%): Coeficiente de Variação; DMS: Diferença Mínima Significativa.

Portanto, a variabilidade climática registrada ao longo das safras analisadas pode ser considerada um fator de relevância na interpretação dos resultados obtidos neste estudo. Além disso, a introdução do capim no final do ciclo da cultura de soja é alternativa promissora no estabelecimento de pastagens, já que as forrageiras desempenham um papel na ciclagem de nutrientes, contribuindo para um melhor estado nutricional das plantas de soja cultivadas em sistemas com aporte de biomassa ao longo dos anos.

4 CONCLUSÕES

O cultivo de Soja em sistema de plantio direto com palhada de forrageiras tropicais apresentaram o mesmo efeito na PG.

As forrageiras do gênero *Megathyrsus* produziram maior quantidade de biomassa do que os capins do gênero *Urochloa*.

A nutrição da soja cultivada em palhada de Piatã; Ipyporã; Mombaça; Tamani; Quênia e Zuri foi adequada, e a produtividade de grãos foi superior a 3500 kg ha⁻¹ de grãos, independente da espécie forrageira utilizada no sistema.

REFERÊNCIAS

- AKHTAR, K. et al. Wheat straw mulching offset soil moisture deficit for improving physiological and growth performance of summer sown soybean. **Agricultural Water Management**, v. 211, p. 16–25, 1 jan. 2019.
- ALVES, C. P. et al. Respostas morfofisiológicas das plantas forrageiras sob manejo de cultivo e pastejo: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e10610615405, 2021.
- ANDRADE, C. A. O. **Sobresemeadura de espécies forrageiras em soja para viabilidade do plantio direto e integração lavoura-pecuária no Tocantins**. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) - Universidade Federal do Tocantins – campus de Gurupi. 2015.
- ANDRADE, C. A. O.; BORGHI, E.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; CAMARGO, F. P.; 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 system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 10, p. 861-868, 2017.
- ANFRON, A. C. A. et al. Overseeding of forages in the grain off-season in Brazil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e10111527914–e10111527914, 30 mar. 2022.
- BLANCO, H.; LAL, R. Cover Crops. **Soil Conservation and Management**, p. 211–237, 2023.
- CANTARELLA, H. et al. Boletim 100: **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas - SP: Instituto Agronômico (IAC), 2022.
- CAMPOS, W. D. **As principais tecnologias da agricultura 4.0 na produção de soja**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Agronegócio, Faculdade Vale do Aço, Açaílândia, 2022. 34 f.
- CARNEIRO, J. S. S. et al. Resposta do capim mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação. **Journal of Bioenergy and Food Science**. v. 4, p. 12-25, 2017.
- CARVALHO, W. P. **Recomendações Técnicas para o Uso de Plantas de Cobertura na Proteção do Solo no Período da Seca na Região dos Cerrados**. Planaltina – DF, p. 1-18, 2019.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Boletim da Safra 2024**, v. 11, n. 12, p. 85, 2024.
- CORREIA, N. M.; GOMES, L. J. P. Soybean oversowing with *Urochloa brizantha* and *Panicum maximum* and the straw formation in a no-tillage system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 1209-1218, 2016.
- DE GOUVEIA, R. G. L. **Manejo Eficiente Do Nitrogênio**. Clube de Autores, 2020.
- FAGUNDES, Marla Oliveira et al. Qualidade de um latossolo sob plantio convencional e sistema plantio direto no cerrado baiano, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 281-297, 2019.
- FERREIRA, D. F. SISVAR. Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FERREIRA JÚNIOR, O. J. et al. Agronomic Performance of Soybean Intercropped With Cover Crops and the Effects of Lime and Gypsum Application. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 240, 2018.

FLOSS, E. L; FLOSS, L. G. Maximizando A Produtividade Da Soja. **Tecnologias Aplicadas para o Manejo Rentável e Eficiente da Cultura da Soja**, p. 227, 2022.

FREITAS, B. S. **Bioindicadores de qualidade do solo e produtividade da soja em função do residual da adubação fosfatada e inoculação das gramíneas antecessoras com Azospirillum brasiliense**. Dissertação – Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, 4 maio 2022. p.74.

FREITAS, M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LOPES, K. S.; BUZZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, v.73, n.2, p.143-152, 2014. <<http://dx.doi.org/10.1590/brag.2014.016>>.

GONÇALVES, M. S. et al. Bromatologia de gramíneas tropicais sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. **Nativa**, v. 6, n. 4, p. 415–421, 2018.

