



INSTITUTO FEDERAL
Rondônia



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia

Campus Ariquemes

Coordenação do Curso Bacharel em Agronomia

ERICA FARIA SOUZA

**INOCULAÇÃO MICORRÍZICA NA CULTURA DA SOJA SOBRE DIFERENTES
CONSÓRCIOS DE COBERTURAS VEGETAIS**

ARIQUEMES - RO

2025

ERICA FARIA SOUZA

**INOCULAÇÃO MICORRÍZICA NA CULTURA DA SOJA SOBRE DIFERENTES
CONSÓRCIOS DE COBERTURAS VEGETAIS**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Ariquemes, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel, junto ao Curso de Agronomia, sob a orientação do professor Dr. Luciano dos Reis Venturoso e coorientação dos professores Dr^a. Lenita Aparecida Conus Venturoso e Dr. Paulo Prates Junior.

ARIQUEMES - RO

2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

S719

Souza, Erica Faria.

Inoculação micorrízica na cultura da soja sobre diferentes consórcios de coberturas vegetais / Erica Faria Souza. - Ariquemes, 2025.

30 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Luciano dos Reis Venturoso.

Coorientador(a): Prof^ª. Dra. Lenita Aparecida Conus Venturoso.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Ariquemes, 2025.

1. Micorriza arbuscular. 2. Cobertura de solo. 3. Glycine max. I. Venturoso, Luciano dos Reis (orient.). II. Venturoso, Lenita Aparecida Conus (coorient.). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. IV. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Renilce Silva Morais, CRB-11/906



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
RONDÔNIA CAMPUS ARIQUEMES**

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**Inoculação micorrízica na cultura da soja sobre diferentes consórcios de coberturas
vegetais**

Acadêmica: Erica Faria Souza

Orientador: Dr. Luciano dos Reis Venturoso

Coorientadora: Dr^a. Lenita Aparecida Conus Venturoso

Coorientador: Dr. Paulo Prates Junior

Conceito Atribuído: Aprovado

Dr. Luciano dos Reis Venturoso

Dr^a. Lenita Aparecida Conus Venturoso

Dr. Paulo Prates Junior

Dr^a. Ludmila de Freitas

Eng. Agr. Beatriz Militão de Riz

Data da Realização: 21/07/2025.

Ariquemes – RO

2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais, Edson Prates e Maria Estela, que tanto se esforçaram, para me incentivar e me ajudar a chegar até a reta final do curso.

Dedico também, ao meu marido Iury Oliveira, meu irmão Everton Faria e meu sobrinho Emanuel Pereira, que sempre estiveram ao meu lado nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado força e sabedoria para enfrentar esse curso até a reta final.

Aos meus pais, agradeço por todo acolhimento, apoio, dedicação e carinho durante toda a minha vida e principalmente durante o período da graduação.

Ao meu orientador, Luciano Venturoso, e meus coorientadores Lenita Venturoso e Paulo Prates, pelo apoio e incentivo.

Agradeço a todos os colegas e amigos que colaboraram comigo para a implantação em campo deste trabalho, aqueles que enfrentaram dias de sol e chuva, mas se fizeram presentes me apoiando, em especial aos que estiveram desde o início até o final das avaliações como Vanessa Gretzler, Lorhena Vilela, Carlos Vinicius, Bruno Andrade, Karine Santos, Amábile Luzia e Uíris Alves.

Muito obrigada às minhas amigas do coração que conseguiram tornar essa caminhada mais leve e divertida. Principalmente Lorhena Vilela que esteve comigo desde o início, e além de compartilharmos a mesma sala de aula e curso, compartilhamos uma casa e nossas vidas nesses cinco anos, gratidão por estar ao meu lado me dando forças para chegar até aqui.

Obrigada ao meu marido, Iury Oliveira, que sempre me incentivou principalmente na reta final da escrita, onde não media esforços para me animar e aguentou meus dias de sofrimento sempre ao meu lado me apoiando e não me deixando desistir. A minha amiga Alessandra Ribeiro que também esteve comigo nessa fase final, não me deixando desistir, sempre me aconselhando e apoiando no que precisasse.

Inoculação micorrízica na cultura da soja sobre diferentes consórcios de coberturas vegetais

RESUMO

O uso de plantas de cobertura do solo tem contribuído para a formação de matéria orgânica, fornecendo energia para microrganismos, nutrientes para plantas e influenciando a produtividade por aumentar a presença de fungos micorrízicos arbusculares nativos no solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de soja inoculada com micorrizas em diferentes consórcios de plantas de cobertura. A pesquisa foi conduzida na área experimental do Instituto Federal de Rondônia, Campus Ariquemes, sob delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 7 x 2, com três repetições. Nas parcelas foram alocadas as seguintes plantas de cobertura cultivadas em consórcio: braquiária + *Crotalaria ochroleuca*; milho + nabo forrageiro; milho + *C. ochroleuca*; braquiária + feijão guandu; sorgo + *C. spectabilis*; sorgo + nabo forrageiro e pousio. Nas subparcelas, sementes de soja foram inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus intraradices*. As culturas de cobertura foram semeadas nos primeiros dez dias de novembro, em parcelas de 5,4 m de largura por 5 m de comprimento. A soja foi semeada nos segundos dez dias de janeiro de 2023, sobre a fitomassa das coberturas. Os consórcios milho + *C. ochroleuca*, milho + nabo forrageiro e braquiária + feijão guandu produziram fitomassa considerada adequada para o sistema plantio direto, destacando-se o milho + *C. ochroleuca* pela maior produção e acúmulo de nutrientes na fitomassa. As coberturas vegetais demonstram condições favoráveis à soja não inoculada, proporcionando estabilidade na produtividade de grãos. A combinação de inoculação e coberturas vegetais proporciona teores foliares adequados de macronutrientes para a cultura da soja.

Palavras-chave: Micorriza Arbuscular. Cobertura de solo. *Glycine max*.

Mycorrhizal inoculation in soybean crop on different intercropping of cover crops

ABSTRACT

The use of soil cover crops has contributed to the formation of organic matter, providing energy for microorganisms, nutrients for plants and influencing productivity by increasing the presence of native arbuscular mycorrhizal fungi in the soil. The objective of this study was to evaluate the production of soybean inoculated with mycorrhizae on different cover crop consortia. The research was carried out in the experimental area of the Instituto Federal de Rondônia, Ariquemes Campus, under a randomized block experimental design, in a 7 x 2 split-plot scheme, with three replications. The following cover crops grown in consortium were allocated in the plots: brachiaria + *Crotalaria ochroleuca*; millet + forage radish; millet + *C. ochroleuca*; brachiaria + pigeon pea; sorghum + *C. spectabilis*; sorghum + forage radish and fallow. In the subplots, soybean seeds were inoculated with the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus intraradices*. Cover crops were sown in the first ten days of november, in plots measuring 5.4 m wide by 5 m long. Soybean was sown in the second ten days of january 2023, on the phytomass of the covers. The consortia millet + *C. ochroleuca*, millet + forage radish and brachiaria + pigeon pea produced phytomass considered adequate for the no-tillage system, with millet + *C. ochroleuca* standing out for its greater production and accumulation of nutrients in the phytomass. The plant covers demonstrate favorable conditions for non-inoculated soybean, providing stability in grain yield. The combination of inoculation and plant covers provides adequate foliar macronutrient contents for soybean crops.

Keywords: Arbuscular mycorrhizae. Soil cover. *Glycine max*.

INTRODUÇÃO

A alta demanda na produção de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] aliado a grande expansão comercial e populacional, tem mobilizado pesquisas na busca por práticas que aumentem o rendimento e reduzam custos, visando alcançar alternativas para melhorar a produção (FARIAS et al., 2007). No intuito de economizar insumos, tornar as operações mais simples e superar problemas de manejo, práticas conservacionistas como plantio direto e uso de cobertura de solo tornam-se alternativas viáveis.

