

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO

CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

GRADUAÇÃO – ENGENHARIA AGRONÔMICA

BRUNA DA SILVA BARROS

ROTAÇÃO DE CULTURAS, ADUBAÇÃO VERDE E INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasilense* SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO ARROZ DE TERRAS ALTAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE CERRADO.

Ilha Solteira - SP

Junho de 2025

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO

CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

GRADUAÇÃO – ENGENHARIA AGRONÔMICA

BRUNA DA SILVA BARROS¹

ROTAÇÃO DE CULTURAS, ADUBAÇÃO VERDE E INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasilense* SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO ARROZ DE TERRAS ALTAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE CERRADO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de grau acadêmico Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf²

Ilha Solteira – SP

Junho de 2025

¹ bruna.s.barros@unesp.br

² o.arf@unesp.br

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

B277r Barros, Bruna da Silva.
Rotação de culturas, adubação verde e inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* sobre os componentes de produção e produtividade do arroz de terras altas em sistema plantio direto na região do Cerrado / Bruna da Silva Barros. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
45 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2025

Orientador: Orivaldo Arf

Inclui bibliografia

1. *Oryza sativa* (L.). 2. Microrganismos benéficos . 3. Coberturas vegetais.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: “Rotação de culturas, adubação verde e inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* sobre os componentes de produção e produtividade do arroz de terras altas em sistema plantio direto na região do cerrado”.

ALUNA: BRUNA DA SILVA BARROS R.A.: 201054681

ORIENTADOR: PROF. DR. ORIVALDO ARF

Aprovada (**X**) - Reprovada () pela Comissão Examinadora com a nota **10,0** (dez).

PROF. DR. ORIVALDO ARF
(ORIENTADOR)

PROF. DR. JOÃO ANTÔNIO DA COSTA ANDRADE

DOUTOR FERNANDO DE SOUZA BUZO



BRUNA DA SILVA BARROS
ALUNA

Ilha Solteira (SP) 30 de junho de 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela Sua graça e infinita bondade que cheguei até aqui. Foi Ele quem sustentou minha fé e renovou minhas forças ao longo dessa caminhada, mostrando que Seus planos são sempre maiores e melhores do que os meus.

Sou grata aos meus pais, Maria e Ivailson, por todo o amor, paciência e incentivo que sempre me ofereceram. Através de muito trabalho e sacrifícios me deram a oportunidade de ter uma boa educação. Não tive tudo, mas nunca me faltou nada. Com eles aprendi que através da simplicidade, honestidade e trabalho duro, podemos construir pontes para os sonhos ainda mais altos. Ao meu irmão Wilson, minha gratidão pela cumplicidade. Aos nossos queridos avós, Cícera e Valdecir, Fátima e Joaquin, por todo apoio e sabedoria compartilhada. A vocês, minha família, dedico cada conquista, pois “vencer na vida” nunca foi para mim um ato solitário e sim, um triunfo coletivo.

Muito obrigada aos amigos que a graduação me presenteou, os quais se tornaram família ao longo desses cinco anos. Agradeço à Beatriz, Raquel, Vitória, Maísa, Lucas e Matheus, por tornarem essa jornada mais leve e acolhedora, especialmente nos momentos em que a saudade de casa apertava. Levo comigo não apenas a formação acadêmica, mas também amizades que se tornaram parte da minha história e que guardarei com imenso carinho pelo resto da vida.

Expresso minha gratidão ao professor Dr. Orivaldo Arf, meu orientador, pela inestimável orientação ao longo da realização deste trabalho. Agradeço pela oportunidade concedida, pela contribuição significativa à minha formação acadêmica e profissional, bem como pela dedicação em instruir, incentivar e compartilhar seu vasto conhecimento com generosidade e clareza. Foi uma honra poder contar com a orientação de um profissional tão comprometido com a excelência no ensino e na pesquisa. Aproveito este espaço para expressar minha gratidão aos colegas da “Equipe Arf”, que foram fundamentais durante o desenvolvimento deste trabalho. Em especial, agradeço ao Fernando, Diogo e Bárbara, pelo apoio e colaboração ao longo dessa trajetória, muito obrigada! Estendo meus sinceros agradecimentos à técnica de laboratório Selma Maria, pela valiosa ajuda e prontidão em auxiliar sempre que necessário.

Agradeço a FEIS/UNESP pela estrutura, apoio institucional e pelo ambiente de ensino que proporcionou minha formação acadêmica. Agradeço a todos os professores que, com dedicação e conhecimento, contribuíram de forma significativa para o meu desenvolvimento profissional e pessoal, bem como a todos os demais funcionários. E por fim, a FAPESP, pela concessão da bolsa de pesquisa (23/10327-9).

ROTAÇÃO DE CULTURAS, ADUBAÇÃO VERDE E INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasilense* SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO ARROZ DE TERRAS ALTAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE CERRADO.

Bruna da Silva Barros¹

Orivaldo Arf²

RESUMO

O arroz (*Oryza sativa* L.) está entre os cereais mais produzidos e consumidos no mundo, sendo componente crucial para a segurança alimentar e nutricional, além de gerar empregos e renda para países produtores. A interação de métodos como diversificação de culturas, adubação verde e a utilização de boas práticas culturais como uso de microrganismos benéficos, podem aumentar a produtividade da cultura, contribuir ambiental e economicamente na adoção de sistemas de produção agrícolas mais sustentáveis. O experimento foi desenvolvido no município de Selvíria – MS, em solo originalmente com vegetação de cerrado. A semeadura foi realizada em dezembro de 2024, com delineamento experimental em blocos ao acaso disposto em esquema fatorial 5x5 (combinação de fator cobertura x fator inoculação). Os tratamentos foram constituídos pela combinação de 5 tratamentos no fator de cobertura da safra 2022/2023: milho solteiro; milho + *Urochloa brizantha*; milho + *Urochloa ruziziensis*; milho + feijão guandu; e milho + *Crotalaria spectabilis*, combinados a cinco tratamentos de inoculação: sem inoculação e sem N em cobertura; sem inoculação e com N em cobertura; *Azospirillum brasilense* via foliar; *Rhizobium tropici* via sementes; e *Rhizobium tropici* via sementes + *Azospirillum brasilense* via foliar. As coberturas vegetais não impactaram na produtividade. Os tratamentos inoculados promoveram um maior desenvolvimento das plantas de arroz e apresentaram uma produtividade superior ao tratamento controle sem N, o que sugere um potencial de redução da dependência de fertilizantes químicos.

Palavras-chaves: *Oryza sativa* (L.); microrganismos benéficos; coberturas vegetais.

¹ Graduanda do curso de Engenharia Agrônoma, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira.

² Professor Titular do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socioeconomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira.

**CROP ROTATION, GREEN MANURING, AND INOCULATION WITH
Rhizobium tropici AND *Azospirillum brasilense* ON PRODUCTION COMPONENTS
AND PRODUCTIVITY OF UPLAND RICE UNDER NO-TILLAGE SYSTEM IN THE
CERRADO REGION**

Bruna da Silva Barros¹

Orivaldo Arf²

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is among the most widely produced and consumed cereals in the world, playing a crucial role in food and nutritional security, as well as contributing to employment and income generation in producing countries. The integration of methods such as crop diversification, green manuring, and the adoption of good cultural practices—such as the use of beneficial microorganisms—can enhance crop productivity and support the environmental and economic sustainability of agricultural production systems. The experiment was conducted in the municipality of Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brazil, in soil originally covered by Cerrado vegetation. Sowing was carried out in December 2024, using a randomized block design in a 5×5 factorial scheme (combination of cover crop factor × inoculation factor). Treatments consisted of the combination of five cover crop modalities during the 2022/2023 season: sole maize; maize + *Urochloa brizantha*; maize + *Urochloa ruziziensis*; maize + pigeon pea (*Cajanus cajan*); and maize + *Crotalaria spectabilis*, combined with five inoculation treatments: no inoculation and no nitrogen topdressing; no inoculation with nitrogen topdressing; *Azospirillum brasilense* via foliar application; *Rhizobium tropici* via seed inoculation; and *Rhizobium tropici* via seed inoculation + *Azospirillum brasilense* via foliar application. The cover crops had no significant effect on rice yield. However, the inoculated treatments promoted greater rice plant development and yielded higher productivity compared to the uninoculated control without nitrogen, suggesting a potential to reduce reliance on chemical fertilizers.

Keywords: *Oryza sativa* (L.); beneficial microorganisms; cover crops.

¹ Undergraduate student in Agronomic Engineering, São Paulo State University “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Ilha Solteira Campus.

² Full Professor at the Department of Crop Science, Food Technology and Socioeconomics, São Paulo State University “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Ilha Solteira Campus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Valores diários médios de precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima, mínima e média (°C) coletadas durante a condução do experimento. Selvíria (MS), 2023/2024....	08
Figura 2 - Tratamento e inoculação de sementes para a semeadura. Selvíria (MS), 13/12/2023.....	32
Figura 3 - Semeadura da cultura. Selvíria (MS), 13/12/2023.....	32
Figura 4 - Emergência de plantas. Selvíria (MS), 18/12/2023.....	32
Figura 5 - Manejo da irrigação. Selvíria (MS), 03/03/2024.....	33
Figura 6 - Coleta das folhas bandeiras. Selvíria (MS), 07/03/2024.....	33
Figura 7 - Aspecto da cultura aos 90 DAE. Selvíria (MS), 14/03/2024.....	33
Figura 8 - Coleta das panículas. Selvíria (MS), 01/04/2024.....	34
Figura 9 - Colheita manual do arroz (104 DAE). Selvíria (MS), 01/04/2024.....	34
Figura 10 - Análise do teor de nitrogênio foliar no arroz. Selvíria (MS), 2024.....	34
Figura 11 - Contagem do número de grãos. Selvíria (MS), 2024.....	35
Figura 12 - Análises fisiológicas Selvíria (MS), 2024.....	35

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Valores médios da matéria seca das coberturas vegetais (MSCV), teor de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) total acumulado na massa seca das coberturas vegetais anteriormente ao arroz de terras altas. Selvíria (MS), 2022/2023.....**15**
- Tabela 2** – Valores de clorofila A (CA), clorofila B (CA), clorofila total (CT) e carotenoides (Ca), extraídos das folhas de arroz em diferentes tratamentos de inoculação e coberturas vegetais. Selvíria (MS), 2023/2024.....**16**
- Tabela 3** – Desdobramento da interação entre cobertura vegetal e inoculação para os teores de clorofila A, clorofila B e clorofila total presentes nas folhas de plantas de arroz. Selvíria (MS), 2023/2024.....**17**
- Tabela 4** - Desdobramento da interação entre cobertura vegetal e inoculação para o teor de carotenoides presentes nas folhas de plantas de arroz. Selvíria (MS), 2023/2024.....**17**
- Tabela 5** - Valores de Ureídeos totais, Amônio, Nitrato e Proteínas, extraídos das folhas de arroz em diferentes tratamentos de inoculação e coberturas vegetais. Selvíria (MS), 2023/2024.....**18**
- Tabela 6** - Desdobramento da interação entre cobertura vegetal e inoculação para os teores de ureídeos totais e proteínas presentes nas folhas de plantas de arroz. Selvíria (MS), 2023/2024.....**19**
- Tabela 7** - Desdobramento da interação entre cobertura vegetal e inoculação para os teores de amônio e nitrato presentes nas folhas de plantas de arroz. Selvíria (MS), 2023/2024.....**21**
- Tabela 8** - Valores de altura de plantas (AP), número de panículas por metro quadrado (NP) e número de grãos granados por panícula em plantas de arroz de terras altas, sob consórcio de culturas e inoculação de microrganismos benéficos. Selvíria (MS), 2023/2024.....**22**
- Tabela 9** - Valores de produtividade, massa de cem grãos (M100) e nitrogênio foliar em plantas de arroz de terras altas, sob consórcio de culturas e inoculação de microrganismos benéficos. Selvíria (MS), 2023/2024.....**24**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 A CULTURA DO ARROZ.....	4
3.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO E COBERTURA VERDE	5
3.3 INOCULAÇÃO DE <i>Rhizobium tropici</i> E <i>Azospirillum brasilense</i>	6
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4.1 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	8
4.2 AVALIAÇÕES REALIZADAS	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
6. CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS	27
ANEXO – ASPECTOS GERAIS DA CULTURA	32

