

Dourados, MS / Dezembro, 2025



Mixes de plantas de cobertura para produção de biomassa no Sistema Plantio Direto

Fernando Mendes Lamas⁽¹⁾ e Rodrigo Arroyo Garcia⁽³⁾⁽¹⁾ Pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

Resumo – O cultivo de plantas de cobertura é uma alternativa para diversificação do sistema produtivo e para potencializar os benefícios do Sistema Plantio Direto. Avaliar o potencial de produção de biomassa da parte aérea de mixes de plantas de cobertura e seu impacto sobre a produtividade da soja constituiu o objetivo deste trabalho. Foram avaliadas as espécies forrageiras *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, *Urochloa ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. BRS Zuri e *P. maximum* cv. BRS Tamani, cultivadas em consórcio com *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan* e *Fagopyrum esculentum*. As espécies forrageiras foram cultivadas em mixes com duas ou três espécies não forrageiras. O experimento foi conduzido utilizando o delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições. A biomassa das plantas de cobertura avaliada imediatamente antes da semeadura da soja variou entre os tratamentos e os anos. Nem sempre os mixes mais complexos foram aqueles que produziram maior quantidade de biomassa na avaliação realizada antes da colheita. A produção de biomassa para parte aérea de gramíneas forrageiras em consórcio com leguminosas é influenciada pelo ano, tendo o regime pluviométrico papel preponderante. Mixes de cobertura com quatro ou mais espécies, sobre o ponto de vista de produção de biomassa da parte aérea, não apresentam vantagens em relação aos mixes com duas espécies. Entre os mixes estudados, o efeito sobre a produtividade de soja não foi expressivo.

Termos para indexação: espécies forrageiras, *Fagopyrum esculentum*, consórcio, soja.

Cover crop mixes for biomass production in the No-Till system

Abstract – The cultivation of cover crops is an alternative for diversifying the production system and enhancing the benefits of the Direct Planting System. The objective of this study was to evaluate the shoot biomass production potential of cover crop mixes and their impact on soybean productivity. The forage species *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, *Urochloa ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. BRS Zuri, and *P. maximum* cv. BRS Tamani were evaluated, intercropped with *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan*, and *Fagopyrum esculentum*. The forage species were grown in mixes with two or three non-forage species. The experiment was conducted using a randomized

Embrapa Agropecuária Oeste

Rodovia BR-163, Km 253,6
Trecho Dourados-Caarapó
Caixa Postal 449
79804-970 Dourados, MS
www.embrapa.br/agropecuaria-oeste
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Rafael Zanoní Fontes

Secretário-executivo

Rômulo Penna Scorza Júnior

Secretário

Gustavo Henrique Pinto

Membros

Adriana Marlene Moreno Pires,
Alexandre Dinnsy Roese, Eliete do
Nascimento Ferreira, Fernando
Mendes Lamas, Guilherme
Lafourcade Asmus, Marciana
Retore, Maria Aparecida Viegas
Martins e Sílvia Mara Belloni

Edição executiva

Rômulo Penna Scorza Júnior

Eliete do Nascimento Ferreira

Revisão de texto

Eliete do Nascimento Ferreira

Normalização bibliográfica

Sílvia Mara Belloni (CRB-1/1662)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Eliete do Nascimento Ferreira

Publicação digital: PDF

Todos os direitos
reservados à Embrapa.

complete block design with five replicates. Cover crop biomass assessed immediately before soybean sowing varied between treatments and years. The most complex mixes did not always produce the greatest amount of biomass in the preharvest assessment. The production of biomass for the aerial part of forage grasses in consortium with legumes is influenced by the year, with the rainfall regime playing a preponderant role; cover crop mixes with four or more species, from the point of view of biomass production of the aerial part, do not present advantages, in relation to mixes with two species; among the mixes studied, the effect on soybean productivity was not significant.

Index terms: forage species, *Fagopyrum esculentum*, consortium, soybean.

Introdução

O cultivo de plantas de cobertura, como alternativa para a diversificação do sistema produtivo, é uma importante estratégia para potencializar os benefícios do Sistema Plantio Direto, proporcionando aumento no armazenamento de água no solo, redução da temperatura, intensificação da ciclagem de nutrientes, aumento da matéria orgânica e incremento da atividade e diversidade biológica. Essas melhorias são provenientes tanto do aporte de palha na superfície quanto da exploração do sistema radicular das plantas no perfil do solo (Ferreira et al., 2023; Souza et al., 2025).