O uso de cobertura do solo tem auxiliado de forma gradativa na formação de matéria orgânica, a qual fornece energia para os micro-organismos, nutrientes para as plantas e pode influenciar na produtividade das culturas, pois ao permanecer na superfície do solo, a palha tem conservado a umidade do solo, atuado no controle de plantas daninhas e acumulado nutrientes (ALVARENGA et al., 2001), resultando em maior desenvolvimento, e conseqüentemente na produtividade da soja (OLIVEIRA et al., 2013).

O cultivo de plantas de cobertura do solo tem sido realizado com gramíneas e/ou leguminosas. As leguminosas realizam a fixação de nitrogênio do ar, e por seu sistema radicular mais ramificado e profundo, tem possibilitado a absorção dos nutrientes das camadas mais profundas do solo e após sua decomposição, destacando-se o feijão guandu (*Cajanus cajan*), que devido seu sistema radicular profundo, pode explorar o solo e tem grande potencial na reciclagem de nutrientes (ALCÂNTARA et al., 2000).

As gramíneas proporcionam o acúmulo de matéria orgânica em profundidade, suas raízes quando decompostas por micro-organismos do solo, liberam os nutrientes que além de favorecer o solo, contribuem para o aumento da eficiência na adubação fosfatada e da nutrição das plantas (SALTON e TOMAZ, 2014). Dentre as gramíneas, destaca-se a *Brachiaria ruziziensis*, a qual possui crescimento inicial rápido e bom desempenho como cobertura de solo (CECCON, 2011), seu sistema radicular tem promovido boa estruturação do solo e proporcionado ambiente favorável para o desenvolvimento radicular da cultura subsequente, como a soja (SALTON e TOMAZ, 2014). Outra gramínea importante, o milheto (*Pennisetum glaucum*), tem se destacado pela estruturação de seu sistema radicular e capacidade de ciclagem de nutrientes para a cultura seguinte (MARCANTE et al., 2011).

Entre as gramíneas mais utilizadas como palhada para a proteção do solo tem-se o milheto, sorgo (*Sorghum bicolor*) e as braquiárias, enquanto entre as leguminosas, as crotalárias e o feijão guandu. O consórcio entre gramíneas e leguminosas têm demonstrado vantagens significativas. Esse sistema de cultivo combinado resultou em alta produção de matéria seca,

além de proporcionar proteção e adubação do solo, visto que as gramíneas contribuem com seu sistema radicular profundo, melhoram a estrutura do solo e a infiltração de água, enquanto as leguminosas, por sua capacidade de fixação de nitrogênio, enriquecem o solo com nutrientes essenciais, beneficiando a cultura subsequente (OLIVEIRA et al., 2022). O consórcio, portanto, tem combinado as vantagens estruturais das gramíneas com os benefícios nutricionais das leguminosas, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes. Essa estratégia integrada pode melhorar a produtividade das culturas e promover a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas agrícolas, tornando-os mais resilientes às mudanças climáticas e a outras adversidades ambientais.

As plantas de coberturas podem aumentar a presença de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nativos no solo, beneficiando os cultivos subsequentes (MIRANDA et al., 2001). A maioria das plantas podem formar micorrizas, porém há uma diferença morfológica para aquelas formadas por diferentes filamentos de fungos com diferentes grupos de plantas hospedeiras, sendo possível assim distingui-las (SAGGIN JÚNIOR e SILVA, 2005). Dentre as micorrizas, as mais comuns são as arbusculares, as quais podem ser encontradas na maioria dos solos e plantas. Estas podem auxiliar as raízes das plantas a alcançarem espaços que sem elas não conseguiriam, e contribuem para o aumento na absorção de nutrientes, proporcionando benefícios quanto ao seu desenvolvimento, produção, adequação a fertilizantes, dentre outros. Esses fungos podem sobreviver em simbiose com cerca de 80% das plantas terrestres, e tem aumentado a absorção de nutrientes, principalmente o P, e água, podendo garantir maior resistência a seca e promover à planta, maior tolerância a metais pesados através da retenção dessas raízes, sendo importantes componentes do ciclo do C no solo (PEREIRA et al., 2010).

Mesmo em solos adubados e corrigidos, a presença de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) proporcionou resultados favoráveis quanto à melhoria da estrutura do solo e à absorção de nutrientes pelas plantas. Em solos com baixo índice de micorrizas nativas, o uso de inoculantes, à base do fungo *Rhizophagus irregularis*, promoveu efeito significativo na produtividade da soja, possibilitando também que a espécie inoculada obtivesse melhores resultados em termos de crescimento e rendimento, quando comparada com as espécies nativas do solo (MIRANDA e MIRANDA, 2002).

Ainda que se tenha informações acerca dos benefícios da utilização de coberturas vegetais do solo de forma solteira ou consorciada, assim como àqueles proporcionados pelos FMAs, estudos que relacionem essas temáticas ainda são escassos na região. Nesse sentido, torna-se importante o desenvolvimento de pesquisas que busquem analisar práticas sustentáveis de cultivo, que proporcionem melhorias na absorção de nutrientes pela cultura da soja e possam

influenciar de forma positiva sobre seu desempenho agronômico. Diante do exposto, o trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da inoculação com micorrizas em soja cultivada sobre diferentes consórcios de coberturas vegetais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Ariquemes, localizado em latitude 9° 55' 12" S, longitude 62° 56' 59" O e altitude de 128 metros. O solo da área experimental foi classificado como do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (SANTOS et al., 2018), e o clima segundo classificação de Köppen e Geiger, fica submetido ao grupo tropical chuvoso, tipo Aw, com total pluviométrico anual oscilando entre elevado e moderadamente elevado e nítido período de estiagem, com média anual de precipitação entre 1400 a 2600 mm, e temperatura média do ar variando entre 24 a 26°C (RONDÔNIA, 2012). No Estado há duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa que ocorre de outubro a abril e outra seca, de junho a agosto. Sendo os meses de maio e setembro considerados meses de transição entre os regimes (CARVALHO et al., 2016).

A área experimental vem sendo cultivada há duas safras, com diferentes espécies de coberturas, contudo, sem cultura em sucessão. Foi realizada a análise de solo, na profundidade de 0-20 cm, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 1. A calagem foi realizada com calcário dolomítico, PRNT 75%, de forma a elevar a saturação de bases do solo para 60%.

Tabela 1. Resultados da análise de solo na profundidade de 0-20.

pH em H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	MO	Argila	Silte	Areia
	mg.dm ⁻³			cmolc.dm ⁻³			g.dm ⁻³		g.kg ⁻¹	
5,0	11,7	0,07	2,0	0,9	0,0	5,02	23	848	81	70

O preparo do solo para a implantação das espécies de cobertura vegetal foi realizado de forma convencional, com uma gradagem pesada seguida de uma niveladora. A calagem ocorreu em outubro, aproximadamente vinte dias antes da semeadura, utilizando-se calcário dolomítico com o objetivo de elevar a saturação de bases para 60%.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 7 x 2, com três repetições. Nas parcelas foram alocadas as plantas de cobertura de solo, brachiaria (*Urochloa ruziziensis*), milheto (*Pennisetum glaucum*), sorgo (*Sorghum bicolor*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), feijão guandu (*Cajanus cajan*) e duas espécies de crotalárias (*Crotalaria ochroleuca* e *C. spectabilis*), as quais foram cultivadas em consórcio: brachiaria + *C. ochroleuca*; milheto + nabo forrageiro; milheto + *C. ochroleuca*;

brachiaria + feijão guandu; sorgo + *C. spectabilis*; sorgo + nabo forrageiro e o pousio. Nas subparcelas, as sementes de soja submetidas e não à inoculação com fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus intraradices* (produto comercial Rootella BR[®]), via tratamento de sementes na cultura da soja.

A semeadura das coberturas foi realizada no primeiro decêndio de novembro de 2021, em parcelas de 5,4 x 4,5 m de comprimento, contendo doze linhas espaçadas por 0,45 m entre si, e densidade de acordo com as recomendações de cada cultura. A adubação foi realizada com 40 kg.ha⁻¹ de N, 120 kg de P e 100 kg de K, utilizando-se ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

As culturas foram monitoradas, realizando-se as práticas de manejo de acordo com sua ocorrência. O manejo de plantas daninhas foi realizado por meio de capina, enquanto o manejo de insetos-pragas com pulverizações de inseticidas. A primeira pulverização ocorreu com produto à base de tiametoxam (141 g/L) + lambda-cialotrina (106 g/L) na dose de 28,2 g.ha⁻¹ + 21,2 g.ha⁻¹ de i.a e calda de 200 L, enquanto a segunda foi realizada com produto à base de deltametrina (25 g/L) na dose de 5 g.ha⁻¹ de i.a e calda de 300 L.