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é alimento básico na dieta humana, representando um componente crucial para a segurança alimentar e nutricional, além de gerar empregos e renda para países produtores (Soares *et al.*, 2010). Grande parte do cereal é cultivado no sistema continuamente inundado especialmente na região Sul, sendo a menor parte cultivada na modalidade de terras altas, bastante comum no Centro-Oeste do país na região do Cerrado (Carvalho *et al.*, 2020). O arroz de terras altas apresenta menor rendimento quando comparado ao arroz irrigado por inundação, principalmente devido às limitações impostas pelas condições do solo, manejo da cultura e, sobretudo, pela ocorrência de veranicos e déficit hídrico durante o ciclo da planta. Nesse contexto, a adoção de sistemas de produção mais eficientes, aliados ao manejo adequado do solo, adubação equilibrada e uso de irrigação suplementar são estratégias fundamentais para reduzir as perdas e preencher as lacunas de produtividade nessa modalidade (Meirelles, 2018).

Nessa perspectiva, o Sistema Plantio Direto (SPD) se sobressai como uma alternativa conservacionista aos processos produtivos, por minimizar os impactos ambientais no cultivo das culturas, permitindo maior conservação dos recursos naturais, como solo e água (Moura Neto; Soares; Aidar, 2002). A eficiência desse sistema depende principalmente da rotação de culturas e da produção de palhada, responsável pela proteção do solo contra processos erosivos e redução do escoamento superficial de água (Arf *et al.*, 2005). O SPD traz ainda benefícios como a reestruturação do solo, aumento da diversidade e atividade biológica, eleva o incremento de matéria orgânica e a fertilidade natural do solo, além da redução de custos com insumos agrícolas (Salomão *et al.*, 2020).

A rotação de culturas constitui um dos fatores essenciais para o sucesso do SPD, com a premissa de alternância ordenada das culturas, preferencialmente de diferentes famílias botânicas, dentro de uma mesma área e espaço de tempo. Proporciona melhoria nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, aumenta a ciclagem de nutrientes, quebra o ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas, promove a diversificação da produção e potencializa o efeito dos adubos, viabilizando a adoção do sistema nas áreas de cultivo (Franchini *et al.*, 2011). A adoção da rotação de culturas na região do Cerrado, mesmo com reduzida manutenção da palhada sob o solo e predomínio da sucessão com soja, se feita de forma adequada, constitui estratégia para incremento na produtividade das culturas. Sendo boas opções para serem rotacionadas com a soja nessa região, o arroz de terras altas e plantas de cobertura (Silva *et al.*, 2022).

O cultivo de adubos verdes introduzido de forma apropriada no modelo de rotação de culturas, propicia o aumento da fitomassa para o SPD, permitindo que o solo permaneça coberto até a implantação da cultura subsequente (Borghi *et al.*, 2006). Deve-se relacionar quantidade e qualidade dos resíduos vegetais na escolha da espécie a ser utilizada, bem como composição química e relação Carbono/Nitrogênio (C/N), componentes que influenciam na velocidade de decomposição, mineralização e liberação de nutrientes pela palhada (Ambrosano *et al.*, 2005). Resíduos com elevada relação C/N, como é o caso das gramíneas, possuem decomposição mais lenta permitindo o acúmulo de palhada sobre o solo. Já resíduos com baixa relação C/N, como é o caso das leguminosas, apresentam rápida mineralização e pronta disponibilização de nutrientes para as culturas seguintes (Haynes, 1986).

O uso de microrganismos benéficos representa um passo importante na busca por sustentabilidade nos sistemas agrícolas de produção e na redução de gastos com adubos nitrogenados. Porém, devido ao fato do processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) em gramíneas não ser tão eficiente como para leguminosas, o mercado nacional de inoculantes agrícolas para a cultura do arroz é incipiente (Silveira, 2008). Dentre os microrganismos diazotróficos que fazem associação com gramíneas, o *Azospirillum brasilense* pode suprir parte do nitrogênio (N) exigido pela planta, além de promover o crescimento vegetal pela síntese de auxinas (Hungria, 2011). Além do *Azospirillum brasilense*, outras bactérias como o *Rhizobium tropici*, que compõem o grupo das Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCPs), são conhecidas por seus efeitos benéficos às plantas. Apesar de não estabelecer simbiose em gramíneas, esta bactéria beneficia as plantas com aumento da área radicular e conseqüentemente, da eficiência de absorção de água e nutrientes. Possuem ainda potencial para atuarem como biofertilizantes, fitoestimulantes, rizoremediadoras e biopesticidas (Albernas, 2019).

Diante desse cenário, buscou-se através deste trabalho, gerar mais informações sobre a inoculação dos microrganismos benéficos *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, bem como de coberturas vegetais na cultura do arroz de terras altas cultivado sob rotação em área com sistema de plantio direto consolidado na região do Cerrado, visando avaliar o desenvolvimento da cultura e a produtividade de grãos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de coberturas vegetais, consórcio de culturas e manejo da inoculação de microrganismos benéficos (*Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*) em sistema plantio direto já consolidado no desenvolvimento e produção da cultura do arroz de terras altas em Região de Cerrado.

A hipótese testada foi:

- Coberturas vegetais do período de verão anterior e a inoculação de microrganismos benéficos, assim como a interação entre esses fatores, podem exercer efeitos diferentes sobre o cultivo do arroz de terras altas irrigado por aspersão em sistema plantio direto consolidado.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A CULTURA DO ARROZ

O arroz possui significativa importância nutricional, sendo base alimentar de mais da metade da população mundial. Ocupa o terceiro lugar como cereal mais produzido no mundo, constituindo de estratégia principalmente na solução de problemas como a insegurança alimentar (Carvalho *et al.*, 2020). Fora da Ásia, o Brasil é o principal país produtor e consumidor de arroz, destacando-se em termos econômicos e sociais (SOSBAI, 2014). A região Sul do país possui aproximadamente 81% da produção nacional. Cerca de 90% do total de arroz produzido é cultivado em sistema inundado. Enquanto o arroz cultivado em sistema de sequeiro, mesmo representando 21% da área total cultivada, contribui com apenas 8% da produção devido à sua baixa produtividade, com 2.735 kg ha⁻¹ na safra 24/25 (CONAB, 2025).

O cultivo do arroz em condições aeróbicas, chamado de ecossistema de terras altas, é predominante na região do Cerrado e, em menor extensão, na região de Floresta Amazônica, sendo utilizado principalmente na abertura de novas áreas agrícolas visando prepará-las para o cultivo de outras culturas, como o milho e soja (Lacerda e Nascente, 2021). Mesmo com produtividade menor em relação ao sistema inundado, pode haver significativo incremento na produção se feito o manejo adequado da cultura. Entre essas práticas, encontra-se a irrigação suplementar por aspersão, que permite a redução dos riscos de veranicos e conseqüentemente, fornece maior potencial produtivo. A quantidade de água aplicada à cultura é menor em relação ao cultivo inundado, contribuindo para a sustentabilidade na produção do arroz (Lopes-Piñero *et al.*, 2016). Segundo Bouman *et al.* (2017), o sistema aeróbico utiliza 66% menos de água para produzir 1 kg do grão se comparado aos sistemas continuamente inundados.

O preparo do solo é outro fator elencado como importante no rendimento da cultura do arroz de terras altas. O sistema radicular da planta de arroz possui certa sensibilidade à solos adensados, não conseguindo aprofundar-se no perfil o que limita a absorção de água e nutrientes, resultando em uma menor produtividade de grãos (Guimarães *et al.*, 2016). Devido à premissa de revolvimento do solo apenas na linha de semeadura, o SPD destaca-se como uma prática sustentável e eficiente contra erosão, mantém a umidade do solo, aumenta a atividade biológica, eleva os teores de matéria orgânica e fornece nutrientes para a cultura devido à degradação da palha (Lacerda e Nascente, 2021). Arf *et al.* (2005) observaram no segundo ano de cultivo do arroz de terras altas, maior valor de produtividade no tratamento em SPD comparado ao preparo convencional.

Para acréscimos na produtividade do arroz de sequeiro em solo de cerrado é imprescindível uma adubação adequada e que outros fatores correlacionados não sejam limitantes (Santos *et al.*, 1982). O nitrogênio é um dos nutrientes mais requerido às plantas, sendo um fator determinante do potencial de produtividade (Buzetti *et al.*, 2006). Farinelli *et al.* (2004), ao estudarem o efeito da adubação nitrogenada na cultura de arroz de terras altas, obtiveram resultados positivos em diversas características produtivas do arroz. Porém, a adubação nitrogenada nem sempre possui respaldos positivos sobre a produtividade da cultura, pois altas doses de nitrogênio em cultivares podem resultar no acamamento parcial ou total das plantas, devido a sua maior altura (Arf *et al.*, 2005). Diante das dificuldades de equilíbrio na adubação de gramíneas, a utilização de RPCPs é uma alternativa, visto que promovem o aumento da superfície das raízes e conseqüentemente, da eficiência de absorção de nutrientes e água pela planta (Silveira, 2008).

3.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO E COBERTURA VERDE

Rotação de cultura, não revolvimento do solo e acúmulo de palhada, juntos formam a tríade que sustenta o SPD. O plantio direto representa uma prática conservacionista e constitui de uma ferramenta eficiente no controle de processos erosivos, conserva a umidade do solo, aumenta os teores de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes para as plantas, melhorando as condições físicas, químicas e biológicas do solo (Balbino *et al.*, 1996). Da Silveira *et al.* (1998) estudando os efeitos do preparo do solo sobre o rendimento do arroz de sequeiro, obtiveram maior rendimento de grãos no tratamento de plantio direto. Segundo Balbino e Oliveira (1992), para que ocorra um aumento significativo do rendimento da cultura, principalmente em solos com menor mobilização, como é o caso do SPD, é de extrema importância a estabilização e as boas condições do sistema para que o plantio direto se estabeleça efetivamente como prática cultural no cultivo de arroz de terras altas nos cerrados.

A quantidade e a qualidade de palha sobre o solo são pontos importantes quando se visa um sistema de produção sustentável e eficiente. Além de diminuir as perdas de solo, nutrientes, água e matéria orgânica ocasionadas pela erosão, o revestimento do solo com a palhada contribui para diminuição da evaporação causada pela exposição ao sol, aumenta a infiltração de água reduzindo os escoamentos superficiais, amortece o impacto das gotas de chuva protegendo o solo contra compactação e desagregação, auxilia no controle de plantas daninhas, além de contribuir com a manutenção da biodiversidade do solo pela rotação de culturas e incremento de matéria orgânica (Salomão *et al.*, 2020).