As plantas de cobertura têm importância para os agroecossistemas sustentáveis, aumentando a resiliência da produção agrícola frente à variabilidade climática mais recorrente das últimas safras (Souza et al., 2025), além de mitigar as emissões de gases do efeito estufa para a atmosfera (Silva et al., 2021). Nos últimos anos, muitos agricultores têm valorizado e reconhecido o papel das plantas de cobertura para a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, ainda mais em anos com maior intensidade de deficiência hídrica. A disponibilidade de sementes de plantas de cobertura tem sido facilitador para a adoção dessa prática.

A utilização de gramíneas forrageiras perenes, como os capins, é fundamental nos sistemas de produção. Os efeitos positivos na “construção” do perfil do solo e da maior cobertura da superfície são essenciais para viabilizar o cultivo da soja no verão em algumas regiões (Salton et al., 2017). Plantas com crescimento radicular volumoso e agressivo, além de elevada produção de fitomassa da parte aérea, atenderiam esse propósito (Moreira et al., 2018).

As raízes, após penetrarem em camadas mais restritivas e sofrerem o processo de decomposição, criam bioporos no perfil do solo, facilitando o crescimento de raízes das culturas sucessoras, assim como o movimento de água, ar e fertilizantes. Outro ponto positivo é que essas plantas apresentam a capacidade de vegetar durante todo o período de entressafra da soja, o que é relevante em regiões de menor oferta hídrica nessa época do ano, como no Brasil Central. Algumas gramíneas forrageiras perenes, como *Urochloa brizantha* cv. Piatã, *Urochloa ruziziensis* e *Panicum maximum* cv. Aruana disponibilizam ao sistema pelo menos 169,6 kg ha⁻¹ de K ou o equivalente a 203,5 kg ha⁻¹ de K₂O, evidenciando a ciclagem de nutrientes, que tem papel fundamental na redução dos custos da adubação mineral (Ferreira et al., 2022). A utilização dessas plantas se torna ainda mais importante nos solos do Cerrado, que são altamente intemperizados e com capacidade de troca catiônica (CTC) muito dependente da matéria orgânica, além de serem ácidos e de baixa fertilidade natural.

Alguns trabalhos evidenciaram que para incrementar tanto a matéria orgânica quanto a atividade biológica do solo, é necessário maior aporte de nitrogênio no sistema de produção (Laroca et al., 2018; Ferreira et al., 2018; Sousa et al., 2020). Isso pode ser obtido pelo cultivo de mais leguminosas em um programa de diversificação de culturas. Nesse contexto, a proposta de incluir leguminosas consorciadas com gramíneas forrageiras é uma alternativa para produção de palha, tanto em quantidade como em qualidade, com possibilidade de efeitos positivos na produtividade da soja em sucessão (Machado; Garcia, 2021), com baixo custo, já que algumas leguminosas de cobertura, como crotalária e feijão-guandu, ofertam ao sistema quantidades significativas de nitrogênio por meio da fixação biológica. No trabalho de Ferreira et al. (2023), os autores destacam que o consórcio de feijão-guandu com *U. ruziziensis* acumulou 223 kg ha⁻¹ de nitrogênio na parte aérea das plantas.

A utilização de “mix” de coberturas também vem ganhando espaço nas últimas safras, já que há algumas empresas no mercado ofertando esses produtos. Oportuno destacar que a partição de assimilados é influenciada pela competição interespecífica que se estabelece em um “mix” de espécies (Marenco; Santos, 1999). No entanto, o custo é mais elevado do que uma mistura feita pelo próprio produtor. De acordo com Kummeres et al. (2025), a composição e a configuração das misturas de plantas de cobertura são críticas para seu

desempenho. Outro ponto a ser considerado é que a escolha das plantas deve ser fundamentada, de forma que sempre haja a presença de pelo menos uma leguminosa ou uma gramínea forrageira perene. A rotação de culturas apenas com espécies comerciais, de elevado retorno econômico, seria o modelo de produção ideal. No entanto, as plantas de cobertura podem melhorar a fertilidade e a qualidade do solo, ou seja, o ambiente de produção, favorecendo com isso as culturas comerciais em sucessão. Nesse sentido, para a cultura da soja nas condições de Mato Grosso do Sul, é importante avaliar quais consórcios de plantas de cobertura podem melhorar o aporte de matéria seca (MS) e o potencial produtivo da soja.

O trabalho teve o objetivo de avaliar o potencial de produção de biomassa de diversos mixes de plantas de cobertura e os efeitos na produção da soja em sucessão, durante três safras agrícolas..

Material e métodos

O trabalho foi conduzido em área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, Mato Grosso do Sul. O solo foi classificado como um Latossolo Vermelho Distroférico, de textura muito argilosa (Santos et al., 2006). Utilizou-se um delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições. A unidade experimental continha 5 metros de largura por 10 metros de comprimento.