Cerca de sessenta dias após a semeadura foi realizada a roçagem das coberturas vegetais. Sete dias após o corte foi determinada a fitomassa inicial das coberturas, sendo amostrado os resíduos em dois pontos de cada parcela, com auxílio de uma quadrícula de 0,5 x 0,5 m, coletando-se todo material contido na área delimitada pela quadrícula. Os resíduos vegetais foram lavados com água destilada e acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 60°C até a obtenção de massa constante. Posteriormente, os materiais foram pesados, sendo os resultados expressos em kg.ha⁻¹. Após a pesagem, cada amostra foi moída, em moinho tipo Willey, e coletado em média 5 g, os quais foram acondicionados em sacos plásticos, identificados, e enviados ao laboratório para análise química dos macronutrientes da fitomassa inicial. Foi quantificado o acúmulo de macronutrientes, por meio da multiplicação dos teores de nutrientes (g.kg⁻¹) pela fitomassa inicial (kg.ha⁻¹), sendo os resultados expressos em kg.ha⁻¹.

Quinze dias após o corte das coberturas foi utilizado um trator para marcação das linhas e abertura dos sulcos. Foram utilizadas sementes de soja, cultivar M8644 IPRO, as quais foram tratadas, primeiramente, com fungicida à base de metalaxil-M (10 g/L) + fludioxonil (25 g/L), na dose de 1 g.ha⁻¹ + 2,5 g.ha⁻¹ do i.a e calda de 500 mL para 100 kg de sementes. Após o tratamento, as sementes foram deixadas para secar por 30 minutos. Em seguida, foi realizada a inoculação com o produto BiomaBrady[®] (*Bradyrhizobium japonicum*) SEMIA 5079 e SEMIA 5080), na dose de 92 mL por 100 kg de sementes. Para metade das sementes foi utilizado o inoculante comercial Rootella BR[®], à base do fungo micorrízico *Rhizophagus intraradices*, na

dose de 120 g.ha⁻¹. Todas as sementes foram colocadas em sacola plástica, agitadas por cerca de um minuto e deixadas secar novamente por mais 30 minutos.

A semeadura da soja foi realizada no segundo decêndio de janeiro de 2022, nas entrelinhas do cultivo das coberturas vegetais. As dimensões das parcelas foram de 4 m de largura x 4,5 m de comprimento, compostas por 8 linhas espaçadas a 0,50 m entre si. A parcela foi subdividida, 2 m de largura por 4,5 m de comprimento contendo 4 linhas, de modo a receber as sementes tratadas e não com as micorrizas. Foi considerado como área útil, as duas linhas centrais, descartando-se 0,5 m em cada extremidade, perfazendo uma área de 3,5 m². Aos dez dias após a emergência foi realizado o desbaste das plântulas, de modo a se obter população de 200.000 plantas por hectare. A adubação foi realizada conforme a análise de solo (RIBEIRO et al., 1999), 80 kg.ha⁻¹ de P e 120 kg.ha⁻¹ de K, utilizando-se 444,44 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples e 206,89 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio.

Para o manejo de plantas daninhas foi realizado duas pulverizações do herbicida à base de glifosato, utilizando-se na primeira, produto com concentração de 577 g/L e dose de 1.140 g.ha⁻¹ e na segunda, 480 g/L e dose de 960 g.ha⁻¹ com calda de 200 L para ambas as pulverizações. Para o manejo de insetos-pragas como lagartas do gênero *Spodoptera*, mosca branca (*Bemisia tabaci*), percevejos (*Piezodorus guildinii*) e (*Euschistus heros*), tripses (*Frankliniella* spp.) foram realizadas três pulverizações de inseticidas, sendo a primeira a base de dinotefuram (84 g/L) + lambda-cialotrina (48 g/L), na dose de 42 g.ha⁻¹ + 24 g.ha⁻¹ do i.a., a segunda à base de tiametoxam (141 g/L) + lambda cialotrina (106 g/L), na dose de 28,2 g.ha⁻¹ + 21,2 g.ha⁻¹ do i.a., e a terceira com sulfoxaflor (100 g/L) + lambda cialotrina (150 g/L), na dose de 20 g.ha⁻¹ + 30 g.ha⁻¹ do i.a., respectivamente. Foi adotado para todos os produtos, calda de 200 L. Foram realizadas ainda, duas pulverizações para prevenção de doenças fúngicas, com produto a base de mancozebe (750 g/kg) na dose de 1,5 kg.ha⁻¹ do i.a. e calda de 200 L, em intervalo de dez dias.

Na cultura da soja foram analisados os caracteres: comprimento de raiz, massa seca da raiz, número de nódulos, massa seca de nódulos, altura das plantas, teor de macronutrientes foliar, inserção da primeira vagem, população de plantas, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, massa de cem grãos e o rendimento.

Por ocasião do florescimento da cultura da soja (R2), quando mais de 50% das plantas da parcela apresentavam flores abertas, foi mensurada a altura de plantas, medida em cinco plantas aleatoriamente, do colo ao ápice. Neste mesmo estágio foi realizada a coleta de cinco plantas por parcela com o auxílio de uma pá reta, desprezando-se as duas plantas laterais. As plantas foram lavadas em peneiras para remoção do solo, e levadas ao laboratório para

mensuração do número e massa seca de nódulos e comprimento e massa seca da raiz. A determinação da massa seca dos nódulos e das raízes foi realizada em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 60°C, até atingirem massa constante.

Ainda no estágio de florescimento, foi realizada a coleta de trinta trifólios para análise de macronutrientes foliar. Foi coletado o terceiro ou quarto trifólio com pecíolo, escolhidas de forma aleatória, os quais foram lavados com água destilada e acondicionados em sacos de papel kraft, e colocados em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 60°C, até obtenção de massa constante. Posteriormente, o material foi moído, em moinho tipo Willey, e enviados para análise química do teor de macronutrientes.

A colheita foi realizada manualmente na área útil de cada subparcela, contando-se o número de plantas e extrapolando os valores para hectare, de modo a mensurar a população de plantas. Em cada parcela foram coletadas dez plantas representativas para mensuração da altura final (do colo ao ápice da planta), altura de inserção da primeira vagem (do colo à inserção da vagem), número de vagens por planta e o número de sementes por vagem. Todas as plantas da área útil foram trilhadas, em trilhadeira vencedora MOD. B-150, e o rendimento de grãos contabilizado $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, com padronização da umidade em 13%. A determinação do grau de umidade foi realizada em três subamostras, em estufa a 105°C por 24 horas (BRASIL, 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa Sisvar e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância indicou diferenças significativas entre a fitomassa produzida pelas coberturas vegetais, assim como os macronutrientes acumulados nas mesmas (Tabela 2). O consórcio de milho + *C. ochroleuca* apresentou a maior fitomassa inicial, seguida dos consórcios milho + nabo forrageiro e brachiaria + feijão guandu, os quais apresentaram resultados semelhantes entre si. Estes consórcios produziram fitomassa superior a 6 ton.ha⁻¹, valores considerados adequados para o sistema plantio direto, por Alvarenga et al. (2001) para uma cobertura eficiente sobre o solo, promovendo sua proteção e conservação.

Tabela 2. Produção de fitomassa inicial e acúmulo de macronutrientes em culturas de cobertura vegetal cultivadas em consórcio.