O uso de plantas de cobertura no SPD é de grande interesse, visto que podem viabilizar a produção do arroz no sistema por alterar o balanço nitrato/amônio acarretado pela degradação da

palha (Teixeira *et al.*, 2009). O amônio é o primeiro composto nitrogenado liberado pela palha, o aumento nos teores do solo pode ser resultado da liberação constante deste composto, beneficiando principalmente o início do desenvolvimento das plantas de arroz (Lacerda e Nascente, 2021). Araújo *et al.* (2012) relataram que o arroz de terras altas cultivado em solução contendo amônio teve melhor desenvolvimento inicial quando comparado com aquele cultivado em solução contendo nitrato. Isso acontece pois, nessa fase, as plantas de arroz apresentam baixa atividade da enzima nitrato redutase, responsável por transformar o nitrato em amônio para ser assimilado pelas cadeias proteicas da planta (Malavolta, 1980).

A rotação de culturas consiste em outra premissa básica do SPD, geralmente alternando culturas comerciais com adubos verdes em uma mesma área (Silva *et al.*, 2006). Além da melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, permite o aumento da diversificação de produção de alimentos quando comparado aos sistemas de monocultivo, refletindo no aumento da lucratividade (Bogiane, 2015). Costa *et al.* (2015) ao avaliarem os atributos e acúmulo de carbono de um latossolo no Cerrado sob SPD com rotação de milho e espécies forrageiras, além da melhoria da fertilidade e do aumento dos estoques de carbono, constataram a redução da compactação e da resistência mecânica à penetração. No Cerrado, geralmente há o predomínio da sucessão soja no verão e milho na safrinha, representando um risco pela mesma forma de exploração agrícola, a adoção de práticas como a rotação de culturas representa uma ferramenta importante para a sustentabilidade da agricultura nessa região (Carvalho *et al.*, 2020).

3.3 INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasilense*

O uso de microrganismos na agricultura não se restringe apenas à fixação de nitrogênio, mas à promoção de crescimento de plantas de forma geral. Várias bactérias além de *Azospirillum brasilense* já são conhecidas por esses efeitos benéficos, compondo o chamado grupo das RPCPs. As RPCPs proporcionam melhor absorção de nutrientes e água pelas plantas, induzindo o maior desenvolvimento do sistema radicular das mesmas. Têm potencial para atuarem como biofertilizantes, fitoestimulantes, rizoremediadoras e biopesticidas, melhorando a saúde das plantas e aumentando seu crescimento (Albernas, 2019).

Embora a maioria das pesquisas desenvolvidas com *Rhizobium* são realizadas utilizando plantas leguminosas, Picazevicz *et al.* (2017) relataram incremento no crescimento de plantas de milho com inoculação de *Rhizobium tropici* (SEMIA 4077 + SEMIA 4088) juntamente com a adubação nitrogenada na sementeira, enquanto a coinoculação dessa bactéria com *Azospirillum*

brasiliense Ab-V₅ + Ab-V₆ promoveu aumento no crescimento das plantas na ausência de fertilização com nitrogênio.

Também estudos foram desenvolvidos no município de Selviria (MS) por Longo (2018) envolvendo a inoculação foliar de *Azospirillum brasilense* em trigo coinoculado com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*. Pelos resultados obtidos o autor concluiu que a coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* bem como a aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* na dose estimada de 160 mL ha⁻¹ proporcionaram aumento na produtividade de grãos de trigo irrigado em região de cerrado de baixa altitude. Já Duarte (2020), estudou a inoculação com bactérias promotoras de crescimento e fertilização com nitrogênio em *Urochloa* spp. cv. Mavuno e dentre os tratamentos incluiu a coinoculação de *Azospirillum brasilense* (AbV₅ e AbV₆) e *Rhizobium tropici* (SEMIA 4077) associadas a aplicação de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N mineral. O autor observou que no primeiro corte para avaliação de massa seca de plantas, o tratamento com a coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* associada a dose de 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio apresentou peso de massa seca de plantas 9,3% superior ao observado no tratamento com a mesma dose de nitrogênio na ausência de inoculação.

Variações dos resultados com essas bactérias podem ser justificadas, pois o uso da inoculação pode sofrer influências devido à variabilidade genética, estágio fenológico, características do solo, atuação de outros componentes microbióticos, competitividade e clima (Sturz e Nowak, 2000). Desta forma, verifica-se a necessidade de estudos associados às variáveis citadas, buscando padronização do uso desta bactéria relacionada à cultura enfocada.

Assim, há diversos benefícios que o uso de bactérias pode proporcionar às culturas agrícolas, incluindo a FBN e a promoção de crescimento das plantas por outros mecanismos como a produção de hormônios e a proteção contra patógenos. Desse modo, trabalhos que incluam o uso dessas biotecnologias no sistema agrícola brasileiro são de extrema importância, pois irão demonstrar seus efeitos nas culturas em condições de campo e os benefícios que podem trazer ao sistema agrícola como um todo.

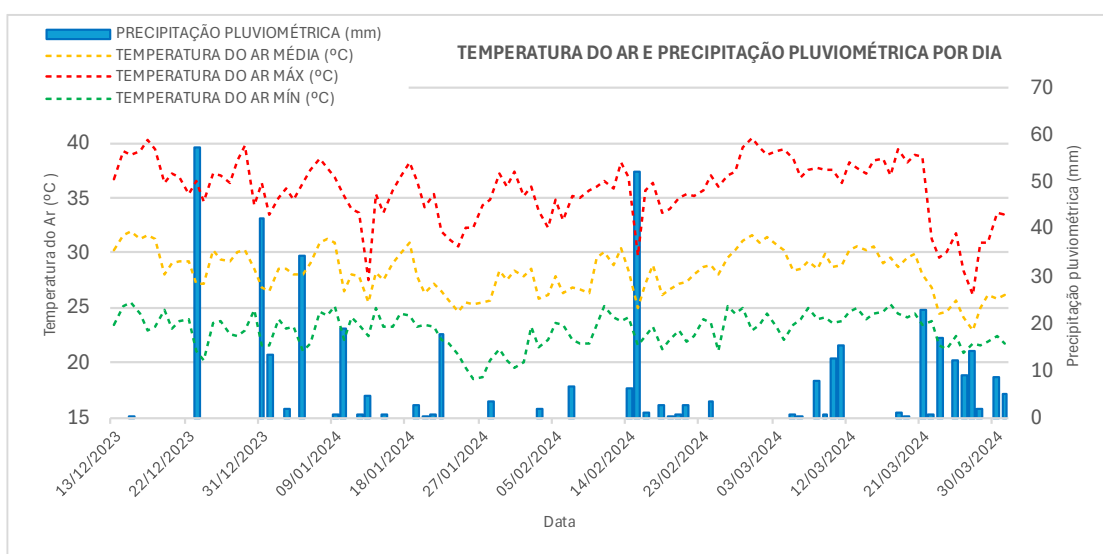
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi desenvolvido em área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS), com altitude de 335 metros. O solo local é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico (Santos, 2018).

Na Figura 1, estão contidos os valores médios de precipitação pluviométrica, assim como os de temperatura máxima, mínima e média obtidos em Selvíria (MS) ao longo do período de condução do experimento, abrangendo desde a semeadura até a colheita do arroz. Esses dados fornecem informações relevantes sobre as condições climáticas que afetam diretamente o desenvolvimento da cultura. Observa-se uma ocorrência esporádica dos períodos de chuva, o que ressalta a importância de complementar a oferta de água por meio da irrigação, a fim de minimizar os impactos negativos no desenvolvimento e na produtividade do arroz de terras altas. Durante o ciclo da cultura, as temperaturas registradas variaram entre 18,5 e 40,5 °C, evidenciando a variabilidade térmica observada. Essa amplitude pode afetar diferentes etapas do ciclo de desenvolvimento das plantas de arroz, exigindo práticas de manejo eficazes para minimizar possíveis efeitos negativos do estresse térmico e hídrico, garantindo assim, melhores resultados.

Figura 1 – Valores diários médios de precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima, mínima e média (°C) coletadas durante a condução do experimento. Selvíria (MS), 2023/2024.



Fonte: [Canal CLIMA da Unesp de Ilha Solteira](#)

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso disposto em esquema fatorial 5x5. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de 5 tratamentos no fator de cobertura da safra 2022/2023: (T₁) Milho; (T₂) Milho + *Urochloa brizantha*; (T₃) Milho + *Urochloa ruziziensis*; (T₄) Milho + feijão guandu; (T₅) Milho + *Crotalaria spectabilis*, associado à 5 tratamentos do fator inoculação: (T₁) não inoculado e sem N em cobertura; (T₂) não inoculado e com N em cobertura (T₃) *Azospirillum brasilense* (200 mL ha⁻¹) aplicado via foliar; (T₄) *Rhizobium tropici* (200 mL ha⁻¹) via inoculação de sementes e (T₅) *Rhizobium tropici* (200 mL ha⁻¹) via inoculação de sementes + *Azospirillum brasilense* (200 mL ha⁻¹) aplicado via foliar. As parcelas foram constituídas de 10 linhas de 7,5 m de comprimento, espaçadas 0,35 m entre as fileiras. A área útil foi composta por 8 linhas centrais de cada parcela, sendo desprezados em cada linha 0,50 m em suas extremidades.

Originalmente, a área experimental era ocupada pela vegetação de cerrado, sendo o plantio direto iniciado há mais de 15 anos, cultivando sempre culturas anuais, e na safra de verão de 2022/23 foi ocupada pela cultura do milho consorciado. Após a colheita do milho consorciado, foram cultivados na mesma área, feijão-caupi (inverno de 2023) seguido do milheto (2023). Duas semanas antes da semeadura da cultura do arroz, foi realizada a aplicação do herbicida glyphosate (1.560 g ha⁻¹ do ingrediente ativo) para dessecação da vegetação existente na área de cultivo.

A semeadura da cultivar de arroz de terras altas BRS A502, com grãos do tipo longo fino e recomendada para o cultivo na região, foi feita mecanicamente no dia 13 de dezembro de 2023. As sementes foram tratadas pouco antes da semeadura com piraclostrobina, tiofanato metílico e fipronil, nas doses de 5, 45 e 50 g do i.a. para cada 100 kg de sementes, visando o controle prévio de pragas de solo e doenças de solo. Após o processo de secagem dos químicos, uma parte das sementes foi submetida à inoculação com *Rhizobium tropici* 4088, na dose de 200 mL ha⁻¹ do inoculante contendo 2×10^8 células viáveis por grama do produto comercial, a fim de compor as parcelas designadas para esse tratamento. Em contraste, a outra parte das sementes não recebeu tal tratamento, constituindo as parcelas denominadas "testemunhas" ou aquelas que apenas foram posteriormente inoculadas com *Azospirillum brasilense* via foliar. O processo de inoculação das sementes foi realizado à sombra e seguindo orientações básicas para tal procedimento.

Após a completa secagem do inoculante, procedeu-se à semeadura utilizando uma semeadora mecânica apropriada para o plantio direto e com mecanismo de abertura do sulco para deposição do fertilizante do tipo "haste escarificadora" ou "botinha". A semeadura foi realizada com espaçamento de 0,35 m entrelinhas, utilizando quantidade de sementes necessária para proporcionar densidade de 180 a 200 plantas por metro de área com gasto aproximado de 75 kg

ha⁻¹ de sementes. Para a adubação de semeadura, seguiu-se as orientações baseadas na análise química do solo e nas recomendações de Crusciol e Cantarella (2022), empregando-se, assim, 250 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16 (NPK) + 0,5% de Zn. Durante a dessecação da cobertura vegetal foi adicionado junto à calda de aplicação 1,7 kg ha⁻¹ de boro na forma de ácido bórico contendo 17% do micronutriente.