Os tratamentos com as diversas combinações de plantas de cobertura (Tabela 1) foram implantados nos anos de 2022, 2023 e 2024. Por sua vez, a soja foi cultivada nas safras 2022/2023, 2023/2024 e 2024/2025. A época de semeadura das plantas de cobertura variou entre os anos em função das condições climáticas, mas sempre foi efetuada até meados de março, logo após a colheita da soja. A implantação da soja foi no mês de outubro, nas três safras agrícolas. O consórcio de milho com braquiária foi considerado como testemunha, já que é o cultivo predominante na região, compondo a sucessão soja/milho.

Para a semeadura do consórcio de duas espécies, utilizou-se 50% da quantidade de sementes recomendada de cada espécie quando cultivada de forma solteira. No caso dos mixes com quatro espécies, a densidade de semeadura foi de 25% do que seria no cultivo solteiro. Para as gramíneas forrageiras perenes, estipulou-se uma densidade de semeadura de 3 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis por hectare. Foram realizados testes de germinação para todas as espécies, nos três anos.

Tabela 1. Tratamentos adotados com diversos mixes de plantas de cobertura. Dourados, MS.

Tratamento
1. <i>Urochloa brizantha</i> cv. Xaraés + <i>Crotalaria spectabilis</i> (crotalária spectabilis)
2. <i>U. brizantha</i> cv. Xaraés + <i>Cajanus cajan</i> (feijão-guandu anão)
3. <i>U. brizantha</i> cv. Xaraés + <i>Fagopyrum esculentum</i> (trigo mourisco)
4. <i>U. brizantha</i> cv. Xaraés) + trigo mourisco + feijão-guandu + crotalária spectabilis
5. <i>Urochloa ruziziensis</i> + crotalária spectabilis
6. <i>U. ruziziensis</i> + feijão-guandu
7. <i>U. ruziziensis</i> + trigo mourisco
8. <i>U. ruziziensis</i> + trigo mourisco + feijão-guandu + crotalária spectabilis
9. <i>Panicum maximum</i> cv. BRS Zuri + trigo mourisco + feijão-guandu + <i>Crotalaria juncea</i> (crotalária juncea)
10. <i>P. maximum</i> cv. BRS Tamani + trigo mourisco + Feijão-guandu + crotalária juncea
11. <i>Zea mays</i> (milho) + <i>U. Ruziziensis</i>

As misturas das sementes foram realizadas mecanicamente, e colocadas na caixa de semeadora para plantio direto (SHP1517), com espaçamento entrelinhas de 45 cm. Não houve aplicação de fertilizantes no cultivo das plantas de cobertura. No consórcio de milho com braquiária realizou-se a adubação do milho de acordo com recomendação técnica e a semeadura da braquiária foi nas entre linhas do milho, visando à obtenção de 10 plantas m⁻². Para soja, foi realizada adubação, e os demais tratos culturais foram os recomendados para a cultura.

Em julho de 2022 e de 2023, realizou-se o manejo mecânico, com roçadeira automotriz da parte aérea das plantas de cobertura. O manejo mecânico (rolo-faca, triton ou roçadeira) é uma alternativa para controlar o crescimento excessivo dos capins nos anos mais favoráveis, além de evitar a proliferação de sementes dos cultivos anuais. Imediatamente antes desse procedimento avaliou-se a produção de biomassa, por meio da coleta aleatória de duas subamostras de 0,25m² em cada unidade experimental. A Figura 1 ilustra a produção de biomassa em um dos tratamentos no momento da amostragem. No ano de 2024, não foi possível avaliar a produção de biomassa das espécies de cobertura em função do reduzido crescimento das plantas, em consequência do longo período de estiagem.



Figura 1. *Urochloa brizantha* (cv. Xaraés) + *Cajanus cajan* (feijão-guandu anão), antes do manejo mecânico.

Em setembro de cada ano, foi realizada a dessecação das plantas de cobertura, utilizando glifosato na dose de 2.880 g ha^{-1} (do equivalente ácido). Imediatamente antes da semeadura da soja, realizada na primeira quinzena de outubro de cada ano, determinou-se a biomassa seca sobre a superfície do solo em cada unidade experimental, por meio da coleta aleatória de duas subamostras de $0,25 \text{ m}^2$.

A colheita da soja foi realizada entre a segunda quinzena de fevereiro e a primeira quinzena de março, dependendo do ano agrícola. Foram colhidas mecanicamente as quatro linhas centrais de cada parcela, desconsiderando 1 metro de cada extremidade.