Coberturas Vegetais	Fitomassa inicial (kg.ha ⁻¹)	Acúmulo de macronutrientes (kg.ha ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Sorgo + Nabo Forrageiro	4.862,7 de	70,1 e	13,4 c	121,8 c	21,9 c	19,0 d	8,0 de
Sorgo + <i>C. spectabilis</i>	4.863,3 de	79,8 d	12,9 c	136,7 bc	21,4 cd	17,0 de	7,3 ef
Milho + Nabo Forrageiro	7.648,7 b	108,4 b	14,5 bc	220,6 a	35,2 b	32,9 b	13,4 b
Milho + <i>C. ochroleuca</i>	11.310,0 a	142,5 a	18,7 a	229,1 a	50,9 a	52,6 a	19,8 a
Brachiaria + Feijão Guandu	6.308,7 bc	92,3 c	16,4 ab	156,3 bc	31,5 b	28,7 c	9,8 cd
Brachiaria + <i>C. ochroleuca</i>	5.878,7 cd	93,8 c	17,2 ab	178,9 ab	29,2 b	29,2 c	10,1 c
Pousio	3.801,3 e	57,4 f	8,2 d	103,5 c	14,6 d	14,4 e	6,1 f
CV%	7,70	3,42	7,17	12,09	8,3	4,66	6,16

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos corroboram os dados de Torres et al. (2014), que observaram que a combinação de crotalária e milho resultou em maior produção de fitomassa quando comparada a sistemas que utilizam apenas monoculturas ou consórcios com espécies menos adaptadas. Essa maior produção beneficiou a durabilidade da cobertura no solo, prolongando os efeitos positivos no sistema agrícola, como redução da perda de umidade e proteção contra erosão.

De modo geral, foi observado no consórcio de milho + *C. ochroleuca* o maior acúmulo de macronutrientes (Tabela 2). Este consórcio demonstrou ser o mais eficiente em termos de produção de fitomassa e ciclagem de nutrientes, contribuindo significativamente para o enriquecimento do solo. Vale destacar que quando comparado ao pousio, o referido consórcio apresentou incremento nos percentuais dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, em cerca de 148,3, 128,0, 121,4, 248,6, 265,3 e 224,6%, respectivamente, reforçando sua eficácia como prática de manejo sustentável.

Os consórcios de milho + nabo forrageiro, brachiária + feijão guandu e brachiária + *C. ochroleuca* apresentaram desempenho intermediário, superando os resultados encontrados no pousio, e demonstrando semelhança no acúmulo de alguns nutrientes, com o consórcio de milho + *C. ochroleuca*. As gramíneas, como o milho, tem sido reconhecida pela elevada produção de fitomassa e alta relação C/N, o que contribuiu para uma palhada mais duradoura, enquanto as leguminosas, como a crotalária, enriquecem o solo com nitrogênio através da fixação biológica, melhorando a fertilidade do solo (ANDRIOLI e PRADO, 2012).

A prática do pousio demonstrou limitada capacidade de acúmulo de nutrientes, reforçando a necessidade de estratégias mais ativas para a ciclagem e o enriquecimento do solo. O diferencial entre os melhores tratamentos e o pousio evidenciou a importância de implementar consórcios vegetais mais produtivos para maximizar o aporte de biomassa e nutrientes no sistema agrícola. O estudo de Oliveira et al. (2022) também demonstraram que as áreas com pousio apresentaram os menores índices de macronutrientes e de acúmulo de matéria seca. Esse resultado evidencia a importância das coberturas vegetais na manutenção e melhoria da fertilidade do solo, contribuindo diretamente no desenvolvimento das culturas subsequentes.

Com relação aos dados coletados na cultura da soja (Tabela 3, 4, 5, 6, 7 e 8), verificou-se na análise de variância interação significativa entre os fatores coberturas vegetais e inoculação micorrízica para os caracteres comprimento de raiz, massa seca de raiz, população de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos, rendimento e teor de nitrogênio, fósforo e enxofre nas folhas de soja. Enquanto que para a altura no florescimento e final, inserção da primeira vagem e teor de potássio, cálcio e magnésio nas folhas de soja foi observado efeito simples das coberturas vegetais.

Ao analisar a interação dos dados quanto às coberturas vegetais, foi constatado maior comprimento de raízes (CR) e massa seca de raiz (MSR) no consórcio de milho + nabo forrageiro, enquanto o consórcio de sorgo + nabo forrageiro resultou em maior MSR na cultura da soja, quando a mesma recebeu a inoculação micorrízica (Tabela 3). O efeito combinado das plantas de cobertura e da micorriza torna-se essencial para otimizar o desenvolvimento radicular

em sistemas manejados. O destaque do nabo forrageiro quanto ao desenvolvimento das raízes de soja pode estar relacionado à sua contribuição para a descompactação do solo, criando canais preferenciais para o crescimento das raízes da soja, além de apresentar ampla capacidade de reciclagem de nutrientes, como fósforo e nitrogênio (HANSEN et al., 2023). Avaliando a dinâmica biológica do fósforo em solos sob culturas de cobertura com espécies micorrízicas, Dalla Costa, (2003) observou que o cultivo de nabo forrageiro aumentou a atividade de fosfatases ácidas no solo, enzimas associadas à mineralização de fosfatos orgânicos, sugerindo uma interação indireta com a atividade de micro-organismos benéficos, incluindo micorrizas. Esse efeito ficou evidente nos consórcios em que a cultura foi combinada com gramíneas como o milho e o sorgo, os quais também podem influenciar positivamente a dinâmica de nutrientes no solo.

Tabela 3. Valores médios do comprimento de raiz e massa seca da raiz em plantas de soja, coletadas no estágio R2, cultivadas em diferentes coberturas vegetais e inoculação micorrízica.

Coberturas vegetais	Comprimento de raiz (cm)		Massa seca de raiz (g)	
	Inoculação		Inoculação	
	Sim	Não	Sim	Não
Sorgo + Nabo Forrageiro	38,9 ab A	40,6 a A	3,90 a A	3,50 b B
Sorgo + <i>C. spectabilis</i>	41,6 a A	38,3 ab A	3,70 ab A	3,75 ab A
Milheto + Nabo Forrageiro	39,1 ab A	29,9 ab B	3,97 a A	3,62 ab B
Milheto + <i>C. ochroleuca</i>	33,7 abc A	27,8 b A	3,68 ab A	3,60 ab A
Braquiária + Feijão Guandu	33,6 abc A	30,5 ab A	3,84 a A	3,70 ab A
Braquiária + <i>C. ochroleuca</i>	27,3 c A	31,3 ab A	3,70 ab A	3,90 a A
Pousio	28,7 bc B	38,5 ab A	3,33 b B	3,80 ab A
CV %	13,90		4,21	
	11,11		3,39	

*Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A cobertura com pousio resultou nos maiores valores de CR e MSR quando a soja não foi inoculada. Esse resultado sugere que a composição vegetal do pousio, onde observou-se a presença de plantas daninha como *Rhynchospora nervosa* (capim estrela) e *Cyperus rotundus* (tiririca), pode ter contribuído para a baixa taxa de colonização micorrízica. Algumas famílias de fanerógamas, como *Brassicaceae* e *Cyperaceae*, não formam associações micorrízicas, o

que pode limitar essa simbiose benéfica em áreas onde essas espécies predominam (SOUZA et al., 2006). Angelini et al. (2012) também observaram redução na colonização micorrízica da soja em áreas com cobertura de pousio, atribuindo esse efeito à presença de plantas da família *Cyperaceae*.

Ao analisar a interação quanto à inoculação micorrízica foi observado nas sementes inoculadas, maior CR no consórcio sorgo + *C. spectabilis*, superando as coberturas de brachiaria + *C. ochroleuca* e pousio (Tabela 3). Algumas espécies vegetais desenvolvem sinergia com a inoculação micorrízica, como as crotalárias, que de acordo com Germani e Plenchette, (2004), seriam altamente dependentes de micorrizas, e sua inoculação com *Glomus intraradices* pode favorecer o crescimento e nodulação em várias espécies de crotalária, além de aumentar a infectividade micorrízica no solo. Jabborova et al. (2022), concluíram que em condições de seca, o uso de FMA proporcionou aumento no volume de raiz, 85,2%, e no comprimento total da raiz, 61,9%, quando comparado ao tratamento controle.