Na área experimental, realizou-se a semeadura com a semeadora, realizando oito passadas com semeadora de 5 linhas contendo sementes sem inoculação e, posteriormente, outras oito passadas contendo as sementes devidamente inoculadas. Essa configuração foi estabelecida de modo a garantir que duas das passagens da semeadora, compreendendo 05 linhas de semeadura, ficasse sem inoculação em cada bloco, enquanto as passadas adjacente, localizadas abaixo das primeiras, recebesse as sementes inoculadas. Ao fim da semeadura da área útil do experimento, semeou-se as bordaduras. A emergência das plantas ocorreu no dia 18 de dezembro de 2023.

Para o controle das plantas daninhas, depois da semeadura foi realizada a aplicação do herbicida pendimethalin (1400 g ha⁻¹ do i.a.) em pré-emergência. Aos 9 dias após a emergência foi feita a aplicação de metsulfuron metil (2,0 g ha⁻¹ do i.a.), e aos 20 dias após a emergência foi feita capina manual para eliminação das plantas daninhas não controladas pelos herbicidas.

No dia 4 de janeiro de 2024, foi feito o estaqueamento das parcelas de acordo com o delineamento proposto. No mesmo dia, foi feita a adubação nitrogenada em cobertura, utilizando como fonte o sulfato de amônio na dose de 60 kg ha⁻¹ de N. No dia 19/01/2024 foi feita a compensação dose aplicada de N no tratamento Testemunha + N aplicando-se 30 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia. Nos tratamentos com inoculação de microrganismos benéficos a adubação nitrogenada foi reduzida para aproximadamente 70%, considerando que os restos culturais e os microrganismos inoculados forneceriam os outros 30% do nitrogênio exigido pela cultura. Dessa maneira, nas parcelas inoculadas, utilizou-se a quantidade de 60 kg ha⁻¹ de N. Após a aplicação, a área foi irrigada com uma lâmina de 15 mm de água a fim de minimizar as perdas de N por volatilização no caso da fonte ureia.

Em 9 de janeiro de 2024 (22 dias após a emergência), foi feita a inoculação via foliar do *Azospirillum brasilense*, utilizando um pulverizador costal elétrico de pressão constante com volume de calda de 200 L ha⁻¹, na dose de 200 mL ha⁻¹ do produto comercial contendo 2 x 10⁸ UFC ml⁻¹ das estirpes AbV₅ e AbV₆. A aplicação foi efetuada no final da tarde, entre 17:30 e 18:30. Durante a madrugada do dia 10/04/2024, registrou-se uma precipitação de 32 mm, seguida por uma chuva de 42 mm no final da tarde do mesmo dia, totalizando 74 mm em um intervalo aproximado de 18:00.

No manejo da irrigação da cultura do arroz, foram utilizados três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva dois coeficientes de cultura (Kc), o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e para a fase de maturação estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70 (Allen *et al.*, 1998).

Os demais tratos culturais e fitossanitários foram os normalmente recomendados à cultura do arroz de terras altas para a região.

No dia 01 de abril de 2024, procedeu-se à colheita manual das parcelas experimentais. Foram colhidas três linhas de cinco metros de comprimento, com o propósito de mensurar a produtividade de grãos. Posteriormente, as plantas foram submetidas à trilha mecânica para a separação dos grãos, para então, prosseguir com as análises.

4.2 AVALIAÇÕES REALIZADAS

As avaliações realizadas foram:

- Massa seca dos resíduos vegetais

Antes da semeadura do feijão caupi que antecedeu o arroz, foi feita a coleta de palhada deixada pela cultura e consórcios antecessores, por ocasião do manejo das plantas de milho e das coberturas vegetais (desintegração mecânica), foi avaliada a produção de massa de matéria seca de parte aérea. Foram realizadas amostragens ao acaso com quadrante de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) em dois pontos representativos de cada parcela. Em seguida, o material fragmentado coletado foi submetido à secagem em estufa com renovação e circulação forçada de ar à temperatura de 60 ± 5 °C, até atingir massa constante. A produção de massa de matéria seca de parte aérea foi obtida, dessa maneira, pela média aritmética entre os dois pontos amostrados, com os valores médios extrapolados para kg ha⁻¹.

- Concentração dos macronutrientes nos resíduos vegetais

A concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas coberturas vegetais foi determinada em uma subamostra de aproximadamente 30 g de cada parcela já coletada e armazenada em câmara seca. As determinações de tais nutrientes foram realizadas no Laboratório da UNESP – Ilha Solteira, conforme metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997), com os resultados expressos em g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S.

- Macronutrientes acumulados nos resíduos vegetais

O N, P, K, Ca, Mg e S acumulado pelas coberturas vegetais foram obtidos pelo produto da concentração dos respectivos nutrientes determinados nas subamostras (g kg^{-1}) e a produção de massa de matéria seca de parte aérea das coberturas vegetais (kg ha^{-1}), com os resultados estimados em kg ha^{-1} de N, P, K, Ca, Mg e S.

- Análise do teor de nitrogênio foliar no arroz

No dia 29 de fevereiro de 2024, por ocasião do florescimento pleno da cultura, foram coletadas 25 folhas bandeiras de cada parcela. As amostras foram lavadas com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa para secagem e posterior mensuração do teor de nitrogênio foliar, conforme a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

- Análises de compostos nitrogenados e clorofilas a, b e carotenoides

Em 07 de março de 2024, foram coletas de cada parcela, mais 25 folhas bandeiras para análises de clorofilas a e b, carotenoides e compostos nitrogenados. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao congelador. Os pigmentos fotossintéticos clorofilas a e b e clorofila total foram determinados seguindo o método fornecido por Arnon (1949) e os carotenoides, mensurados de acordo com método fornecido por Davies (1976). Os compostos nitrogenados foram extraídos de acordo com método descrito em Bielecki e Turner (1966), que envolve um processo de centrifugação no qual os compostos nitrogenados ficam na fase hidrossolúvel. A quantificação dos mesmos foi realizada seguindo a metodologia descrita em Cataldo *et al.* (1975), Vogels e Drift (1970) e McCullough (1967), para ureídeos totais, nitrato e amônio, respectivamente.

- Altura de plantas (cm)

No dia 25 de março de 2024, com o auxílio de uma régua, foi realizada a determinação da altura de plantas, avaliando a distância compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta de 10 plantas ao acaso, na área útil de cada parcela.

- Número de panículas por metro quadrado

No dia 25 de março de 2024, com auxílio de uma régua, foi realizada a contagem do número de panículas em 1,00 m de fileira de plantas na área útil de cada parcela e posteriormente calculado por metro quadrado.

- Número de grãos granados por panícula

No dia 01 de abril de 2024, coletou-se 15 panículas ao acaso da área útil de cada parcela para a mensuração do número de grãos granados por panícula. Os grãos foram separados por fluxo de ar e posteriormente, contados utilizando o contador eletrônico de grãos ESC2020.

- Produtividade de grãos

Após a colheita, as plantas de cada parcela foram submetidas a trilha mecânica, colocados para secagem à sombra em bandejas de jornal e posteriormente os grãos foram pesados e os dados convertidos em kg ha^{-1} (13 % base úmida).

- Massa de 100 grãos

Uma amostra de 100 grãos de cada parcela foi separada para pesagem em uma balança de precisão, a fim de determinar a massa de 100 grãos (13% base úmida).

Na análise estatística das variáveis avaliadas, os dados foram submetidos a análise de variância e, quando houve significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002). As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR (Ferreira, 2010).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca deixada pelo milho e consórcios antecessores ao cultivo do arroz de terras altas, resultou em valores mais elevados de matéria seca das coberturas vegetais (MSCV) (Tabela 1) nos cultivos consorciados em comparação ao milho solteiro. Dentre os cultivos consorciados, embora a produção de matéria seca não tenha apresentado diferença, o consórcio Milho + Feijão Guandu obteve a maior produção em relação aos demais.

Esses resultados eram esperados, visto que nas parcelas consorciadas temos duas espécies vegetais se desenvolvendo simultaneamente, levando a um maior acúmulo de fitomassa em comparação ao cultivo exclusivo. Essa observação está em consonância com os achados de Crusciol *et al.* (2013) e Costa *et al.* (2012), que destacam que a associação do milho com outras espécies resulta em maior produtividade de massa seca em relação ao monocultivo dessa gramínea, sem prejudicar o rendimento da cultura principal.

De forma semelhante, Arf *et al.* (2018) relataram que, sob as mesmas condições de cultivo, os consórcios de milho com *C. spectabilis*, *U. ruziziensis* e feijão guandu apresentaram uma produção de matéria seca superior ao cultivo isolado de milho. Além disso, estudos de Brambilla *et al.* (2009) e Borghi *et al.* (2013) também evidenciaram maior produção de massa seca do milho quando consorciado com *U. ruziziensis* e *U. brizantha*.

A concentração de macronutrientes nas coberturas vegetais revelaram diferenças estatísticas apenas para N, Ca e Mg. Em relação aos demais consórcios, o tratamento com *C. spectabilis* obteve maior acúmulo de Ca. Já o cultivo de milho em consórcio com *U. ruziziensis*, resultou em teores mais elevados de N e Mg. Em todos os tratamentos, o cultivo isolado de milho registrou os valores mais baixos de macronutrientes acumulados.

Essa diferença pode ser atribuída à complementaridade na exploração do solo proporcionada pelos consórcios, onde sistemas radiculares com características distintas exploram diferentes profundidades (Cunha *et al.*, 2011), otimizando a absorção de recursos e alocando os nutrientes absorvidos na fitomassa produzida (Torres *et al.*, 2008).

Assim, a cobertura vegetal sobre superfície do solo desempenha um papel fundamental no sistema de plantio direto, contribuindo para a regulação térmica e hídrica do solo, aumento da matéria orgânica, supressão de plantas daninhas e proteção contra erosões (Braz *et al.*, 2010). Especialmente quando se observa um maior acúmulo de nutrientes (N, Ca, Mg) nessa palhada, o que representa melhor ciclagem destes, onde serão novamente disponibilizados pela decomposição

dos resíduos durante os cultivos subsequentes (Costa *et al.*, 2014; Resende *et al.*, 2021; Calonego *et al.*, 2012).

Tabela 1 – Valores médios da matéria seca das coberturas vegetais (MSCV), teor de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) total acumulado na massa seca das coberturas vegetais anteriormente ao arroz de terras altas. Selvíria (MS), 2022/2023.

Coberturas	MSCV	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹	Total acumulado (kg ha ⁻¹)					
Milho	10.150 b	93,59 b	11,52	234,97	34,04 b	48,58 b	30,02
Milho + UB	12.550 a	134,96 a	29,08	214,13	35,28 b	56,08 ab	45,02
Milho + UR	12.790 a	147,31 a	19,56	269,10	50,22 ab	64,62 a	36,87
Milho + CS	12.420 a	132,60 a	21,67	287,59	58,29 a	63,77 a	35,37
Milho + FG	12.970 a	120,60 ab	28,53	239,47	39,13 ab	57,30 ab	42,12
Teste F	19,338**	6,615**	1,338 ^{ns}	1,877 ^{ns}	4,753**	9,834**	0,499 ^{ns}
DMS	1,180	35,68	28,15	95,89	21,69	9,37	37,51
CV (%)	4,30	12,58	56,57	17,08	22,17	7,16	43,92
Média Geral	12.170	125,81	22,07	249,05	43,39	58,07	37,88

** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns - não significativo pelo teste F. Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa. C.V. – coeficiente de variação. UB – *U. brizantha*. UR – *U. ruziziensis*. CS – *C. spectabilis*. FG – Feijão Guandu.