Após aferição da umidade, a produtividade, em kg ha^{-1} , foi estimada com o teor de água corrigido para 13%. Os dados originais, de todas as variáveis avaliadas, foram submetidos à análise de variância, e as médias posteriormente comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

A biomassa dos mixes estudados, quando avaliada no período de outono inverno de 2022 e 2023, foi significativamente influenciada pela

interação entre os fatores tratamentos vs. anos ($P < 0,01$), conforme Tabelas 2 e 3. Entre os anos, a biomassa da parte aérea dos tratamentos foi maior no ano de 2023. Nos dois anos em que foi avaliada, a menor produção de biomassa da parte aérea, à época do manejo mecânico, foi observada nas parcelas com *U. ruziziensis* quando cultivada em consórcio com o milho segunda safra, sem diferir significativamente da média dos tratamentos 6 (*U. ruziziensis* + feijão-guandu); 7 (*U. ruziziensis* + trigo mourisco) e 8 (*U. ruziziensis* + trigo mourisco + feijão-guandu + crotalária *specatabilis*), conforme a Tabela 2. De acordo com os resultados obtidos por Sekiya et al. (2025), além da variação da produtividade de biomassa das espécies integrantes do mix, a relação entre elas pode interferir na produtividade de biomassa do mix.

Vale ressaltar que, após o manejo mecânico das plantas, a produção de fitomassa continuou aumentando, já que todos os mixes continham gramínea forrageira perene. Esse crescimento ocorreu até setembro, ocasião que foi realizada a dessecação química das plantas. No trabalho de Silva (2023), conduzido em Rio Brillante, MS, o crescimento da braquiária após a intervenção mecânica até o manejo químico ultrapassou 4.500 kg ha^{-1} .

Tabela 2. Biomassa seca da parte aérea (kg ha^{-1}) das plantas de cobertura por ocasião do manejo mecânico realizado em julho de cada ano.

Tratamento	Biomassa seca (kg ha^{-1})		
	2022	2023	Média
1	5.226,2	6.454,6	5.220,2 a
2	4.276,9	5.569,7	4.276,9 a
3	4.350,6	5.853,5	4.350,6 a
4	4.393,8	5.791,8	4.393,8 a
5	8.298,2	5.269,4	5.298,2 a
6	3.840,6	5.125,0	3.840,6 ab
7	3.883,7	5.663,1	3.883,8 ab
8	3.973,8	6.358,7	2.873,8 ab
9	4.522,5	5.543,5	4.522,5 a
10	4.563,0	5.470,7	4.563,0 a
11	2.646,5	3.452,2	2.646,5 b
Média	4.270,2 B	5.504,0 A	—
CV (%)	16,86	20,74	—
F trat	5,27**		
F ano	45,86**		
F (trat*ano)	1,03 ^{ns}		

^{ns}Não significativo a 5% pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Médias de tratamentos, seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% e as seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t a 5.

A descrição dos tratamentos está na Tabela 1.

Tabela 3. Quantidade de palha na superfície do solo (kg ha^{-1}) em avaliação realizada imediatamente antes da semeadura da soja, nos anos de 2022, 2023 e 2024.

Tratamento	Quantidade de palha na superfície do solo (kg ha^{-1})		
	2022	2023	2024
1	7.682,6 bA	6.969,7 abA	4.481,2 abcB
2	6.941,3 bA	6.463,4 abcAB	4.509,6 abcB
3	5.629,4 bcA	4.824,7 bcdA	4.731,4 abcA
4	6.695,9 bA	4.269,1 bcdB	4.372,6 abcB
5	11.534,3 aA	8.159,8 aB	6.121,6 abB
6	7.243,7 bA	6.175,4 abcA	3.881,8 bcB
7	5.992,1 bcA	4.877,3 bcdA	6.006,2 abA
8	8.014,5 bA	4.675,2 bcdB	4.606,9 abcB
9	8.359,7 bA	3.903,1 cdB	2.563,6 cB
10	3.014,6 cA	2.450,9 dA	2.683,6 cA
11	6.276,4 bA	6.276,4 abcA	6.464,7 aA
CV (%)	28,33	—	—
F trat	4,42**		
F ano	12,94**		
F (trat*ano)	2,87**		

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

A descrição dos tratamentos está na Tabela 1.