Para a MSR, os consórcios milho + nabo forrageiro, sorgo + nabo forrageiro e brachiaria + feijão guandu, quando a soja foi inoculada, apresentaram desempenho superior ao do pousio, indicando que essas combinações ofereceram condições favoráveis para o desenvolvimento radicular da soja (Tabela 3). Esse efeito pode estar associado ao fato das culturas como o sorgo e o milho conseguirem proporcionar a multiplicação dos fungos micorrízicos, onde as hifas do fungo penetram as raízes da planta ajudando a criar um sistema radicular adicional, beneficiando os cultivos subsequentes (MIRANDA e MIRANDA, 2004). Segundo Pivetta et al. (2011), ao realizarem pesquisa sobre crescimento e atividade de raízes de soja em função do sistema de produção, concluíram que o uso de milho e do sorgo na primavera favoreceu o crescimento das raízes de soja, indicando que ambas contribuíram para a melhoria do solo e conseqüentemente para o bom desenvolvimento radicular da cultura subsequente.

Na soja não inoculada o maior CR foi observado no consórcio sorgo + nabo forrageiro, diferindo-se apenas de milho + *C. ochroleuca*. O nabo forrageiro, presente na maioria dos consórcios em destaque, pode facilitar a penetração das raízes da soja, contribuindo para o maior acúmulo de biomassa radicular e melhoria na estrutura física do solo (HANSEN et al., 2023). Todavia, para a MSR o melhor desempenho foi relatado no consórcio de brachiaria + *C. ochroleuca*, superando o consórcio com sorgo + nabo forrageiro. O uso de brachiaria como cobertura do solo, possui a capacidade de formação de canais e galerias no solo, devido a decomposição de seu sistema radicular, melhorando a estrutura física e criando ambiente favorável ao desenvolvimento do sistema radicular da cultura subsequente, o que possibilita

maior volume de exploração pelas raízes e, conseqüentemente, melhor aproveitamento do perfil do solo (SALTON e TOMAZI, 2014). Garcia e Machado (2019) apontam que a palhada e o sistema radicular do consórcio de *B. ruziziensis* com *C. ochroleuca* na entressafra favoreceram as condições edáficas, refletindo positivamente no desempenho da soja.

Para os dados de altura de plantas e de inserção da primeira vagem foi verificado efeito simples das coberturas, sendo constatado no florescimento da cultura da soja maior altura na cobertura com pousio, superando apenas o consórcio sorgo + nabo forrageiro (Tabela 4). O consórcio de sorgo + nabo forrageiro também resultou nos menores valores de altura final, inferior aos valores de altura observados nos consórcios de milho + nabo forrageiro, milho + *C. ochroleuca*, brachiaria + feijão guandu e pousio, e na inserção da primeira vagem, sendo inferior ao consórcio de milho + *C. ochroleuca*. Essa maior inserção pode estar associada ao elevado valor de fitomassa inicial, 11.310,0 kg.ha⁻¹. Resultado que corroboram com Veloso et al. (2022), onde as maiores alturas de plantas de soja foram observadas após o cultivo de crotalária, feijão guandu, lab lab e pousio, enquanto que a palhada de crotalária, lab lab, pousio e milho influenciaram na maior altura de inserção da primeira vagem na cultura da soja cultivada no sistema de plantio direto.

Tabela 4. Valores médios de altura de plantas no florescimento (APF), altura final (AF) e altura de inserção da primeira vagem (IPV) de plantas de soja cultivadas em diferentes coberturas vegetais.

Coberturas vegetais	Altura de plantas no florescimento (cm)	Altura final de plantas (cm)	Altura de inserção da primeira vagem (cm)
Sorgo + Nabo Forrageiro	38,70 b	54,33 b	10,87 b
Sorgo + <i>C. spectabilis</i>	40,37 ab	56,07 ab	11,77 ab
Milho + Nabo Forrageiro	41,05 ab	60,53 a	12,87 ab
Milho + <i>C. ochroleuca</i>	41,23 ab	60,70 a	14,37 a
Brachiaria + Feijão Guandu	41,68 ab	61,73 a	12,27 ab
Brachiaria + <i>C. ochroleuca</i>	41,83 ab	58,25 ab	11,73 ab
Pousio	43,40 a	60,28 a	13,43 ab
CV%	4,44	4,84	11,59

*Médias seguidas por letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O baixo desempenho do consórcio de sorgo + nabo forrageiro nos caracteres avaliados na Tabela 4, pode estar associado à alelopatia. Biesdorf (2017) verificou que o uso do sorgo resultou em alelopatia sobre a soja e as plantas daninhas, sendo que as menores percentagens de emergência, altura de inserção de primeira vagem e número de vagens por plantas na cultura da soja, quando semeada em até 40 dias após a colheita do sorgo.

Com relação aos componentes do rendimento foi verificado comportamento diferenciado das coberturas vegetais sobre o desempenho da cultura da soja. Os consórcios de sorgo + nabo forrageiro e milheto + *C. ochroleuca* proporcionaram maior NGV à soja inoculada (Tabela 5). Para a M100 os consórcios de sorgo + nabo forrageiro, milheto + nabo forrageiro, brachiaria + feijão guandu e brachiaria + *C. ochroleuca* resultaram em aumento na M100 da soja inoculada, enquanto que nas coberturas onde se utilizou o sorgo + *C. spectabilis*, milheto + *C. ochroleuca* e pousio houveram incremento na M100 da soja não submetida a inoculação. Em estudo realizado por Jie et al. (2022), concluíram que a inoculação da soja com *Rhizophagus intraradices* promoveu incrementos significativos em diversos parâmetros agrônômicos, entre eles, efeitos positivos no aumento do peso de cem sementes, produtividade por planta e por área (0,04 hectare), no número de vagens e sementes por planta.

Para a M100 os consórcios de sorgo + nabo forrageiro, milheto + nabo forrageiro, brachiaria + feijão guandu e brachiaria + *C. ochroleuca* resultaram em aumento na M100 quando a soja foi inoculada, enquanto que nas coberturas onde se cultivou sorgo + *C. spectabilis*, milheto + *C. ochroleuca* e pousio houveram incremento na M100 da soja não submetida a inoculação. Machado e Garcia (2021) obtiveram maior massa de cem grãos quando a soja foi cultivada após o consórcio de gramíneas com *C. juncea* ao comparar com a gramínea solteira ou consorciada com *C. ochroleuca*. Enquanto que Bressan et al. (2001), avaliando fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, teores de nutrientes e produção do sorgo e soja consorciados, observaram que o peso de grãos secos variou conforme a espécie de fungo micorrízico utilizada e dose de fósforo aplicada ao solo, sendo que o fungo *Glomus etunicatum* destacou-se por apresentar maior eficiência tanto no sorgo quanto na soja, independentemente do nível de fósforo.

Quando a soja foi inoculada o consórcio de sorgo + nabo forrageiro obteve o maior valor para M100, superando os demais consórcios. Enquanto que para a soja não inoculada, o consórcio com sorgo + *C. spectabilis* obteve maior resultado, sem se diferir, dos consórcios sorgo + nabo forrageiro e do pousio. A presença das crotalárias se destaca pela eficiente ciclagem de nutrientes, em especial de N através da FBN, mesmo apresentando moderado rendimento de fitomassa (DELAZERI et al., 2020). Silva e Castro et al. (2014) observaram que

o cultivo de milho em sucessão à crotalária proporcionou efeito positivo sobre a massa de grãos por espiga, evidenciando a resposta da cultura à adubação nitrogenada em função das culturas antecessoras e da maior disponibilidade de nutrientes no solo.

Tabela 5. Valores médios de número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (M100) de plantas de soja cultivadas em diferentes coberturas vegetais e inoculação micorrízica.