GREGO, C. R.; BENEZ, S. H. Manejo da cobertura vegetal do solo na implantação da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merril) semeada com dois mecanismos sulcadores. **Energia Agrícola**, v. 18, n. 3, p. 48-52, 2003.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa: Série Histórica - Dados Diários de 01/01/1988 a 31/09/2023. Porto Nacional. 2023.

KÖLLN, O. T.; SILVA, S. R.; PALUDETTO, A. **O solo: a base para a produção vegetal**. 2023.

KONZEN, L. et al. Plantas de cobertura na entressafra e seu efeito no rendimento da soja. 2019.

MACHADO, L. A. Z. et al. Establishment of perennial forages intercropped with soybean for integrated crop-livestock systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 7, p. 521–529, 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. 2^a Ed., rev. e atual., POTAPOS – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. Piracicaba – São Paulo, Brasil, 1997. p.319.

MANFRON, A. C. A. et al. Sobressemeadura de forrageiras na entressafra de grãos no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. 5279-5288, 2022.

MUNIZ, M. P. et al. Soybean yield in integrated crop–livestock system in comparison to soybean–maize succession system. **The Journal of Agricultural Science**, v. 159, n. 3–4, p. 188–198, 2021.

NEVES, J. F. **Sistemas de Rotação de Culturas em plantio direto e os microrganismos do solo**. [s.l.] Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, 2021.

PACIEVITCH, T. **Geografia do Tocantins**. 2018. Disponível em: <https://www.infoescola.com/geo-grafia/geografia-do-tocantins/>. Acesso em: 28/01/2021.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Sobresemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 455-463, 2009.

PERISSATO, S. M. Interação genótipo ambiente na produtividade, qualidade fisiológica e incidência de sementes verdes em soja (*Glycine max* L.). 2019.

RAMOS, E. DA C. **Avaliação da qualidade do solo em sistemas de pastagem extensiva e rotacionada**. Dissertação—Florianópolis - SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018. p. 67.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação**. CFSEMG ed. Viçosa, MG: 1999.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E. **How a Soybean Plant Develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology, Coop. Ext. Serv., p.20, 1982.

SANTOS, H. P. et al. Rendimento de grãos de soja em diferentes sistemas de produção integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 49-56, 2013.

SANTOS, H. G. DOS et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SATO, J. H. et al. Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 189-193, 2012.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

SILVA, M. A. et al. Sistema de plantio direto e rotação de culturas no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. 3761-3768, 2022.

SILVA, R. R. et al. **Abordagem nutricional em capim Mombaça**. In: SILVA, R. R.; FREITAS, G. A. Capim Mombaça: correção da acidez, gessagem, adubação, bioestimulante, morfofisiologia, qualidade e manejo da pastagem. Palmas: EDUFT, v. 1, 2018. p.253

SILVA, V. B. DA; SHIMADA, B. S.; CANDIDO, G. Os componentes de produção e os aspectos fisiológicos da planta. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 26, 2021.

SPYRIDES, Constantino. Caracterização da variabilidade da precipitação no MATOPIBA, região produtora de soja. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 04, p. 1425-1441, 2020.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes**. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (ed). Cerrado: Correção do solo e adubação. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p. 308-310.

TEAGUE, R.; DELAUNE, P. B.; DOWHOWER, S. L. Impacts of over-seeding bermudagrass pasture with multispecies cover crops on soil water availability, microbiology, and nutrient status in North Texas. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 273, p. 117–129, 2019.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

TEJO, D. P; FERNANDES, C. H. S; BURATTO, J. S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista científica eletrônica de Agronomia da FAEF**, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2019.

TEMPESTA, I. F. **Acúmulo de massa seca, nutrientes e decomposição de plantas de cobertura cultivadas isoladas e consorciadas, antecessoras à cultura da soja**. [s.l.] Universidade Federal De Goiás Regional Jataí, 2020.

TOUNGOS, M. D.; BULUS, Z. W. Cover Crops Dual Roles: Green Manure And Maintenance Of Soil Fertility, A Review. **International Journal of Innovative Agriculture & Biology Research** , v. 7, n. 1, p. 47–59, 2019.

VELOSO, F. R. et al. Crop systems and cover crops for soybean production in the Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, p. e152111133439–e152111133439, 18 ago. 2022.

VOLF, M. R. et al. 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, 1 jun. 2021.

WANIC, M.; ZUK-GOLASZEWSKA, K.; ORZECH, K. Catch crops and the soil environment – a review of the literature. **Journal of Elementology**. v.24, p.31-45, 2019.

XU, C. et al. Responses of Branch Number and Yield Component of Soybean Cultivars Tested in Different Planting Densities. **Agriculture 2021, Vol. 11, Page 69**, v. 11, n. 1, p. 69, 15 jan. 2021.