A interação entre os tratamentos e os anos foi significativa ($P < 0,05$). Em 2022, a biomassa do tratamento *U. ruziziensis* + *C. spectabilis* (tratamento 5) foi maior, diferindo significativamente dos demais tratamentos. As menores quantidades de palha no solo quando da implantação da soja foi no ano de 2024, exceto para os tratamentos 3, 7, 10 e 11, cujas médias não diferiram significativamente ($P < 0,05$) entre os anos avaliados (Tabela 3), pela forte restrição hídrica no período de outono/inverno de 2024 (Figura 2). Apesar de a produção de biomassa ser muito baixa e não ter sido avaliada, as quantidades de palha do solo em 2024 são provenientes dos cultivos dos anos anteriores. Pelos resultados obtidos fica evidente o quanto a produção de biomassa da cultura anterior à da soja é afetada negativamente pela disponibilidade hídrica ao longo do ciclo. O potencial de produção de fitomassa é consideravelmente afetado pelas condições climáticas adversas, como a ocorrência de geadas, que é frequente no centro-sul de Mato Grosso do Sul (Figura 3).

Embora a produtividade de MS do consórcio de milho com *ruziziensis* ter sido baixa na avaliação realizada em meados de julho (Tabela 2), houve tempo suficiente até a semeadura da soja para que a *ruziziensis* produzisse MS visando à semeadura direta da soja (Tabela 3). Tal fato pode ser atribuído à

alta capacidade dessa espécie em desenvolver na entressafra, mesmo que em condições de déficit hídrico, que é comum no cerrado.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, a interação entre os fatores mixes e anos, para a produtividade de grãos soja, foi significativa ($P < 0,05$). No primeiro ano, a média do tratamento 11 diferiu da média dos tratamentos 1, 8, 9 e 10, não diferindo da média dos demais tratamentos ($P > 0,05$). Na safra 2023/2024, a produtividade da soja não foi afetada pelos mixes de plantas de cobertura. Isso pode ser resultado da severa restrição hídrica dessa safra, que acabou nivelando todos os tratamentos, com produtividade ao redor de 2.000 kg ha^{-1} , o que também foi observado com os produtores da região (Produtividade ..., 2024).

No terceiro ano, apenas a média do tratamento 2 diferiu significativamente da do tratamento 11. Ou seja, a produtividade da soja após o consórcio de braquiária Xaraés com feijão-guandu foi inferior àquela após o cultivo de milho + *ruziziensis* (Tabela 4). Quando se analisa o efeito de cada tratamento ao longo dos três anos, verifica-se diferença significativa entre os anos para a maioria dos tratamentos, indicando, com isso, a força do fator ano sobre a produtividade da soja.

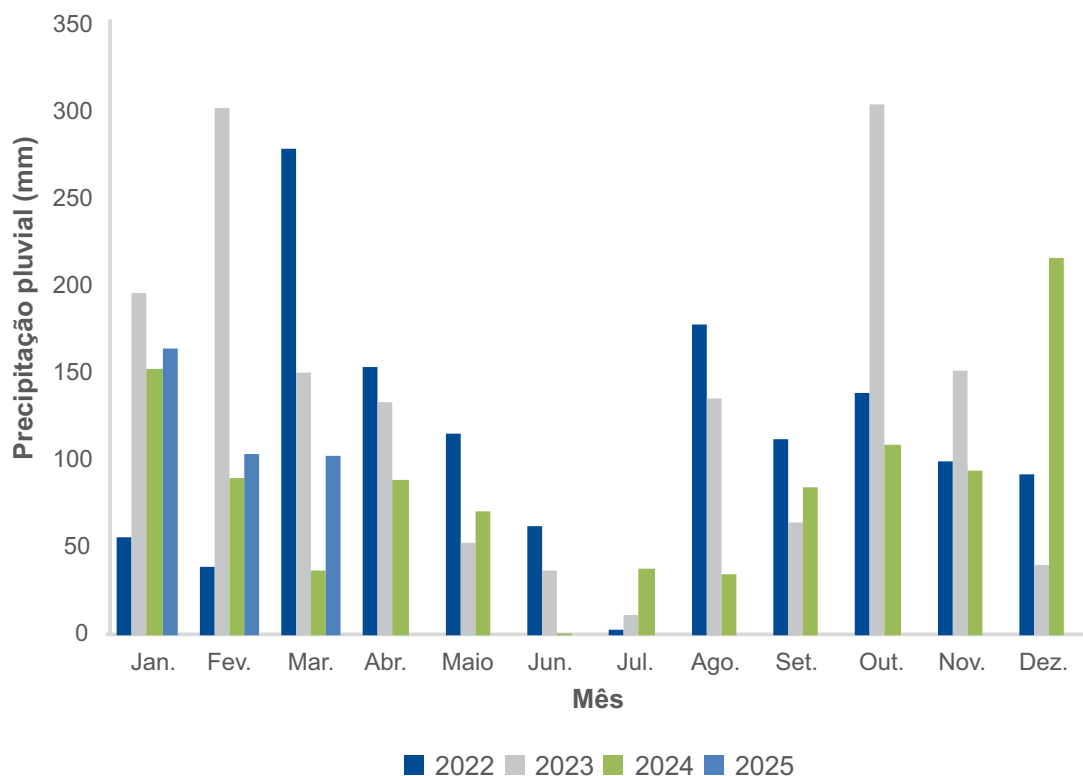


Figura 2. Precipitação pluvial (mm) durante o período de condução do experimento.
Fonte: Guia Clima, 2025.

