

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

CESAR AUGUSTO DE SOUZA 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 DE PLANTIO DIRETO

Ilha Solteira

2023

CESAR AUGUSTO DE SOUZA 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 DE PLANTIO DIRETO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp, como partedos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Prof. Dr. Orivaldo Arf
- Orientador -

Prof. Fernando de Souza Buzo
- Coorientador -

Ilha Solteira

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586r Silva, Cesar Augusto.
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 de plantio direto / Cesar Augusto Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
39 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2024

Orientador: Orivaldo Arf
Co-orientador: Fernando de Souza Buzo
Inclui bibliografia

1. Coinoculação. 2. *Oryza sativa* L. 3. Coberturas vegetais.


Amanda Sertori dos Santos

Bibliotecária - CRB/8-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" FACULDADE
DE ENGENHARIA – UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA CURSO DE GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

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

ALUNO: CESAR AUGUSTO DE SOUZA DA SILVA - RA: 191050075

ORIENTADOR: ORIVALDO ARF

Aprovado (☒) Reprovado () pela Comissão Examinadora com nota obtida: 10,0 (dez)

Comissão Examinadora:



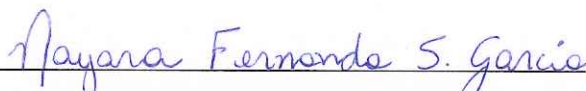
PROF. DR. ORIVALDO ARF

1º EXAMINADOR (Orientador-Presidente)



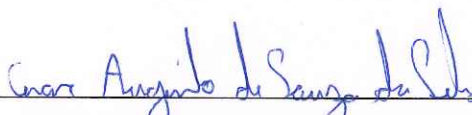
PROF. DR. RICARDO ANTÔNIO FERREIRA RODRIGUES

2º EXAMINADOR



DRA. NAYARA FERNANDA SIVIERO GARCIA

3ª EXAMINADORA



CESAR AUGUSTO DE SOUZA DA SILVA

Aluno

Ilha Solteira (SP), 05 de janeiro de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho para minha família, em especial para o meu pai Edgar Cesar da Silva, minha mãe Alessandra de Souza da Silva e a minha namorada Maria Eduarda Oliveira Nonato.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por ter me dado o dom da vida e o discernimento sabedoria para enfrentar a vida com leveza.

Quero agradecer aos meus pais Edgar Cesar da Silva e Alessandra de Souza da Silva que me deram total apoio desde o começo da minha faculdade, investindo sempre no meu potencial e me dando forças. Agradeço também a minha namorada Maria Eduarda Oliveira Nonato por estar sempre presente em minha vida e por contribuir na realização de algumas avaliações presentes neste trabalho.

Venho agradecer especialmente aos meus professores orientadores e amigos, Dr. Orivaldo Arf e Fernando de Souza Buzo, por ter acreditado nas minhas competências e me ajudado e por ter me concedido tal oportunidade em trabalhar junto a eles.

Aos colaboradores Lucas Leite Fortunado, Vinícius Penteado Catalani, Leonardo Hazenfratz da Silva, Jose Vinícius Tamboreli Rodrigues que ajudaram com as atividades em campo e laboratório. E um agradecimento especial à Barbara Nairim Ceriani de Luna por ser a maior contribuidora deste trabalho, tanto em campo quando no desenvolvimento das análises.

À UNESP – Ilha Solteira – SP e a Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão Selvíria - MS, por me proporcionar a vivência acadêmica e me transformar em um profissional.

Muito obrigado a todos os membros da Banca por conceder o tempo e se disponibilizar para esse momento importante.