No que se refere à cultura do arroz, a emergência das plantas ocorreu no dia 18 de dezembro de 2023, aos 5 dias após a semeadura de modo uniforme em todos os tratamentos. Com relação ao florescimento, ocorreu no dia 29 de fevereiro de 2024, aos 73 DAE, enquanto a maturação de 90% das panículas ocorreu no dia 28 de março de 2024, aos 104 DAE. Não foi observado acamamento das plantas nos tratamentos estudados, evidenciando-se assim, a resistência ao acamamento da cultivar BRS A502.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados obtidos da extração e quantificação dos principais pigmentos presentes nas folhas de plantas de arroz. Observa-se, para o fator cobertura, o consórcio Milho + *C. spectabilis* apresentou resultados satisfatórios para todos os componentes, sendo estatisticamente superior em relação aos demais tratamentos para clorofila B, clorofila total e carotenoides.

De forma análoga, o estudo de Espinal e Sinencio (2008) sobre o aproveitamento de nitrogênio de adubos verdes pelo arroz, revelou que o uso de crotalária resultou em aumento do teor de clorofila nas folhas e, conseqüentemente, em uma maior eficiência de aproveitamento de nitrogênio pela cultura. No que diz respeito ao fator inoculação, o tratamento que continha *R. tropici* obteve resultados superiores para ambas as variáveis analisadas.

Tabela 2 – Valores de clorofila A (CA), clorofila B (CB), clorofila total (CT) e carotenoides (Ca), extraídos das folhas de arroz em diferentes tratamentos de inoculação e coberturas vegetais. Selvíria (MS), 2023/2024.

Tratamentos	CA	CB	CT	Ca
	$\mu\text{g mL}^{-1}$			
Cobertura Vegetal				
Milho	104,73 a	98,71 c	203,44 b	145,05 c
Milho + <i>Urochloa brizantha</i>	105,56 a	105,05 b	210,61 b	149,51 bc
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	106,42 a	103,17 b	209,59 b	150,38 b
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	109,01 a	118,05 a	227,06 a	162,68 a
Milho + Feijão Guandu	93,19 b	91,15 d	184,34 c	131,17 c
Inoculação				
Controle - N	104,18 b	108,26 a	212,44 ab	147,26 b
<i>Azospirillum brasilense</i>	104,07 b	98,15 b	202,22 c	146,52 b
<i>Rhizobium tropici</i>	110,64 a	109,29 a	219,93 a	158,86 a
<i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i>	94,44 c	95,04 b	189,48 d	134,82 c
Controle + N	105,59 ab	105,39 a	210,98 b	151,34 b
F Cob. Vegetal	19,64**	90,28**	53,87**	73,58**
F Inoculação	17,96**	37,05**	30,80**	43,59**
F Cobertura X Inoculação	21,78**	45,17**	36,29**	41,04**
C.V. (%)	5,17	3,89	3,93	3,47
Média Geral	103,78	103,23	207,01	147,76

** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns – não significativo pelo teste F. Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V. – coeficiente de variação.

Na análise detalhada da interação entre os fatores de cobertura vegetal e inoculação para os parâmetros de clorofila A, clorofila B e clorofila total apresentados na Tabela 3, observa-se que, a interação da inoculação de *A. brasilense*, juntamente com o consórcio de milho e *C. spectabilis*, foi a mais eficaz para os teores de clorofila A e clorofila total. Em todas as interações envolvendo o tratamento controle, isto é, sem inoculação e sem adubação nitrogenada, observou-se uma combinação satisfatória do milho consorciado com *U. brizantha*. A combinação mais eficaz para o tratamento que continha o milho solteiro como cobertura vegetal, foi a inoculação de *R. tropici* para ambos os pigmentos.

O desdobramento da interação entre cobertura vegetal e inoculação para os teores de carotenoides presentes nas folhas de plantas de arroz está apresentado na Tabela 4. Observou-se que a combinação mais eficaz para o parâmetro analisado foi o consórcio de milho com *C. spectabilis* associado a inoculação de *A. brasilense* e ao tratamento controle com adubação nitrogenada em dose cheia.

Tabela 3 – Desdobramento da interação entre cobertura vegetal e inoculação para os teores de clorofila A, clorofila B e clorofila total presentes nas folhas de plantas de arroz. Selvíria (MS), 2023/2024.

Cobertura Vegetal	Inoculação				
	- N	AB	RT	RT + AB	+ N
Clorofila A ($\mu\text{g ml}^{-1}$)					
M	103,33 Bbc	113,95 Aab	124,75 Aa	81,68 Bd	99,95 Bc
M + UB	116,97 Aa	108,40 Aab	104,07 Bb	114,03 Aab	84,35 Cc
M + UR	98,28 Bb	88,90 Bb	110,82 Ba	111,32 Aa	122,79 Aa
M + CS	104,25 Bb	120,52 Aa	106,10 Bb	102,42 Ab	111,76 ABa
M + FG	98,08 Bab	88,58 Bb	107,43 Ba	62,76 Cc	109,08 Ba
Clorofila B ($\mu\text{g ml}^{-1}$)					
M	106,70 Ba	95,76 Bb	112,37 Aa	90,45 Cb	88,27 Cb
M + UB	116,39 Aa	100,53 Bb	96,93 Bb	119,89 Aa	91,78 Cb
M + UR	116,13 Aa	80,04 Cc	110,39 Aab	105,55 Bb	103,46 Bb
M + CS	116,94 Ab	131,15 Aa	117,29 Ab	101,76 Bc	123,34 Aab
M + FG	85,11 Cc	83,26 Cc	109,49 Ab	57,55 Dd	120,34 Aa
Clorofila Total ($\mu\text{g ml}^{-1}$)					
M	210,03 Bb	209,71 Bb	237,12 Aa	172,13 Cc	188,23 Bc
M + UB	233,10 Aa	208,93 Bb	200,10 Cb	233,92 Aa	176,12 Bc
M + UR	214,67 Aba	168,95 Cb	221,21 Aba	216,87 ABa	226,26 Aa
M + CS	221,20 ABbc	251,67 Aa	223,39 ABb	204,18 Bc	234,88 Aab
M + FG	183,19 Cb	171,84 Cb	216,93 BCa	120,31 Dc	229,41 Aa

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna (coberturas) e minúsculas na linha (inoculação) diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **M** – Milho. **M + UB** – Milho + *U. brizantha*. **M + UR** – Milho + *U. ruziziensis*. **M + CS** – Milho + *C. spectabilis*. **M + FG** – Milho + Feijão Guandu. - N – Controle s/ aplicação de N. **AB** – *A. brasilense*. **RT** – *R. tropici*. **RT + AB** – *R. tropici* + *A. brasilense*. +N – Controle c/ aplicação de N.

Tabela 4 – Desdobramento da interação entre cobertura vegetal e inoculação para o teor de carotenoides presentes nas folhas de plantas de arroz. Selvíria (MS), 2023/2024.

Cobertura Vegetal	Inoculação				
	- N	AB	RT	RT + AB	+ N
Carotenoides ($\mu\text{g ml}^{-1}$)					
M	142,68 Bc	155,30 Bb	167,56 Aa	123,20 Cd	136,53 Cc
M + UB	154,95 Aab	153,78 Bab	148,99 Bb	164,06 Aa	125,77 Cc
M + UR	154,70 Aa	122,89 Cb	161,26 Aa	153,27 ABa	159,78 Ba
M + CS	153,59 ABbc	179,48 Aa	159,62 ABb	146,06 Bc	174,64 Aa
M + FG	130,36 Cb	121,12 Cb	156,86 Aba	87,53 Dc	159,99 Ba

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna (coberturas) e minúsculas na linha (inoculação) diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **M** – Milho. **M + UB** – Milho + *U. brizantha*. **M + UR** – Milho + *U. ruziziensis*. **M + CS** – Milho + *C. spectabilis*. **M + FG** – Milho + Feijão Guandu. - N – Controle s/ aplicação de N. **AB** – *A. brasilense*. **RT** – *R. tropici*. **RT + AB** – *R. tropici* + *A. brasilense*. +N – Controle c/ aplicação de N.

A interação observada entre os componentes deste estudo e os pigmentos fotossintéticos corrobora a hipótese central desta pesquisa. O aumento nos teores de clorofilas foliares sugere um incremento na eficiência fotossintética das plantas, uma vez que esses pigmentos desempenham um papel fundamental na captação da energia luminosa durante a fotossíntese, o que pode influenciar no desenvolvimento vegetal (Amarante *et al.*, 2007). Paralelamente, o aumento nos teores de carotenoides contribui para a proteção do fotossistema contra o estresse oxidativo, potencializando a eficiência fotossintética das plantas (Simão, 2010).

Na Tabela 5, são apresentados os teores de compostos nitrogenados extraídos das plantas de arroz. Em relação às coberturas vegetais, houve diferença apenas para os valores de amônio e proteínas. Observa-se superioridade nos teores de amônio extraído de plantas cultivadas sob a palhada de milho consorciado com *U. brizantha*, *C. spectabilis* e *U. ruziziensis*. Quanto aos teores de proteínas, a maior concentração foi observada em folhas de plantas cultivadas sobre resíduos vegetais do consórcio Milho + Feijão Guandu.

Tabela 5 – Valores de Ureídeos totais, Amônio, Nitrato e Proteínas, extraídos das folhas de arroz em diferentes tratamentos de inoculação e coberturas vegetais. Selvíria (MS), 2023/2024.

Tratamentos	Ureídeos	Amônio	Nitrato	Proteínas
Cobertura Vegetal				
Milho	129,96	85,96 c	161,63	20,47 ab
Milho + <i>Urochloa brizantha</i>	132,06	139,89 a	170,83	20,20 ab
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	145,36	128,42 a	172,37	19,97 ab
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	130,03	131,77 a	186,12	18,71 b
Milho + Feijão Guandu	129,30	106,89 b	184,58	22,11 a
Inoculação				
Controle – N	149,69 a	115,32 b	155,94 c	23,57 a
<i>Azospirillum brasilense</i>	138,17 a	141,45 a	194,08 ab	22,46 a
<i>Rhizobium tropici</i>	119,06 b	96,15 c	161,79 bc	18,69 b
<i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i>	117,10 b	120,10 b	219,78 a	17,44 b
Controle + N	142,68 a	119,91 b	143,93 c	19,32 b
F Cob. Vegetal	2,20 ^{ns}	48,58 ^{**}	1,34 ^{ns}	2,49 ^{**}
F Inoculação	10,08 ^{**}	26,26 ^{**}	12,38 ^{**}	11,27 ^{**}
F Cobertura X Inoculação	4,25 ^{**}	96,65 ^{**}	12,41 ^{**}	3,71 ^{**}
C.V. (%)	13,31	10,28	19,56	14,73
Média Geral	133,34	118,59	175,10	20,29

** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns – não significativo pelo teste F. Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V. – coeficiente de variação.