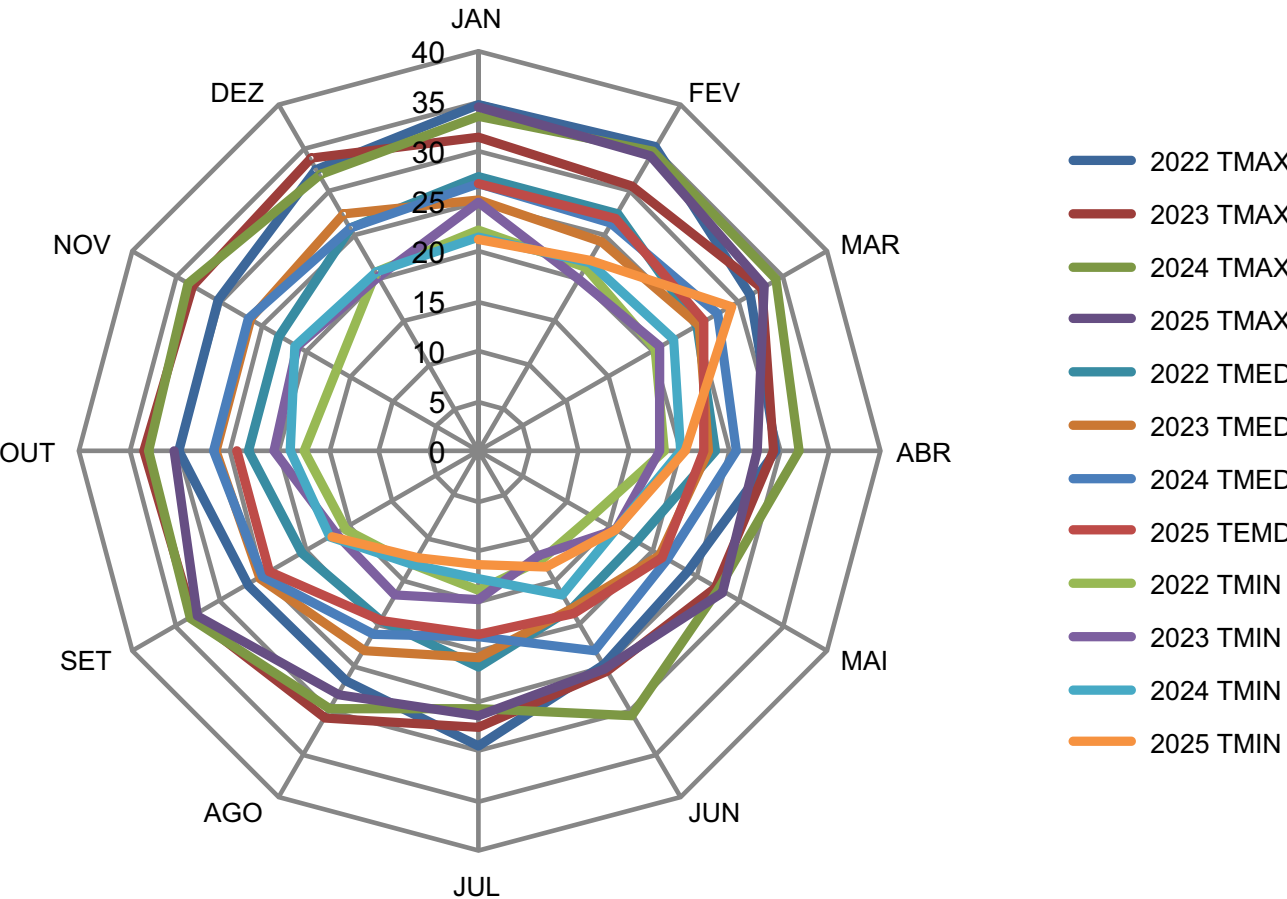


Tabela 4. Produtividade de grãos de soja (kg ha⁻¹) em função dos tratamentos e dos anos.