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 DE PLANTIO DIRETO

Cesar Augusto de Souza da Silva¹

Orivaldo Arf²

Fernando de Souza Buzo³

RESUMO

O arroz é um pilar da alimentação brasileira, desempenhando um papel crucial na dieta, na cultura e na economia do país. Sua versatilidade, valor nutricional e acessibilidade fazem dele um alimento essencial para a maioria dos brasileiros. Sendo assim este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho agrônomo do arroz de terras altas sob diferentes coberturas vegetais residuais de milho e a co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* sobre os componentes de produção e produtividade do arroz de terras altas. O estudo foi desenvolvido em dezembro de 2021 em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP - Campus de Ilha Solteira, localizada em Selvíria, Mato Grosso do Sul em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico. delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial com 5 tratamentos de cobertura vegetal e 5 tratamentos de inoculação. O cultivar utilizado foi o BRS A 502 e a semeadura ocorreu após a dessecação da área com herbicida. O manejo de água seguiu três coeficientes de cultura em quatro períodos, e na adubação nitrogenada utilizou-se como fonte de N a ureia. A análise estatística dos dados, que incluíram avaliações como emergência, floração, maturação, altura de plantas, acamamento, número de panículas e grãos, massa de 100 grãos, produtividade, teor de nitrogênio nos grãos, fertilidade e massa hectolétrica, foi realizada utilizando o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade no programa SISVAR. Os resultados mostram uma influência negativa das coberturas vegetais de milho consorciado sobre a produtividade e enchimento de grãos de arroz, enquanto a inoculação e a coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* proporcionaram incremento na produtividade em comparação ao tratamento contendo a adubação nitrogenada.

Palavras-chave: Coinoculação; *Oryza sativa* L; Coberturas Vegetais.

¹Graduando no curso de Engenharia Agrônoma na faculdade UNESP/FEIS

²Professor Doutor Orientador do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, UNESP/FEIS

³Professor Coorientador do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, UNESP/FEIS

CROP ROTATION, GREEN MANURING, AND INOCULATION WITH RHIZOBIUM TROPICI AND AZOSPIRILLUM BRASILENSE ON THE PRODUCTION COMPONENTS AND YIELD OF UPLAND RICE IN NO-TILL PLANTING SYSTEM

Cesar Augusto de Souza da Silva¹

Orivaldo Art²

Fernando de Souza Buzo³

ABSTRACT

Rice stands as a cornerstone in Brazilian cuisine, playing a pivotal role in the country's diet, culture, and economy. Its versatility, nutritional value, and accessibility render it an essential food for the majority of Brazilians. This study aimed to assess the agronomic performance of upland rice under different residual corn vegetative covers and the co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* concerning the production components and productivity of upland rice. The research took place in December 2021 at the experimental area of the Teaching, Research, and Extension Farm of the Faculty of Engineering in Ilha Solteira - UNESP - Ilha Solteira Campus, located in Selvíria, Mato Grosso do Sul, on a Dystrophic Red Latosol. The experimental design adopted was a randomized block in a factorial scheme with 5 vegetative cover treatments and 5 inoculation treatments. The BRS A 502 cultivar was used, and sowing occurred after area desiccation with herbicide. Water management followed three crop coefficients over four periods, and urea served as the nitrogen source for fertilization. Statistical analysis of the data, encompassing assessments such as emergence, flowering, maturation, plant height, lodging, panicle and grain number, 100-grain weight, productivity, nitrogen content in grains, fertility, and hectoliter weight, was performed using the Scott-Knott test at a 5% probability level in the SISVAR program. Results reveal a negative impact of intercropped corn vegetative covers on rice productivity and grain filling, while inoculation and co-inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium tropici* led to increased productivity compared to nitrogen fertilization alone.

Keywords: Inoculation; *Oryza sativa* L; Vegetative Coverings.

¹Graduando no curso de Engenharia Agrônômica na faculdade UNESP/FEIS

²Professor Doutor Orientador do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, UNESP/FEIS

³Professor Coorientador do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, UNESP/FEIS

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Valores diários médios de precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e Umidade Relativa (%) coletadas durante a condução do experimento. Selvíria – MS, 2022.....	20
Anexo 2 - Fase vegetativa em 17 de janeiro de 2022. Selvíria-MS.	35
Anexo 3 - Aspecto da cultura em campo, dia 14 de fevereiro de 2022. Selvíria – MS.	36
Anexo 4 - Fase Vegetativa em 24 de fevereiro de 2022. Selvíria – MS.	37
Anexo 5 - Maturação de colheita do arroz. Selvíria – MS.	38
Anexo 6 - Fase reprodutiva em 25 de março de 2022. Selvíria – MS.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise química do solo da área experimental na camada de 0,00 a 0,20 m em 2020. Selvíria, MS, Brasil, 2020. 22

Tabela 2 – Valores médios para matéria seca da parte aérea (kg/ha), altura de planta (cm) e número de panículas (m²). Selviria – MS, 2021/2022. 25

Tabela 3 – Valores médios para número de grãos cheios, número de grãos chochos, número de grãos totais e para fertilidade de espiguetas (%). Selviria – MS, 2021/2022..... 27