Para o fator inoculação, os maiores teores de ureídeos foram observados no tratamento controle sem adubação nitrogenada. Para os teores de amônio, a inoculação com *A. brasilense* favoreceu a incorporação desse composto em relação aos demais tratamentos. Foi observada uma maior concentração de nitrato nas plantas inoculadas e coinoculadas com *R. tropici* + *A. brasilense*. Em contrapartida, os tratamentos não inoculados foram os que apresentaram os menores teores de nitrato. Quanto à proteína, a maior concentração foi obtida no tratamento controle sem adubação nitrogenada seguido pelo tratamento inoculado com *A. brasilense*.

São apresentados na Tabela 6, os valores obtidos do desdobramento da interação entre cobertura vegetal e inoculação para os teores de ureídeos totais e proteínas extraídos das folhas de arroz. Para ureídeos totais, os efeitos das inoculações dentro de cada cobertura vegetal foram variáveis, de modo que em alguns casos, as inoculações com *A. brasilense*, *R. tropici* e a combinação de ambos reduziu o teor de ureídeos nas folhas do arroz. Apesar de os ureídeos serem muito associados com a FBN (King e Purcell, 2005), ressalta-se que esse processo é mais eficiente em leguminosas (Moreira *et al.*, 2010), o que pode justificar a menor presença destes compostos em folhas de arroz após a inoculação.

Tabela 6 - Desdobramento da interação entre cobertura vegetal e inoculação para os teores de ureídeos totais e proteínas presentes nas folhas de plantas de arroz. Selvíria (MS), 2023/2024.

Cobertura Vegetal	Inoculação				
	- N	AB	RT	RT + AB	+ N
Ureídeos Totais ($\mu\text{g g}^{-1}$)					
M	171,60 Aa	149,83 Aab	118,19 ABbc	93,09 Bc	117,06 Cbc
M + UB	162,79 ABa	121,53 Ab	93,81 Bb	118,44 ABb	163,70 ABa
M + UR	151,38 ABab	151,13 Aab	120,99 ABb	119,59 ABb	183,71 Aa
M + CS	129,45 Ba	121,79 Aa	135,83 Aa	143,61 Aa	119,46 Ca
M + FG	133,25 ABa	146,55 Aa	126,46 ABa	110,75 ABa	129,50 BCa
Proteínas ($\mu\text{g g}^{-1}$)					
M	24,66 Aa	20,87 Bab	16,96 Ab	18,17 Aab	21,67 Aab
M + UB	21,49 Aa	22,09 Ba	18,31 Aa	16,17 Aa	22,92 Aa
M + UR	22,31 Aa	22,04 Ba	18,71 Aa	19,91 Aa	17,16 Aa
M + CS	22,14 Aa	16,08 Ba	17,90 Aa	19,09 Aa	18,36 Aa
M + FG	27,08 Aab	31,21 Aa	21,59 Abc	14,16 Ad	16,50 Acd

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna (coberturas) e minúsculas na linha (inoculação) diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **M** – Milho. **M + UB** – Milho + *U. brizantha*. **M + UR** – Milho + *U. ruziziensis*. **M + CS** – Milho + *C. spectabilis*. **M + FG** – Milho + Feijão Guandu. **- N** – Controle s/ aplicação de N. **AB** – *A. brasilense*. **RT** – *R. tropici*. **RT + AB** – *R. tropici* + *A. brasilense*. **+N** – Controle c/ aplicação de N.

De acordo com Thomas e Schrader (1981) e Werner e Witte (2011), os ureídeos também podem ser encontrados a partir da degradação oxidativa dos ácidos nucleicos e suas purinas. Além disso, as plantas podem usar alantoína e ácido alantóico como moléculas de armazenamento e transporte de nitrogênio (Takagi *et al.*, 2016). Assim, os resultados das inoculações sobre o teor de ureídeos foliar observados para a cultura do arroz podem ser devido à influência desses tratamentos no catabolismo das purinas, que funciona como uma rota fundamental para a reciclagem e remobilização do nitrogênio (Zrenner *et al.*, 2006; Werner e Witte, 2011).

Para os teores de proteínas, notou-se que em plantas cultivadas sobre cobertura vegetal de milho solteiro, a inoculação de *R. tropici* reduziu esse parâmetro. Também houve redução em plantas de arroz cultivadas sobre palhada de milho consorciado com feijão guandu e inoculadas com *R. tropici*, *R. tropici* + *A. brasilense* e com adubação nitrogenada em dose cheia.

A princípio, seria esperado que os melhores manejos com o nitrogênio aumentassem os teores de proteínas nas folhas de arroz, pois trabalhos como de Galeano (2019) e Afzal e Bano (2008) demonstraram que as inoculações de *A. brasilense* e *R. tropici* podem aumentar a proteína das folhas de gramíneas como milho e trigo. Porém, é possível que tenha ocorrido um efeito de diluição nas proteínas foliares em plantas de arroz nesses tratamentos, ou seja, as plantas se desenvolveram mais, sem necessidade de sintetizar mais proteínas, resultando em teor de proteínas menor nesses tratamentos (Andrade *et al.*, 2000).

A análise da interação significativa entre os fatores de cobertura vegetal e inoculação para os parâmetros amônio e nitrato, é representada pela Tabela 7. O teor de amônio nas folhas de arroz foi maior em plantas cultivadas sobre palhada de milho consorciado com *U. brizantha* e inoculadas com *A. brasilense*, Milho + *U. ruziziensis* e com adubação nitrogenada completa e milho consorciado com *C. spectabilis* e inoculadas com *R. tropici* + *A. brasilense*. Já o teor de nitrato, foi maior após a inoculação de *A. brasilense* ou *R. tropici* em palhada de Milho + *U. brizantha*, enquanto a inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense* proporcionou maior teor de nitrato foliar em palhadas de Milho + *U. ruziziensis* e Milho + *C. spectabilis*. Por fim, a inoculação de *A. brasilense* aumentou o nitrato foliar em palhada de milho consorciado com feijão guandu.

Tabela 7 – Desdobramento da interação entre cobertura vegetal e inoculação para os teores de amônio e nitrato presentes nas folhas de plantas de arroz. Selvíria (MS), 2023/2024.

Cobertura Vegetal	Inoculação				
	- N	AB	RT	RT + AB	+ N
Amônio ($\mu\text{g g}^{-1}$)					
M	91,80 Bab	89,09 Bab	94,48 ABa	88,24 BCab	66,17 Bb
M + UB	87,40 Bb	335,55 Aa	84,18 Bb	99,38 BCb	92,94 Bb
M + UR	138,67 Ab	84,81 Bc	82,67 Bc	80,57 Cc	255,38 Aa
M + CS	127,37 Ab	108,76 Bcb	112,55 Acb	216,71 Aa	93,48 Bc
M + FG	131,32 Aa	89,05 Bb	106,88 ABab	115,62 Bab	91,58 Bb
Nitrato ($\mu\text{g g}^{-1}$)					
M	115,69 Ba	153,14 Ba	179,93 ABa	193,48 Ba	165,88 Aa
M + UB	164,49 ABbc	193,90 Bab	248,17 Aa	112,17 Cc	135,40 Abc
M + UR	199,83 Ab	118,82 Bc	124,86 BCbc	279,52 Aa	138,81 Abc
M + CS	138,81 ABbc	184,11 Bb	158,36 BCbc	348,53 Aa	100,77 Ac
M + FG	160,89 ABbc	320,42 Aa	97,64 Cc	165,16 BCbc	178,79 Ab

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna (coberturas) e minúsculas na linha (inoculação) diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **M** – Milho. **M + UB** – Milho + *U. brizantha*. **M + UR** – Milho + *U. ruziziensis*. **M + CS** – Milho + *C. spectabilis*. **M + FG** – Milho + Feijão Guandu. - N – Controle s/ aplicação de N. **AB** – *A. brasilense*. **RT** – *R. tropici*. **RT + AB** – *R. tropici* + *A. brasilense*. +N – Controle c/ aplicação de N.

Esses resultados, apesar de variáveis, indicam que o manejo de nitrogênio na cultura do arroz influencia a partição dos compostos nitrogenados, sendo que, na maior parte dos casos os maiores teores de nitrato e amônio foram obtidos após as inoculações realizadas e não após a adubação nitrogenada completa. A literatura explica que o nitrato e o amônio são as formas de nitrogênio utilizadas no metabolismo da planta para posterior formação de novos aminoácidos e, conseqüentemente, proteínas (Kleinhofs e Warner, 1990; Salisbury, 1992). Logo, o aumento nos teores desses dois compostos nitrogenados é relevante por indicar que as inoculações aumentaram o conteúdo de nitrogênio na planta disponível para ser assimilado em moléculas orgânicas (Dobbelaere, Vanderleyden, Okon, 2003).

Os valores de altura de plantas (AP), número de panículas por metro quadrado (NP) e número de grãos granados por panícula (NGGP) estão apresentados na Tabela 8. Observou-se que houve diferença somente em relação ao fator de inoculação para as variáveis AP e NP, não sendo observada tal diferença para o fator coberturas vegetais, nem tampouco interação dos dois fatores.

No que se refere ao fator inoculação, o maior valor de altura de plantas foi observado no tratamento com adubação completa recomendada para a cultura do arroz, apresentando um aumento de 11,4% em relação ao controle sem N. Os tratamentos inoculados produziram plantas mais altas do que o controle sem N (com incremento de até 7,0%), embora inferiores às parcelas

que receberam adubação completa. Além disso, o número de panículas por metro quadrado foi 27,8% maior nas plantas inoculadas com *A. brasilense* em comparação com o controle sem N. Entretanto, mesmo com o incremento na altura, não foi observado acamamento das plantas em ambos os tratamentos.

Tabela 8 – Valores de altura de plantas (AP), número de panículas por metro quadrado (NP) e número de grãos granados por panícula em plantas de arroz de terras altas, sob consórcio de culturas e inoculação de microrganismos benéficos. Selvíria (MS), 2023/2024.

Tratamentos	AP (cm)	NP	NGGP
Cobertura Vegetal			
Milho	94,62	288,57	37,20
Milho + <i>Urochloa brizantha</i>	93,58	284,43	36,92
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	95,90	285,00	36,56
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	93,90	288,14	36,61
Milho + Feijão Guandu	94,00	293,57	35,63
Inoculação			
Controle – N	88,95 c	247,29 c	34,49
<i>Azospirillum brasilense</i>	94,88 b	316,00 a	37,86
<i>Rhizobium tropici</i>	93,87 b	289,86 b	37,04
<i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i>	95,17 b	286,57 b	39,06
Controle + N	99,13 a	300,00 ab	34,46
F Cob. Vegetal	1,008 ^{ns}	0,375 ^{ns}	0,99 ^{ns}
F Inoculação	15,89 ^{**}	18,29 ^{**}	0,53 ^{ns}
F Cobertura X Inoculação	1,39 ^{ns}	0,863 ^{ns}	0,46 ^{ns}
C.V. (%)	4,34	9,24	28,13
Média Geral	94,39	287,94	36,58

** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns – não significativo pelo teste F. Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V. – coeficiente de variação.

O aumento na AP e NP em função da adubação nitrogenada decorre das funções desse nutriente nas plantas, que participam da constituição da molécula de clorofila, de enzimas e de outras proteínas (Taiz e Zeiger, 2021), sendo amplamente relatado na literatura que o incremento na dose de nitrogênio na cultura do arroz promove maior crescimento na cultura e maior formação de panículas (Arf, 1993; Lopes *et al.*, 1996; Boldieri, Cazetta e Fornasieri Filho, 2010).