Tratamento	Produtividade de grãos de soja (kg ha ⁻¹)		
	2022/2023	2023/2024	2024/2025
1	2.930,2 aB	2.156,2 aC	3.627,9 aA
2	2.448,7 abA	2.112,8 aB	2.936,5 bA
3	3.060,4 abB	2.119,5 aC	3.945,5 aA
4	2.882,1 abA	2.124,5 aB	3.302,2 abA
5	2.981,4 abB	1.972,2 aC	3.835,2 abA
6	2.926,1 abA	1.918,4 aB	3.194,8 abA
7	2.867,6 bB	1.908,5 aC	3.723,0 abA
8	3.000,9 aB	1.929,8 aC	3.829,3 abA
9	3.324,9 aA	1.979,7 aB	3.355,5 abA
10	2.854,1 aB	1.947,5 aC	3.431,3 abA
11	2 805,2 bB	2 017,7 aC	4 078,7 aA
CV (%)	7,74	—	—
F trat	0,90 ^{ns}		
F ano	126,61 ^{**}		
F (trat*ano)	2,87 ^{**}		

^{ns} Não significativo a 5% pelo teste F.

^{**} Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

A descrição dos tratamentos está na Tabela 1.

Os efeitos das plantas de cobertura sobre a produtividade da soja variaram entre os anos e dentro da mesma safra agrícola, com exceção da soja 2023/2024, na qual obteve-se a menor produtividade da soja, decorrente da severa restrição hídrica. Araújo et al. (2024), estudando o efeito de espécies de plantas de cobertura cultivadas isoladas ou em consórcio, constataram efeito significativo sobre a produtividade de soja com o consórcio de milho + *U. ruziziensis* e com milheto + *U. ruziziensis* + feijão-guandu. Em trabalhos conduzidos por Tarini et al (2025), em que foram avaliadas diversas espécies de plantas de cobertura, a maior produtividade de grãos de soja foi obtida quando a espécie de cobertura foi a *U. ruziziensis*. A diversificação de culturas de cobertura (gramíneas ou misturas incluindo gramíneas e leguminosas), melhora a saúde do solo, a produtividade da soja e a resiliência a estresses climáticos (Schiebelbein, et al., 2025).

Conclusões

- 1) A produção de biomassa da parte aérea de gramíneas forrageiras em consórcio com leguminosas é influenciada pelo ano, tendo o regime pluviométrico papel preponderante.
- 2) Mixes de cobertura com quatro ou mais espécies, sobre o ponto de vista de produção de biomassa da parte aérea, não apresentam vantagens, em relação aos mixes com duas espécies.
- 3) Entre os mixes de cobertura estudados, o efeito sobre a produtividade de soja não foi expressivo. A diferença significativa observada pode, também, ser atribuída ao ano e, por conseguinte, à quantidade de biomassa.
- 4) *U. ruziziensis* consorciada com *C. spectabilis*, em cultivo consorciado na entressafra da soja, aporta altas quantidades de MS para a semeadura direta da soja em sucessão.
- 5) Os resultados de pesquisas apresentados e discutidos contribuem com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 (Nações Unidas Brasil, 2019), por meio do alcance da Meta 4:

"Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças do clima, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo".

Referências

- ARAÚJO, F.C. de; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M.C.C.; SILVA, M.A. Mixes of cover crops and *Trichoderma asperellum* for enhancing soybean crop yield and sustainability. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 54, e78479, 2024. DOI: 10.1590/1983-40632024v5478479.
- FERREIRA, A. C. de B.; BORIN, A. L. D. C.; LAMAS, F. M.; SOFIATTI, V. Plantas de cobertura em segunda safra: nutrientes na palhada e produtividade de algodoeiro em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 53, e75032, 2023. DOI: 10.1590/1983-40632023v5375032.
- FERREIRA, A. C. de B.; BORIN, A. L. C. D.; LAMAS, F. M.; SOFIATTI, V. **Acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura no sistema plantio direto com rotação soja-algodão**. Campina Grade: Embrapa Algodão, 2022. 25 p. (Embrapa Algodão. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 111). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1147684/1/BOL11-24-10-2022.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.
- FERREIRA, L. B.; LOSS, A.; GIUMBELLI, L. D.; VENTURA, B. S.; SOUZA, M.; MAFRA, A. L.; KURTZ, C.; COMIN, J. J.; BRUNETTO, G. Organic carbon and nitrogen contents and their fractions in soils with onion crops in different management systems. **Soil Research**, v. 56, n. 8, p. 846-855, 2018. DOI: 10.1071/SR18167.
- GUIA clima. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2025. Disponível em: www.cpao.embrapa.br/clima. Acesso em: 10 out. 2025.
- KUMMERES, RUEMANN, D.; LAIDIG, F.; PEPHO, H-P.; BAUER, B. Strategies to develop simple multi-species cover crop mixtures to enhance aboveground biomass and quality. **Field Crops Research**, v. 333, e-110014, 2025. DOI: 10.1016/j.fcr.2025.110014.
- LAROCA, J. V. S.; SOUZA, J. M. A.; PIRES, G. C.; PIRES, G. J. C.; PACHECO, L. P.; SILVA, F. D.; WRUCK, F. J.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, L. S.; SOUZA, E. D. Soil quality and soybean productivity in crop-livestock integrated system in no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1248-1258, 2018. DOI: 10.1590/S0100-204X2018001100007. Resultados da Safra 560/2024 Produtividade Soja Safra 2023/2024.; HE
- PRODUTIVIDADE Soja Safra 2023/2024. Boletim Casa Rural Agricultura, n. 560, maio 2024. Disponível em: https://bit.ly/porta1_sistema_famasul_produtividade_soja_safra_2023-2024. Acesso em: 10 out. 2025.
- MACHADO, L. A. Z.; GARCIA, R. A. **Rendimento de grãos e produção de forragem na sucessão soja e gramíneas perenes consorciadas com crotalárias**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2021. 29 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 88). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134276/1/BP-88-2021.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