Coberturas vegetais	Número de vagens por planta		Número de grãos por vagem		Massa de cem grãos	
	Inoculação		Inoculação		Inoculação	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Sorgo + Nabo Forrageiro	70,8 bc A	71,3 bc A	2,60 abcA	2,44 a B	14,17 a A	13,11 abB
Sorgo + <i>C. spectabilis</i>	70,6 bc B	85,9 a A	2,46 bc A	2,55 a A	13,04 b B	13,49 a A
Milheto + Nabo Forrageiro	84,2 ab A	78,1 abcA	2,73 a A	2,62 a A	13,07 b A	12,34 c B
Milheto + <i>C. ochroleuca</i>	69,8 c A	65,4 c A	2,65 ab A	2,49 a B	12,45 cdB	12,98 b A
Brachiaria + Feijão Guandu	84,2 ab A	79,4 ab A	2,54 abcA	2,62 a A	12,83 bcA	12,38 c B
Brachiaria + <i>C. ochroleuca</i>	89,8 a A	88,3 a A	2,60 abcA	2,47 a A	13,17 b A	12,81 bcB
Pousio	82,2 abcA	69,3 bc B	2,44 c A	2,48 a A	12,34 d B	13,00 abA
CV %	6,40		3,29		1,07	
	7,34		2,99		1,69	

*Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o NVP verificou-se maiores valores no consórcio sorgo + *C. spectabilis* quando a cultura da soja não foi inoculada, enquanto que no pousio os melhores resultados foram observados na soja inoculada (Tabela 5). Foi observado que os dados de NVP relacionaram-se de forma inversa com a população de plantas, pois a maior população no consórcio sorgo + *C. spectabilis* (Tabela 6) provocou a redução de vagens, assim como verificado no pousio, onde houve maior população na soja não inoculada, e conseqüentemente menor número de vagens. Mauad et al. (2010), observaram que o aumento da densidade de semeadura resultou em plantas mais altas, porém, com menor número de ramificações, o que levou à redução no número de vagens por planta. Esse efeito foi atribuído à menor emissão de ramos laterais em populações densas, limitando os locais disponíveis para a formação de vagens.

Tabela 6. População de plantas (PO) e rendimento de grãos (REND) de plantas de soja em diferentes coberturas vegetais e inoculação micorrízica.

Coberturas vegetais	População de plantas (plantas.ha ⁻¹)		Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)	
	Inoculação		Inoculação	
	Sim	Não	Sim	Não
Sorgo + Nabo Forrageiro	224.166 a A	232.500 a A	3.173,0 ab A	3.018,6 a A
Sorgo + <i>C. spectabilis</i>	224.166 a A	188.333 b B	3.477,8 a A	3.211,8 a A
Milheto + Nabo Forrageiro	206.666 ab A	217.500 ab A	3.197,8 ab A	3.351,3 a A
Milheto + <i>C. ochroleuca</i>	216.666 a A	235.000 a A	2.707,0 b B	3.255,7 a A
Brachiaria + Feijão Guandu	191.666 ab A	216.666 ab A	3.030,6 ab A	3.371,5 a A
Brachiaria + <i>C. ochroleuca</i>	168.333 b B	215.000 ab A	2.688,2 b A	3.100,0 a A
Pousio	185.833 ab B	240.000 a A	2.619,8 b B	3.425,0 a A
CV %	6,14		9,59	
	8,08		8,78	

*Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na cultura da soja inoculada a maior quantidade de NVP foi observada no consórcio de brachiaria + *C. ochroleuca* superando os consórcios de sorgo + nabo forrageiro, sorgo + *C. spectabilis* e milho + *C. ochroleuca*. Quando a soja não recebeu inoculação micorrízica os consórcios com melhor desempenho foram brachiaria + *C. ochroleuca* e sorgo + *C. spectabilis*, os quais superaram os resultados obtidos nos consórcios sorgo + nabo forrageiro, milho + *C. ochroleuca* e pousio. Na pesquisa de Oliveira et al. (2019), a soja inoculada com *Rhizophagus clarus* não proporcionaram aumento no número de vagens, tanto em condições de cultivo irrigado quanto em não irrigado. Machado e Garcia, (2021) observaram que na safra 19/20, o maior NVP de soja foi observado quando foi cultivada em sucessão ao consórcio de gramíneas forrageiras com *C. ochroleuca*, superando os sistemas com gramíneas solteiras ou consorciadas com *C. juncea*. Além disso, essa variável apresentou valores superiores na safra 19/20, quando a soja sucedeu *C. ochroleuca*, em comparação à safra anterior, 18/19.

Para a população de plantas, os maiores valores foram registrados nas combinações sorgo + *C. spectabilis* quando a soja foi inoculada. No consórcio brachiaria + *C. ochroleuca* e no pousio a maior população foi verificada para a soja não inoculada (Tabela 6). Ressalta-se

que o desbaste de plantas foi realizado aos dez dias após a semeadura com intuito de ajustar o estande para dez plantas por metro linear, todavia, em grande parte das áreas ocorreu atraso na emergência de plântulas, resultando em alteração nos valores após a realização do desbaste.

O rendimento de grãos foi influenciado pelas coberturas vegetais e pela inoculação micorrízica (Tabela 6). O consórcio milheto + *C. ochroleuca* e o pousio proporcionaram maior rendimento quando a soja não foi inoculada. Araújo et al. (2024), observaram que a aplicação de micro-organismos multifuncionais, como *Trichoderma asperellum*, em combinação com coberturas vegetais como milheto + *U. ruziziensis* e milheto + *U. ruziziensis* + feijão guandu, elevou a taxa fotossintética e a produtividade da soja.

Quando a cultura da soja não recebeu inoculação, todas as coberturas demonstraram condições favoráveis à soja, resultando em rendimento semelhante entre si, e superior a 3.200 kg.ha⁻¹ na média. Para a soja inoculada, o uso do consórcio de sorgo + *C. spectabilis* resultou nos maiores valores de rendimento de grãos, superando os consórcios de milheto + *C. ochroleuca*, brachiaria + *C. ochroleuca* e pousio. Em ambos os consórcios onde se utilizou a *C. ochroleuca* houve redução no rendimento de grãos. Garcia e Machado (2019), ao avaliarem o consórcio de braquiária com diferentes espécies de crotalária, incluindo *C. ochroleuca*, na entressafra observaram aumento na produtividade da soja em sucessão, atribuindo o fato à maior produção de fitomassa e melhoria na cobertura do solo. Estudos realizados na região de Rio Verde - GO, avaliando diferentes sistemas de rotação de culturas no verão e safrinha, foi observado que as maiores produtividades de milho foram obtidas quando cultivado sobre palhadas de algodão, girassol, guandu e nabo forrageiro, enquanto que para a cultura da soja, os melhores desempenhos produtivos ocorreram nas sucessões com palhadas de milho, aveia, sorgo e milheto (CRUZ et al., 2006).

Para a cultura da soja, é fundamental monitorar os teores de nutrientes nas folhas para garantir uma nutrição adequada e maximizar o potencial produtivo da planta. Os valores ideais de nutrientes nas folhas podem servir como referência para avaliar a sanidade e o desenvolvimento da soja. De acordo com Kurihara et al. (2005), as faixas ideais de macronutrientes nas folhas foram estabelecidas como referência, sendo o nitrogênio (N) indicado nos valores entre 25 a 45 g.kg⁻¹, o fósforo (P) deve variar de 3 a 5, enquanto o enxofre (S) apresentou variação entre 1 a 3 g.kg⁻¹. Seguindo estes parâmetros como indicadores foi verificado que a soja, inoculada ou não, cultivada sobre as diferentes combinações de coberturas vegetais apresentaram nutrição adequada de N, P e S (Tabela 7).

Tabela 7. Teor de macronutriente nas folhas ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) de plantas de soja cultivadas em diferentes coberturas vegetais e inoculação micorrízica.