Porém, este trabalho demonstra que as inoculações também promoveram esse crescimento em altura e maior número de panículas na cultura em dose reduzida de N. Outros trabalhos já demonstraram que *A. brasilense* promoveu maior crescimento do arroz, seja em altura (Rodrigues *et al.*, 2015) ou em maior massa seca da parte aérea (Fernandes *et al.*, 2021), além de maior número de panículas por metro quadrado (Moura, 2011). Esses efeitos resultam da FBN e da produção de

fitormônios, que estimulam um maior desenvolvimento do sistema radicular, otimizam o aproveitamento dos nutrientes presentes no solo e oriundos da adubação e, conseqüentemente, promovem um maior desenvolvimento da parte aérea das plantas (Baldani *et al.*, 1997).

No caso da inoculação de *R. tropici* em arroz, esse trabalho é pioneiro e mostra que, mesmo em gramíneas, a inoculação desta espécie pode trazer benefícios. Em trabalhos anteriores, Longo (2018) e Mortinho *et al.* (2017) relataram promoção de crescimento pela inoculação de *Rhizobium* em trigo. Em gramíneas, os rizóbios não formam nódulos como ocorre em leguminosas como soja e feijão (Marcante, Goi e Franco, 2002), mas essas bactérias possuem outros mecanismos de promoção de crescimento, como a produção de fitormônios e a solubilização de fósforo (Garcia-Fraile *et al.*, 2012; Flores-Félix *et al.*, 2013).

Dessa forma, mesmo sem contribuir com a demanda de nitrogênio em gramíneas, a inoculação de *R. tropici* promoveu maior crescimento das plantas de arroz em altura, possivelmente devido a esses outros mecanismos citados, que resultam em maior desenvolvimento do sistema radicular e melhor aproveitamento dos nutrientes e água do solo.

Na Tabela 9, estão apresentados os valores obtidos para a produtividade, massa de cem grãos (M100) e nitrogênio foliar, expresso em gramas de nitrogênio por quilograma de matéria seca. No que se refere-se as variáveis M100 e N foliar, os fatores inoculação e cobertura vegetal não tiveram influência estatística sobre os componentes em estudo. Observa-se diferença apenas no que se refere ao fator de inoculação para a variável produtividade, onde os valores mais elevados foram atribuídos à aplicação da adubação completa recomendada para a cultura, com um incremento de 27 % em relação ao tratamento controle sem nitrogênio. Os tratamentos inoculados apresentaram médias de produtividade intermediárias entre os dois tratamentos controle (sem e com adubação nitrogenada).

Esse resultado reforça a ideia supracitada de que os mecanismos de promoção de crescimento de *A. brasilense* e até mesmo de *R. tropici* foram capazes de beneficiar a cultura do arroz. Pode-se propor a hipótese de que houve maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, que resultou em maior aproveitamento da água e nutrientes do solo, incluindo das adubações realizadas e liberados pela decomposição das diferentes coberturas vegetais sobre o solo, permitindo resultados de produtividade similares ao tratamento controle que recebeu adubação completa recomendada para a cultura.

Tabela 9 – Valores de produtividade, massa de cem grãos (M100) e nitrogênio foliar em plantas de arroz de terras altas, sob consórcio de culturas e inoculação de microrganismos benéficos. Selvíria (MS), 2023/2024.

Tratamentos	Produtividade kg ha ⁻¹	M100 G	N foliar g kg ⁻¹
Cobertura Vegetal			
Milho	3.581	2,40	35,75
Milho + <i>Urochloa brizantha</i>	3.419	2,41	36,25
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	3.670	2,40	36,61
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	3.257	2,33	36,19
Milho + Feijão Guandu	3.579	2,39	34,47
Inoculação			
Controle – N	3.170 b	2,41	36,10
<i>Azospirillum brasilense</i>	3.503 ab	2,41	36,22
<i>Rhizobium tropici</i>	3.302 b	2,34	36,87
<i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i>	3.498 ab	2,43	36,35
Controle + N	4.033 a	2,32	35,73
F Cob. Vegetal	0,92 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,57 ^{ns}
F Inoculação	3,70 ^{**}	1,30 ^{ns}	0,89 ^{ns}
F Cobertura X Inoculação	0,49 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,82 ^{ns}
C.V. (%)	21,83	7,70	4,70
Média Geral	3501,15	2,39	36,25

** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns – não significativo pelo teste F. Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V. – coeficiente de variação.

A respeito das inoculações, a literatura relata casos em que *A. brasilense* promoveram maior produtividade do arroz de terras altas (Sales *et al.* 2021; Schüller, 2021; Chaves, *et al.*, 2016) e casos em que não houve esse incremento na produtividade (Goes, 2012; Araújo *et al.*, 2010), possivelmente devido às condições edafoclimáticas que não foram ótimas para as bactérias (Bashan *et al.*, 2010) ou de manejo, como a adubação nitrogenada, que inibiram a sua associação com as plantas (Lopes, 2007).

No que diz respeito à inoculação *R. tropici*, este trabalho é o primeiro a demonstrar efeitos positivos na cultura do arroz, ou seja, uma espécie que não forma nódulos por ser uma gramínea (Vinhali-Freitas e Rodrigues, 2010). Porém, estudos anteriores relataram aumento de produtividade após a inoculação desta espécie em trigo, outra gramínea de importância agrícola (Longo, 2018; Mortinho *et al.*, 2017).

Considerando os resultados das análises fisiológicas, realmente percebe-se que as inoculações de *A. brasilense*, *R. tropici* e de ambos conjuntamente proporcionou incrementos nos teores de pigmentos fotossintéticos, de amônio e nitrato foliares a depender da cobertura vegetal

considerada. Isso indica que os mecanismos de promoção de crescimento dessas bactérias melhoraram o aparato fotossintético e os compostos nitrogenados das plantas de arroz, o que se traduziu em maior crescimento em altura, aumento no número de panículas e, conseqüentemente, em uma ligeira melhoria na produtividade dos grãos.

Nesse sentido, as inoculações realizadas podem promover o desenvolvimento das plantas de arroz, incluindo em áreas com diferentes coberturas vegetais. Novos estudos devem ser realizados para verificar se há melhor aproveitamento dos nutrientes do solo e oriundos da decomposição da palhada em função de um maior desenvolvimento do sistema radicular após as inoculações com *A. brasilense*, *R. tropici* ou ambos conjuntamente.

6. CONCLUSÕES

As coberturas vegetais não influenciaram a produtividade do arroz de terras altas, no entanto, promoveram maior acúmulo de macronutrientes e produção de matéria seca, em comparação ao cultivo isolado do milho. Podendo contribuir para uma melhor cobertura do solo e ciclagem de nutrientes, fatores essenciais para a melhoria da fertilidade e estrutura do solo.

As inoculações realizadas promoveram o desenvolvimento das plantas de arroz, a depender da cobertura vegetal considerada. Embora a adubação completa tenha obtido os melhores índices de produtividade, os tratamentos inoculados alcançaram bons resultados, o que indica o potencial de redução da dependência de fertilizantes químicos.

REFERÊNCIAS

- AFZAL, A.; BANO, A. *Rhizobium* and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum*). **International Journal of Agricultural Biology**, v. 10, n. 1, 85-88, 2008.
- ALBERNAS, K. K. **Viabilidade agronômica da inoculação de bactérias promotoras de crescimento na cultura do milho**. Dissertação de Mestrado em Ciência do solo. Universidade Federal do Paraná: 1-39, 2019.
- ALLEN, R. G. et al. Evapotranspiração das culturas - Diretrizes para calcular as necessidades hídricas das culturas - Artigo da FAO sobre irrigação e drenagem 56. **Fao, Roma**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.
- AMARANTE, L. et al. Teores de Clorofilas em Soja Associada Simbioticamente com Diferentes Estirpes de *Bradyrhizobium* sob Alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl. 2, p. 906-908, jul. 2007.
- AMBROSANO, E. J. et al. Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicadas ao plantio direto. **Piracicaba, Potafos**, 2005.
- ANDRADE, A. C. et al. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1589-1595, 2000.
- ARAÚJO, A. E. S. et al. Germinação e Vigor de Sementes de Arroz Inoculadas com Bactérias Diazotróficas. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 932-939, 2010.
- ARAÚJO, J. L. et al. Crescimento e produção do arroz sob diferentes proporções de nitrato e de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 921-930, 2012.
- ARF, O. **Efeitos de densidade populacional e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão**. 1993. 63p. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- ARF, Orivaldo et al. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio na produção de arroz de terras altas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 215-223, 2005.
- ARF, O.; MEIRELLES, F. C.; PORTUGAL, J. R.; BUZZETTI, S.; SÁ, M. E. de; RODRIGUES, R. A. F. Benefícios do milho consorciado com gramínea e leguminosas e seus efeitos na produtividade em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.17, n.3, p. 431-444, 2018.
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.
- BALBINO, L. C. et al. Plantio direto. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafos**, p. 301-352, 1996.
- BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, E. F. Efeito do sistema de preparo do solo no rendimento de grãos de trigo, soja e milho. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, v. 20, p. 1354-60, 1992.
- BALDANI, J. et al. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 5-6, p. 911-922, 1997.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. **Advances in agronomy**, v. 108, p. 77-136, 2010.
- BIELESKI, R.L.; TURNER, N.A., 1966. Separation and estimation of amino acids in crude plants extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography. **Anal. Biochem.**, v. 17, p. 278-293, 1966.
- BOGIANI, J. C. Rotação de culturas e manejo para formação de palhada no Sistema Plantio Direto. 2015.
- BOLDIERI, F. M.; CAZETTA, Disney Amélio; FORNASIERI FILHO, Domingos. Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. **Revista Ceres**, v. 57, p. 421-428, 2010.
- BORGHI, É.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. Desenvolvimento da cultura do milho em consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Energia Agric**, v. 21, p. 19-33, 2006.

- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A.S.; MATEUS, G.P.; MARTINS, P.O.; COSTA, C. Effects of row spacing and intercrop on maize grain yield and forage production of palisade grass. **Crop and Pasture Science**, Victoria, v.63, n.12, p.1106-1113, 2013.
- BOUMAN, B. A. M. et al. Arroz e água. **Avanços em agronomia**, v. 92, p. 187-237, 2007.
- BRAMBILLA, J.A.; LANGE, A.; BUCHELT, A.C.; MASSAROTO, J.A. Produtividade de milho safrinha no sistema de integração lavoura-pecuária, na região de Sorriso, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.8, n.3, p.263-274, 2009.
- BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M, da. Produtividade de palhada de plantas de cobertura. **Silveira PM & Stone LF Plantas de cobertura dos solos do Cerrado**, p. 13-43, 2010.
- BUZETTI, S. et al. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1731-1737, 2006.
- CALONEGO, J. C. et al. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. *Biosci. j.* (Online), p. 770-781, 2012.
- CARVALHO, MT de M. et al. O arroz de terras altas como estratégia para segurança alimentar, intensificação ecológica e adaptação à mudança do clima: rumo aos objetivos de desenvolvimento sustentável para o milênio. 2020.
- CATALDO, D.A.; HARRON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, v.6, p. 71-80, 1975.
- CHAVES, J. D. S. et al. Eficiência da inoculação na cultura do arroz (*Oryza sativa*) no Sul do estado de Roraima. **Revista ambiente: Gestão e desenvolvimento** – volume 9, n.2, Dezembro/2016. ISSN ONLINE: 1981 – 4127.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos Safra 2024/25**, v.12, n.5 – 8º levantamento. Brasília. 2025.
- COSTA, N. R. et al. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1223-1233, 2014.
- COSTA, N. R. et al. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1038-1047, 2012.
- COSTA, N. R. et al. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 852-863, 2015.
- CRUSCIOL, C. A. C.; CANTARELLA, H. Arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS JR, D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. van. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 2020. p. 218-220. (Boletim Técnico 100).
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Effect of intercropping on yields of corn with different relative maturities and palisadegrass. **Agronomy Journal**, v.105, p.599-606, 2013.
- CUNHA, E. Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 589-602, 2011.
- DA SILVA, DENIS AUGUSTO et al. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 01, 2006.
- DA SILVEIRA, Pedro Marques; ZIMMERMANN, Francisco José Pfeilsticker; DO AMARAL, Alexandre Morais. Efeito da sucessão de cultura e do preparo do solo sobre o rendimento do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 885-890, 1998.
- DAVIES, B. H. Carotenoids. In: Goodwin, T. W. (Ed.). Chemistry and biochemistry of plant pigments London: Academic Press, 1976. p.38-165.