MARENCO, R. A.; SANTOS, R. V. C. Wrinnledgrass and rice intra and interspecific competition. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, n. 2, p. 107-111, 1999.

MOREIRA, R.; CHIBA, M.; DE MARIA, I.; SIQUEIRA, C. C. Z.; DUARTE, A. P.; MILORI, D. M. B. P. Role of Crop rotations in the dynamic of soil organic matter pools. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n. 8, p. 341-351, 2018. DOI: 10.5539/jas.v10n8p341.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Articulando os Programas de Governo com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: orientações para organizações políticas e a cidadania**. Brasília, DF, 2018. 86 p. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

SALTON, J. C.; ARANTES, M.; ZIMMER, A. H.; RICHETTI, A.; TOMAZI, M.; KRUKER, J. M.; MERCANTE, F. M.; KICHEL, A. N. **Sistema São Mateus**: viabilidade técnica-econômica do sistema integrado de produção no Bósão Sul-Mato-Grossense. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. 12 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 40). Disponível em: https://bit.ly/infoteca_cnptia_embrapa_br_CT201740. Acesso em: 10 out. 2025.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.

SCHIEBELBEIN, B. E.; SOUZA, V. S.; CHERUBI, M. R. Soil health and management assessment kit (SOHMA KIT®): development and validation for on-farm applications. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 27, e100802, 2025. DOI: 10.1016/j.indic.2025.100802.

SEKIYA, B. M. S.; ANDREOTTI, M.; LUPATINI, G. C.; SILVA, J. R. da; MARANGONI, G. A. O.; BASTISTA, A. R.; FERNANDES, F. B.; COLETA, D. Agronomic performance of soybean in succession to off-season pastures with Urochloa mixes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 60, e03848, 2025. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2025.v60.03848.

SILVA, C. A. da. **Intervenção mecânica e consórcio de braquiária com crotalária em área de plantio direto consolidado**. 2023. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, M. A. G.; NASCENTE, A. J.; FRASCA, L. L. de M.; REZENDE, C. C.; FERREIRA, E. A. S.; FILIPPI, M. C. C. de; LANNA, A. C.; FERREIRA, E. P. de B.; LACERDA, M. C. Isolated and mixed cover crops to improve soil quality and commercial crops in the Cerrado Cultivos de cobertura aislados y mixtos para mejorar la calidad del suelo y los cultivos comerciales en el Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, e11101220008, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i12.20008.

SOUSA, H. M.; CORREA, A. R.; SILVA, B. de M.; OLIVEIRA, S. da S.; CAMPOS, D. T. da S.; WRUCK, F. J. Dynamics of soil microbiological attributes in integrated crop-livestock systems in the cerrado-amazonônia ecotone. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 1, p. 9-20, 2020. DOI: 10.1590/1983-21252020v33n102rc.

SOUZA, V. S.; CANISARES, L. P.; SCHIEBELBEIN, B. E.; SANTOS, D. de C.; MENILLO, R. B.; PINHEIRO JÚNIOR, R.; CHERUBIN, M. R. Cover crops enhance soil health, crop yield and resilience of tropical agroecosystem. **Field Crops Research**, v. 322, e109755.2025. DOI: 10.1016/J.FCR.2025.