Tabela 4 - Valores médios para massa de 100 grãos (g), massa hectolétrica (kg/hL), produtividade (kg/ha⁻¹) e teor de N em grãos (g kg⁻¹). Selvíria – MS, 2021/2022. 28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Rotação de culturas	12
2.2 Adubação verde	13
2.3 Inoculação de <i>Azospirillum brasilense</i> e <i>Rhizobium tropici</i>	14
2.4 A coinoculação.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Localização e condução da área experimental.....	18
3.2 Delineamento experimental	19
3.3 Avaliações realizadas	20
3.4 Análise Estatística	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5 CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS	29
ANEXO.....	33

1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola desempenha um papel vital na segurança alimentar global e na economia, sendo crucial compreender como o solo é manejado e os sistemas utilizados, visto que esses fatores podem impactar significativamente na produtividade e sustentabilidade do sistema agrícola. Nesse contexto, emerge o Sistema de Plantio Direto (SPD) como uma alternativa sustentável que incorpora práticas recomendadas para aprimorar a produtividade, enquanto conserva e melhora o ambiente.

O SPD fundamenta-se na retenção de carbono, no aumento da biomassa em forma de palha e na redução da evaporação, resultando em maior infiltração de água, menor amplitude térmica e propício desenvolvimento das plantas e organismos vivos. Adicionalmente, a liberação gradual de nutrientes durante a decomposição da biomassa beneficia as culturas subsequentes, consolidando o SPD como uma opção atrativa para promover a produtividade agrícola de maneira sustentável (MANFRE *et al.*, 2019).

De acordo com Lobato (2019 apud ROCHA, 2021), os sistemas de integração abrangem a formação de consórcios, a alternância de culturas agrícolas e espécies forrageiras. Essa abordagem visa aprimorar a qualidade do solo, resultando em um aumento significativo da produtividade.

Os rizóbios, como os da espécie *Rhizobium tropici* são fundamentais ao realizar a fixação de nitrogênio da atmosfera ao solo, disponibilizando nutrientes as plantas leguminosas através de associação. Os rizóbios também são capazes de colonizar e se associar a plantas não leguminosas como o arroz, porém nestas, não realizam a fixação biológica de nitrogênio (PERRINE-WALKER *et al.*, 2007; OSORIO FILHO *et al.*, 2014). De acordo com Osório *et al.* (2016), apesar de não fixar N atmosférico quando associados com arroz, os rizóbios podem estimular o crescimento radicular e aumentar o aproveitamento dos nutrientes do solo, incluindo o N.

Algumas bactérias, como o *Azospirillum brasilense*, são capazes realizar a fixação biológica de nitrogênio, promovendo o crescimento das plantas (HUNGRIA *et al.*, 2013). Por este motivo, alguns autores têm apresentado o *Azospirillum brasilense* como substituto ou fonte suplementar de fertilizantes nitrogenados, promovendo maior sustentabilidade na produção agrícola (HUNGRIA *et al.*, 2010).

A importância do arroz na alimentação brasileira vai além do aspecto nutricional. Ele desempenha um papel social significativo, sendo acessível para diversas camadas da população. Além disso, é uma cultura agrícola importante para a economia do país, gerando empregos e

contribuindo para o desenvolvimento das regiões produtoras. Sua produção abrange uma diversidade de ecossistemas, desde as planícies alagadas até as áreas de sequeiro.

Arroz de terras altas é um sistema que se destaca pela condição aeróbica do desenvolvimento radicular da planta. Pode ser cultivado com irrigação suplementar por aspersão ou sem irrigação, dependendo totalmente da precipitação pluvial. O sistema com irrigação por aspersão envolve intenso uso do solo, rotação de culturas e alta tecnologia, sendo plantado durante a estação chuvosa. A região dos Cerrados, especialmente a região Centro-Oeste, é crucial para esse cultivo, com propriedades agrícolas extensas e uso intensivo de máquinas. No entanto, a instabilidade climática e a ocorrência de doenças e pragas, como a brusone e cupins, contribuem para a baixa produtividade (SANTOS, 2023).