Coberturas vegetais	Nitrogênio (N)		Fósforo (P)		Enxofre (S)	
	Inoculação		Inoculação		Inoculação	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Sorgo + Nabo Forrageiro	33,33 aA	32,83 aA	3,70 abA	3,97 aA	2,37 aA	2,23 aB
Sorgo + <i>C. spectabilis</i>	33,97 aA	33,00 aA	3,77 abA	3,70 aA	2,20 abB	2,37 aA
Milheto + Nabo Forrageiro	34,47 aA	34,30 aA	3,50 abA	3,53 aA	2,30 abA	2,27 aA
Milheto + <i>C. ochroleuca</i>	35,13 aA	34,97 aA	3,63 abA	3,57 aA	2,30 abA	2,40 aA
Brachiaria + Feijão Guandu	34,80 aA	28,27 bB	3,63 abA	3,97 aA	2,30 abA	2,27 aA
Brachiaria + <i>C. ochroleuca</i>	34,13 aA	33,97 aA	3,20 bB	3,80 aA	2,27 abA	2,27 aA
Pousio	33,13 aA	34,10 aA	3,90 aA	3,80 aA	2,13 bB	2,27 aA
CV %	3,65		7,16		2,97	
	3,99		4,39		3,19	

*Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme observado para o teor de N, a soja inoculada cultivada sobre brachiaria + feijão guandu obteve melhor resultado comparada com a soja não inoculada. Não houve diferenças significativas entre as coberturas vegetais quando se inoculou as sementes de soja. Esse resultado destaca que a inoculação contribuiu para uma nutrição adequada de nitrogênio, independentemente da cobertura utilizada. Resultado semelhante foram relatados por Meng et al. (2015), que observaram em sistema de consórcio soja/milho que a co-inoculação com fungo micorrízico arbuscular (*Glomus mosseae*) e rizóbios aumentou significativamente a absorção de nitrogênio pela soja, melhorando ainda, a eficiência da fixação de nitrogênio pela cultura. Valadão et al. (2020), destacaram que o consórcio entre gramíneas e leguminosas proporciona relação C/N intermediária, regulando a taxa de decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos de oferta e demanda de nitrogênio para as culturas comerciais.

No caso do fósforo (P), o consórcio de brachiaria + *C. ochroleuca* obteve os maiores teores quando a soja não inoculada. Alves Neto (2021), em sua pesquisa, observou que o uso de *Crotalaria juncea* influenciou positivamente no fornecimento de P para a soja, destacando

que o consórcio entre *C. juncea* e outras plantas de cobertura, como *Pennisetum glaucum* e *Urochloa ruziziensis*, foi responsável pelos maiores teores foliares de fósforo na soja.

Nas plantas inoculadas a área de pousio proporcionou maior quantidade de P para a soja, sendo superior apenas do consórcio de brachiaria + *C. ochroleuca*. Almeida (2018), observou que a área de pousio resultou em maior concentração de P na solução do solo, e o teor foliar de P e a produtividade de grãos de soja foram maiores após o pousio, indicando maior biodisponibilidade de fósforo no solo para as culturas subsequentes. Bressan et al. (2001), concluíram que a inoculação com fungos micorrízicos aumentou as concentrações foliares de N, P, K, Zn e Cu.

As faixas consideradas como ideais para o potássio (K) situa-se entre 15 a 25 g.kg⁻¹, para o cálcio (Ca) entre 8 a 15 e o magnésio (Mg) na faixa entre 2 a 5 g.kg⁻¹ (KURIHARA et al., 2005). Conforme as faixas mencionadas destaca-se que todas as coberturas vegetais proporcionaram nutrição adequada quanto aos teores de K e Ca, enquanto que para os teores de Mg apenas os consórcios de milho + *C. ochroleuca*, brachiaria + feijão guandu e brachiaria + *C. ochroleuca* se mantiveram na faixa adequada, e as demais coberturas resultaram em plantas de soja com teor elevado de Mg, acima dos valores indicados para a cultura (Tabela 8).

Tabela 8. Teor de macronutriente nas folhas (g.kg⁻¹) de plantas de soja cultivadas em diferentes coberturas vegetais.

Coberturas vegetais	Potássio (K)	Cálcio (Ca)	Magnésio (Mg)
Sorgo + Nabo Forrageiro	20,90 a	10,43 b	5,05 b
Sorgo + <i>C. spectabilis</i>	20,30 ab	11,13 ab	5,25 b
Milheto + Nabo Forrageiro	20,58 ab	11,27 ab	5,48 b
Milheto + <i>C. ochroleuca</i>	19,83 ab	10,60 b	5,00 b
Brachiaria + Feijão Guandu	20,90 a	11,13 ab	4,90 b
Brachiaria + <i>C. ochroleuca</i>	20,10 ab	10,80 b	4,90 b
Pousio	18,00 b	12,10 a	6,70 a
CV%	6,76	5,40	7,49

*Médias seguidas por letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No contexto da soja, é notável sua capacidade de acumular cálcio e magnésio, elementos indispensáveis para processos vitais, como a formação de estruturas celulares e a

realização da fotossíntese, essenciais para o crescimento saudável da planta (CHERUBIN, 2022). Essa capacidade pode ser potencializada por condições de manejo que promovam a disponibilidade desses nutrientes no solo. Práticas como a escolha adequada de coberturas vegetais, correções de pH e adubações específicas desempenham um papel decisivo no equilíbrio nutricional da planta.

O potássio, elemento essencial para processos metabólicos como a fotossíntese e o transporte de nutrientes, apresentou os maiores teores nas coberturas com sorgo + nabo forrageiro e braquiária + feijão guandu. A maior velocidade de liberação de macronutrientes pelo nabo forrageiro ocorreu no período entre 10 e 20 dias após o manejo da fitomassa e os nutrientes disponibilizados em maior quantidade e velocidade para a cultura subsequente, seriam o K e o N (CRUSCIOL et al., 2005). As gramíneas se destacam por proporcionar alta produção de biomassa e seus resíduos por possuírem elevada relação carbono e nitrogênio, podendo contribuir para a liberação mais lenta de nutrientes no solo. O uso dessas plantas como cobertura seriam importantes para a absorção de nutrientes, especialmente de K, por possuírem raízes mais profundas e que conseguem explorar o solo absorvendo esse nutriente de áreas menos acessíveis e disponibilizando na superfície do solo (SILVA et al., 2012).

Para o cálcio o pousio destacou-se com o maior teor, superando os consórcios de sorgo + nabo forrageiro, milho + *C. ochroleuca*, braquiária + *C. ochroleuca*. Em relação ao magnésio, o maior teor foi novamente encontrado no pousio, porém em valores acima das faixas consideradas adequadas. Correia e Durigan (2008), observaram que a vegetação espontânea (pousio) proporcionou maiores valores de pH, cálcio e magnésio trocáveis, saturação por bases e capacidade de troca de cátions efetiva, depois de dois anos de semeadura direta comparando diversas espécies de gramíneas.

Dessa forma, os resultados deste estudo reforçam a relevância das coberturas vegetais na melhoria da disponibilidade e absorção de nutrientes pela soja e que essas coberturas influenciaram significativamente nos resultados juntamente com o uso da inoculação micorrízica. Sugere-se a realização de novas pesquisas que possam correlacionar esses fatores para melhorar a compreensão dos resultados na cultura da soja.

CONCLUSÕES

Os consórcios milho + *C. ochroleuca*, milho + nabo forrageiro e brachiaria + feijão guandu produziram fitomassa considerada adequada para o sistema plantio direto. Destaca-se o consórcio de milho + *C. ochroleuca* pela maior produção e acúmulo de nutrientes na fitomassa.

Os consórcios milho + nabo forrageiro, brachiaria + feijão e brachiaria + *C. ochroleuca* promovem a obtenção de elevados valores de número de vagens por planta e número de sementes por vagem, enquanto a massa de cem grãos é favorecida na cobertura com sorgo + nabo forrageiro.

As coberturas vegetais demonstram condições favoráveis à soja não inoculada, proporcionando estabilidade no rendimento de grãos.