- DE RESENDE, A. V. et al. Créditos de nutrientes e matéria orgânica no solo pela inserção do capim-braquiária em sistemas de culturas anuais. 2021.
- DE SOUZA, S. L. Z. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e redução da adubação nitrogenada em arroz de terras altas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e9110716345-e9110716345, 2021.
- DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y.. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical reviews in plant sciences**, v. 22, n. 2, p. 107-149, 2003.
- DOS SANTOS, A. B. et al. Efeito do conjunto de técnicas aplicadas ao sistema de produção do arroz de sequeiro. 1982.
- DUARTE, A. N. M. Inoculação com bactérias promotoras de crescimento e fertilização com nitrogênio em *Urochloa* ssp. cv. Mavuno. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2020, 78 p.
- ESPINAL, Contreras; SINENCIO, Freddy. **Adubação nitrogenada com uréia e adubos verdes na cultura do arroz e efeito residual no feijoeiro**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- FARINELLI, R. et al. Características agrônomicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 447-454, 2004.
- FERNANDES, J. P. T. et al. Desempenho de plântulas de arroz de terras altas promovido por microrganismos multifuncionais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 429-438, 2021.
- FERREIRA, D.F.; SISVAR: Sistema de análise de variância. versão 5.3. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2010.
- FLORES-FELIX, J. D. et al. Use of Rhizobium leguminosarum as a potential biofertilizer for Lactuca sativa and Daucus carota crops. **J Plant Nutr Soil Sci**. v.176, p. 876–882, 2013.
- FRANCHINI, J. C. et al. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52 p.(Embrapa Soja. Documentos, 327). 2017.
- GALEANO, R. M. S. et al. Desenvolvimento inicial e quantificação de proteínas do milho após inoculação com novas estirpes de *Azospirillum brasilense*. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 2, p. 95-99, 2019.
- GARCIA-FRAILE, P. et al. Rhizobium Promotes Non-Legumes Growth and Quality in Several Production Steps: Towards a Biofertilization of Edible Raw Vegetables Healthy for Humans. **Plos One**, v.7, p.1-7, 2012.
- GOES, R. J. Inoculação de Sementes com *Azospirillum brasilense* e Doses de N Mineral em Arroz de Terras Altas Irrigado por Aspersão. 30f. Relatório (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; SILVA, A. C. L. Evapotranspiração e rendimento de grãos do arroz de terras altas em função da deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 441-446, 2016.
- HAYNES, R. J. The decomposition process: Mineralization, immobilization, humus formation. **Mineral nitrogen in the plant-soil systems**, p. 52-126, 1986.
- HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. 2011.
- KING, C. A. PURCELL, L. C. Inhibition of N₂ fixation in soybean is associated with elevated ureides and amino acids. **Plant Physiology**, v. 137, n. 4, p. 1389-1396, 2005.
- KLEINHOF, A.; WARNER, R.L. Advances in nitrate assimilation. In the Biochemistry of plants (B.J. Miffl & P.J. Stewart. Eds.) **Academic Press Inc.**, 16: 89-120, 1990.
- LACERDA, M. C.; NASCENTE, Adriano Stephan. Tecnologias para o cultivo do arroz de terras altas em sistema plantio direto na região do Cerrado. 2021.

- LONGO, L. D. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em trigo coinoculado com *Azospirillum* e *Rhizobium* em região de cerrado de baixa altitude. Trabalho de Graduação, UNESP Ilha Solteira, 2018, 35p.
- LOPES, E. S. Fixação biológica do nitrogênio no sistema solo-planta. **I Simpósio Sobre Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**, Piracicaba. Anais, IPNI Brasil, p. 43-72, 2007.
- LOPES, S. I. G.; LOPES, M. S.; MACEDO, V. R. M. Curva de resposta à aplicação de nitrogênio para quatro genótipos de arroz irrigado. *Lavoura Arrozeira*, v.49, p.3-6, 1996
- LÓPEZ-PIÑEIRO, A. et al. Transição de inundação para irrigação por aspersão em ecossistemas de cultivo de arroz no Mediterrâneo: Efeito no comportamento do bispiribac sódico. **Agricultura, Ecossistemas e Meio Ambiente**, v. 223, p. 99-107, 2016.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. 1980. **São Paulo: Agronômica Ceres. 251p**, 1980.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MCCULLOUGH, H. The determination of ammonium in whole blood by a direct colorimetric method. **Clin. Chim. Acta.**, v. 17, p. 297-304, 1967.
- MEIRELLES, F. C. Desempenho de cultivares de arroz de terras altas em diferentes épocas de semeadura. 2018.
- MERCANTE, F. M.; GOI, S. R.; FRANCO, A. A. Importância dos compostos fenólicos nas interações entre espécies leguminosas e rizóbio. **Revista Universidade Rural**, v. 22, n. 1, p. 65-81, 2002.
- MOREIRA, F. M. S. et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74-74, 2010.
- MORTINHO, E. S. et al. Coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* e aplicação de regulador vegetal em trigo irrigado no cerrado.. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale., 2017, Cascavel. Anais da XI Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Cascavel - PR: COODETEC, 2017. v. 1. p. 10-14.
- MOURA NETO, F. P.; SOARES, A. A.; AIDAR, H. Desempenho de cultivares de arroz de terras altas sob plantio direto e convencional. 2002.
- MOURA, R. da S. Lâminas de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em arroz terras altas. 2011. 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.
- PICAZEVICZ, A. A.; KUSDRA, J. F.; MORENO, A. D. L. Maize growth in response to *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium tropici*, *molybdenum* and *nitrogen*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n. 9, p. 623-627, 2017.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.
- RODRIGUES, M. et al. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas irrigados por aspersão. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1234-1241, 2015.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia Vegetal**. Grupo Editorial Iberoamerica S/A., 760p., 1992.
- SALOMÃO, P. E. A. et al. A importância do sistema de plantio direto na palha para a alimentação do solo e restauração da matéria orgânica. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 1, pág. e154911870-e154911870, 2020.
- SANTOS, H. G. dos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (5ed.). Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SCHÜLLER, M. Utilização de *azospirillum brasilense* e composto orgânico na produção de arroz irrigado. 2021.

- SILVA, M. A. et al. Sistema de plantio direto e rotação de culturas no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. e376111335568-e376111335568, 2022.
- SILVEIRA, É. L. Inoculações de bactérias promotoras de crescimento no cultivo de arroz em solução nutritiva. 2008.
- SIMÃO, A. A. **Antioxidantes, clorofila e perfil de ácidos graxos em folhas de mandioca**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG), 2010.
- SOSBAI-SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. 2014.
- SOARES, E. R. et al. Componentes de produção e produtividade de arroz híbrido de sequeiro comparado a três cultivares convencionais. **Acta Agronômica**, v. 59, n. 4, p. 435-441, 2010.
- STURZ, A. V.; NOWAK, J. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied Soil Ecology*, v.15, n. 2, p. 183-190, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fundamentos de Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2021.
- TAKAGI, H. et al. Allantoin, a stress-related purine metabolite, can activate jasmonate signaling in a MYC2-regulated and abscisic acid-dependent manner. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 8, p. 2519-2532, 2016.
- TEIXEIRA, C. M. et al. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho+ crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 647-653, 2009.
- THOMAS, R.; SCHRADER, L. Ureide metabolism higher plants. **Phytochemistry**, v. 20, p. 361-371, 1981.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.
- VINHAL-FREITAS, I. C.; RODRIGUES, M. B. Fixação biológica do nitrogênio na cultura do milho. **Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 2, p. 143-154, 2010.
- VOGELS, G.D.; VAN DER DRIFT, C. Differential analyses of glyoxylate derivatives. **Anal. Biochem.**, v.33, p. 143-157, 1970.
- WERNER, A. K.; WITTE, C. P. The biochemistry of nitrogen mobilization: purine ring catabolism. **Trends in Plant Science**, v. 16, n. 7, p. 381-387, 2011.
- ZRENNER, R.; STITT, M.; SONNEWALD, U.; BOLDT, R. Pyrimidine and purine biosynthesis and degradation in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 57, p. 805-836, 2006.

ANEXO – ASPECTOS GERAIS DA CULTURA

Figura 2 – Tratamento e inoculação de sementes para a semeadura, 13/12/2023.



Autoria própria, 2024.

Figura 3 – Semeadura da cultura, 13/12/2023.



Autoria própria, 2024.

Figura 4 – Emergência de plantas, 18/12/2023.



Autoria própria, 2024.

Figura 5 – Manejo da irrigação, 03/03/2024.



Autoria própria, 2024.

Figura 6 – Coleta das folhas bandeiras, 07/03/2024.



Autoria própria, 2024.

Figura 7 – Aspecto da cultura aos 90 DAE, 14/03/2024.



Autoria própria, 2024.

Figura 8 – Coleta das panículas, 01/04/2024.



Autoria própria, 2024.

Figura 9 – Colheita manual do arroz (104 DAE), 01/04/2024.



Autoria própria, 2024.

Figura 10 - Análise do teor de nitrogênio foliar no arroz.



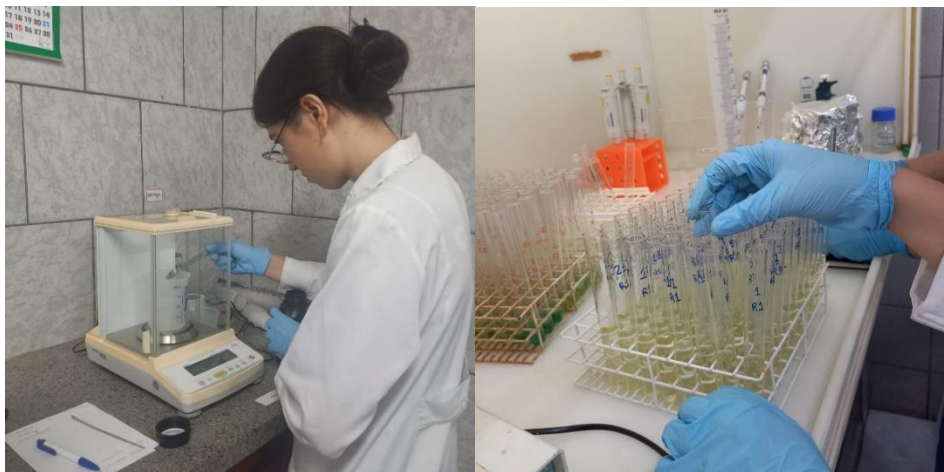
Autoria própria, 2024.

Figura 11 – Contagem do número de grãos.



Autoria própria, 2024.

Figura 12 – Análises fisiológicas.



Autoria própria, 2024.