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos da 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 de plantio direto

As hipóteses testadas foram:

- A palhada do milho consorciado com Urochloas, Crotalaria ou Feijão Guandu é capaz de aumentar a produção ou desenvolvimento do arroz de terras altas;
- A inoculação e coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* proporciona maior produtividade ao arroz de terras altas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Rotação de culturas

A prática da rotação de culturas consiste no cultivo intercalado de diferentes plantações em uma mesma área ao longo do tempo, proporcionando aos agricultores maior praticidade, modernização e aumento na lucratividade. Essa abordagem envolve a alternância de espécies com sistemas radiculares diversos para mitigar os efeitos da compactação do solo, buscando, além de benefícios comerciais, a recuperação do solo (LIMA et al., 2018).

Ainda de acordo com o autor citado, a rotação de culturas se integra ao Sistema Plantio Direto (SPD), visando reduzir a degradação física, química e biológica do solo, bem como o desenvolvimento de pragas. Essa técnica contribui para o controle de pragas, evitando agentes patogênicos presentes nos restos culturais do solo. Além disso, a rotação visa restabelecer um equilíbrio biológico e dinâmico entre diversos fatores, seguindo princípios como a manutenção do balanço da matéria orgânica do solo. A sustentabilidade do modelo agroecológico é respaldada pela biodiversidade, ciclagem de nutrientes e fluxo de energia

Corroborando e complementando o que trouxeram Lima et al. (2018), Cruz, Filho e Filho (2021) dizem que a seleção das espécies deve contemplar objetivos tanto comerciais quanto de recuperação do solo. Os benefícios da rotação de culturas são diversos. Além de promover a produção variada de alimentos e outros produtos agrícolas, essa prática, quando adotada e conduzida corretamente por um período adequado, aprimora as características físicas, químicas e biológicas do solo. A rotação de culturas também contribui para o controle de plantas daninhas, doenças e pragas, restaura a matéria orgânica e protege o solo contra os efeitos adversos do clima. Adicionalmente, ela favorece a implementação bem-sucedida do Sistema de Semeadura Direta, gerando impactos positivos na produção agropecuária e no meio ambiente como um todo. Outro aspecto relevante é que a rotação de culturas possibilita uma utilização mais eficiente de máquinas e equipamentos, resultando na redução dos custos relacionados ao capital imobilizado na atividade agrícola.

A prática da rotação de culturas leva à diversificação das atividades na propriedade, permitindo a criação de esquemas que incluem apenas culturas anuais, como soja, milho, arroz, sorgo, algodão, feijão e girassol, ou uma combinação de culturas anuais e pastagem. Em ambas as situações, é essencial um planejamento de médio e longo prazos para garantir que a implementação seja factível e economicamente viável (CRUZ; FILHO; FILHO, 2021).

No Brasil, o SPD é considerado um modelo de integração tecnológica, com produtores engajados em troca de experiências e busca por inovações, em conjunto com ações de pesquisa e desenvolvimento. A organização da rotação deve considerar a ação da cultura sobre a estrutura do solo e a suscetibilidade das culturas, requerendo um manejo eficiente de cobertura de inverno para benefício das culturas subsequentes. O planejamento antecipado, análise da propriedade e escolha adequada de coberturas são essenciais para um plano de rotação eficaz (LIMA et al., 2018).

2.2 Adubação verde

A agricultura alternativa, também conhecida como agricultura ecológica e agricultura verde, surgiu como uma alternativa às práticas convencionais de produção agrícola. De acordo com Silva et al. (2020), seu objetivo é alcançar equilíbrio ecológico no cultivo, bem como nas interações biológicas e ciclos, respeitando o ambiente e a saúde humana. Além disso, busca resolver as causas subjacentes dos problemas agrícolas em vez de tratar apenas os sintomas, visando a produção de alimentos de alta qualidade.

A prática da adubação verde desempenha um papel importante nesse contexto, envolvendo o cultivo de plantas com características específicas que servem como adubo para culturas comerciais e também como proteção do solo contra intempéries. Essas características incluem o acúmulo de nutrientes, especialmente nitrogênio, a produção de biomassa em grande quantidade, a fixação biológica de nitrogênio em leguminosas e uma eficaz cobertura do solo, entre outras (ABRANCHES *et al.*, 2021).

A adubação verde tem sido historicamente utilizada como uma técnica de conservação do solo em sistemas agrícolas, com o objetivo de melhorar as condições físicas e químicas de solos pobres e manter a qualidade daqueles que são naturalmente produtivos (Wildner, 2014 apud ABRANCHES *et al.*, 2021).