A combinação de inoculação e coberturas vegetais proporcionam teores de macronutrientes foliares adequados para a cultura da soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.277-288. 2000.
- ALMEIDA, D. S. **Disponibilidade de fósforo e produtividade de soja em rotação com braquiária ruziziensis**. Tese (Doutorado em Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018, 150p.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.
- ALVES NETO, A. J. **Qualidade do solo e produtividade da soja após gessagem e cultivos de plantas de cobertura**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade do Estadual do oeste do Paraná, Marechal Candido Rondon, 2021, 152p.
- ANDRIOLI, I.; PRADO, R. M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivada com milho em sistema de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.3, p.963-978, 2012.
- ANGELINI, R. G. A.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; TORRES, J. L. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.1, p.115-130, 2012.
- ARAÚJO, F. C.; 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**, Goiânia, v.54, p.1-10, 2024.
- BIESDORF, E. M. **Alelopatia do sorgo granífero sobre a soja e as plantas daninhas**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017. 44p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J. O.; VASCONCELLOS, C. A.; PURCINO, A. A. C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento nos teores de nutrientes e na produção de sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.2, p.315-323, 2001.
- CARVALHO, R. L. S.; NASCIMENTO, B. I. S.; QUERINO, C. A. S.; SILVA, M. J. G.; DELGADO, A. R. S. Comportamento das séries temporais de temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica no município de Ariquemes (Rondônia-Brasil). **Revista Brasileira de Climatologia**, v.18, n.12 p.123-142 2016.
- CECCON, G. Dicas para implantação do consórcio milho-braquiária. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, v.124, n.1, p.20-21, 2011.

CHERUBIN, M. R. (Org.) **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos filotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. Piracicaba: ESALQ - USP, 2022, 126p.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: sexto levantamento**. (2025). Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 03 dez. 2024.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). **Bioscience Journal**, v.24, n.4, p.20-31, 2008.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.2, p.161-168, 2005.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. (Circular Técnica 87).

DALLA COSTA, M. **Dinâmica biológica do fósforo em dois solos sob culturas de cobertura com espécies micorrízicas e não micorrízicas**. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. 97p.

DELAZERI, J. V. S.; VALADÃO, F. C. A.; VALADÃO JUNIOR, D. D.; HERKLOTZ, B.; BERTONCELLO, L. R.; SILVA, J. L.; VIEIRA, A. O. Desempenho agrônomico de milho e crotalária cultivados em sistemas solteiro e consorciado. **Ciência del Suelo**, v.38, n.2, p.212-223, 2020.

DIAS, G. A. O.; ANDRADE G. Avaliação da eficiência do inoculante de fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum* na produção das culturas de soja (*Glycine max*) e de algodão (*Gossypium hirsutum* L) em condições de campo. In: 8º Encontro anual de iniciação tecnológica e inovação, set. 2018, Londrina. Anais. <<http://www.eaiti.uem.br/eaiti2018/anais/artigos/142.pdf>>. Acesso em: 30 de maio de 2025.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2007. 9p. (Circular Técnica, 48).

GARCIA, R. A.; MACHADO, L. A. Z. **Braquiária com crotalária na entressafra: efeito positivo na soja em sucessão**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2019. 18 p (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 83).

GERMANI, G.; PLENCHETTE, C. Potential of crotalaria species as green manure crops for the management of pathogenic nematodes and beneficial mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v.266, p.333-342, 2004.

HANSEN, P. H.; SILVA, D. M.; LANZANOVA, L. S.; GUERRA, D.; LANZANOVA, M. E.; SOUZA, E. L.; BOHRER, R. E. G. Forage turnip: potential of the species as a soil decomposer, nutrient recycler and biomass producer. **Research, Society and Development**, v.12, n.2, p.1-12, 2023.

JABBOROVA, D.; ANNAPURNA, K.; AZIMOV, A.; TYAGI, S.; PENGANI, K. R.; SHARMA, P.; VIKRAM, K. V.; POCZAI, P.; NASIF, O.; ANSARI, M. J.; SAYYED, R. Z. Co-inoculation of biochar and arbuscular mycorrhizae for growth promotion and nutrient fortification in soybean under drought conditions. **Frontiers Plant Science**, v.13, p.1-9, 2022.

JIE, W.G.; YANG, D.; YAO, Y. X.; GUO, N. Effects of *Rhizophagus intraradices* on soybean yield and the composition of microbial communities in the rhizosphere soil of continuous cropping soybean. **Scientific Reports**, v.12, n.1, p.11-13, 2022.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; ALVAREZ V. **Interpretação de resultados de análise foliar**. Embrapa Agropecuária Oeste; Colombo; Embrapa Florestas, Dourados, Mato Grosso do Sul. 2005. 42p. (Documentos, 74).

MACHADO, L. A. Z.; GARCIA, R. A. Rendimento de grãos e produção de forragem na sucessão soja e gramíneas perenes consorciadas com crotalárias. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n.88, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS, 2021. 29 p.

MARCANTE, N. C.; CAMACHO, M. A.; PAREDES, F. P. J. Teores de nutrientes no milho como cobertura de solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.2, p.196-204, 2011.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDA NETO, A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados - MS, v.3, n.9, p.175-181, 2010.

MENG, L.; ZHANG, A.; WANG, F.; HAN, X.; WANG, D.; LI, S. Arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium facilitate nitrogen uptake and transfer in soybean/maize intercropping system. **Frontiers in Plant Science**, v.6, n.5, p.1-10, 2015.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Dependência micorrízica de diferentes culturas anuais, adubos verdes e pastagens em solos de Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 3p. (Comunicado Técnico, 114).

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Importância da micorriza arbuscular para o cultivo da soja na região do Cerrado**. Planaltina: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002. 5p. (Comunicado Técnico, 75).

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N.; VARGAS, M. A.; CARVALHO, A. M. **Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas do Cerrado**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 3p. 2001. (Comunicado Técnico, 42).

OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J. Soybean growth and yield under cover crops. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.2, p.249-256, 2013.

OLIVEIRA, M. W.; SILVA, E. T.; OLIVEIRA, T. B. A.; SANTOS, D. F.; SOARES, E. C.; TENÓRIO, T. M. Produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes por adubos verdes cultivados em Rio Largo - AL. **Conjecturas**, v.22, n.6, p.1032-1045, 2022.

OLIVEIRA, T. C.; UEHARA, H. M.; SILVA, L. D.; TAVARES, G. G.; SANTANA, L. R.; CABRAL, J. S. R.; SOUCHIE, E. L.; MENDES, G. C. Produtividade da soja em associação ao

fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* cultivada em condições de campo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.18, n.4, p.530-535, 2019.

PEREIRA, C. D.; ANDRADE, L. R. M.; MACHADO, C. T. T.; MALAQUIAS, J. V.; NASCIMENTO, A.; LOPES, V. Potencial infectivo e densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em solos ultramáficos do município de Barro Alto, Goiás, Brasil: estudos preliminares. In: XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 29, 2010. **Anais...** Guarapari - ES, 2010.

PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G.; SANTOS, G. P.; ROSOLEM, C. A. Crescimento e atividade de raízes de soja em função do sistema de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p.1547-1554, 2011.

RONDÔNIA. Secretaria do Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). **Boletim climatológico de Rondônia - 2010**. v. 12. Porto Velho: COGEO: SEDAM, 2012. 34p.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. **Micorriza arbuscular - papel, funcionamento e aplicação da simbiose**. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Eds.). Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. cap. 5. p.101-149.

SALTON, J. C.; TOMAZ, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 5p. 2014. (Comunicado Técnico, 198).

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

SILVA E CASTRO, L. H.; OLIVEIRA, L. S. de; SOBRAL, A. A.; SILVEIRA, W. R. da. Avaliação do desempenho agrônômico do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.4, n.1, p.63-69, 2014.

SILVA, J. A. N.; SOUZA, C. M. A.; SILVA, C. J.; BOTTEGA, S. P. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.6, p.769-775, 2012.

SOUZA, V. C.; SILVA, R. A.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.612-618, 2006.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; CUNHA, M. A.; VIEIRA, D. M. S.; RODRIGUES, E. S. Produtividade do milho cultivado em sucessão a crotalária, milheto e braquiária no cerrado mineiro. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.2482-2491, 2014.

VALADÃO, F. C. A.; VALADÃO JUNIOR, D. D.; RIZZI, M.; SOUZA NETO M. C. Feijão-de-porco e braquiária cultivados em sistema solteiro e consorciado. **Nativa**, Sinop, v.8, n.5, p.625-632, 2020.

VELOSO, F. R.; SILVA, L. F. V.; JACINTO, A. C. P.; JORGE, R. F.; ALMEIDA, C. X.; CARVALHO, E. R. Sistemas de cultivo e plantas de cobertura para produção de soja no Cerrado. **Research, Society and Development**, v.11, n.11, p.1-12, 2022.