Diferentes estudos, como o de Teodoro *et al.* (2011 apud ABRANCHES et al., 2021), examinaram o desempenho de várias espécies de adubos verdes em condições específicas, destacando seu ciclo de crescimento, capacidade de cobertura do solo e contribuição para a disponibilização de macronutrientes. Além disso, a adubação verde tem sido reconhecida por sua capacidade de suprimir o crescimento de plantas daninhas, como demonstrado por Cantanhede *et al.* (2018).

Ambrosano *et al.* (2016) também realizaram estudos sobre a adubação verde, demonstrando que essa prática pode contribuir significativamente para a disponibilidade de

nutrientes, como o nitrogênio, no cultivo de alimentos orgânicos. Isso reduz a necessidade de fertilizantes nitrogenados solúveis, que podem ser caros e insustentáveis em termos de energia.

As culturas de cobertura, ou adubos verdes, oferecem uma série de serviços agronômicos e ecológicos que melhoram as características físicas, químicas e biológicas do solo a longo prazo (ELHAKEEM *et al.*, 2019). É importante considerar que os benefícios da adubação verde podem variar com o tempo, uma vez que os nutrientes se dividem entre as frações imobilizadas, indisponível para as plantas, e mineralizadas na matéria orgânica do solo, tornando-os disponíveis às plantas em momentos diferentes.

2.3 Inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*

Na literatura, há estudos que comprovam resultados positivos da interação entre arroz e a bactéria do gênero *Azospirillum* (PEDRAZA *et al.*, 2009; REICHEMBACK *et al.*, 2011). Esta bactéria dentre outras consideradas do grupo de bactérias promotora de crescimento de plantas (BPCP), podem ser benéficas as plantas através da produção de hormônios de crescimento e da fixação biológica de nitrogênio. (HUNGRIA *et al.*, 2013).

Em plantas não leguminosas, a fixação biológica de nitrogênio por rizóbios não é tão eficaz quanto nas leguminosas. No entanto, várias bactérias que realizam esse processo, pertencentes aos gêneros *Herbaspirillum*, *Burkholderia* e *Azospirillum*, têm sido encontradas em plantas como arroz, trigo, milho e sorgo, entre outras (Santos *et al.*, 2018; Iyer & Rajkumar, 2017; Guimarães & Baldani, 2013; Barbosa *et al.*, 2016 apud FERREIRA *et al.*, 2021).

Os resultados da inoculação com *Azospirillum* mostram variações nos efeitos observados em trigo, arroz, milho e sorgo, com um aumento médio na produção que varia de 20% a 30% (Guimarães *et al.*, 2010; Garcia *et al.*, 2016 apud FERREIRA *et al.*, 2021).

O emprego de microrganismos na agricultura vai além da fixação de nitrogênio, abrangendo a promoção geral do crescimento das plantas. Diversas bactérias, incluindo *Azospirillum brasilense*, são reconhecidas por seus efeitos benéficos, formando o grupo conhecido como Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCPs). Essas RPCPs contribuem para a melhoria da absorção de nutrientes e água pelas plantas, estimulando o desenvolvimento do sistema radicular. Elas têm potencial para atuar como biofertilizantes, fitoestimulantes, rizoremediadores e biopesticidas, resultando em benefícios para a saúde das plantas e o aumento de seu crescimento (ALBERNAS, 2019).

No caso do arroz, diversas bactérias associadas aos gêneros *Burkholderia*, *Herbaspirillum*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* e *Sphingomonas* já foram isoladas (Rodrigues *et*

al., 2006; Rodrigues *et al.*, 2008 apud FERREIRA *et al.*, 2021). Vários estudos têm demonstrado efeitos positivos da inoculação dessas bactérias diazotróficas, incluindo o aumento na produção de grãos, maior acúmulo de nitrogênio e um aumento na massa seca. Por exemplo, Guimarães *et al.* (2010 apud FERREIRA *et al.*, 2021) concluíram que essas bactérias podem aumentar a produção de grãos, promover maior acúmulo de nitrogênio e aumentar a massa seca das plantas. Além disso, Guimarães e Baldani (2013 apud FERREIRA *et al.*, 2021) e Barbosa *et al.* (2016 apud FERREIRA *et al.*, 2021) observaram aumentos significativos na biomassa da parte aérea do arroz após a inoculação, com incrementos de 16% e 113%, respectivamente.

Observa-se em alguns trabalhos com feijão, que a inoculação de sementes utilizando *Azospirillum brasilense* obteve maior teor de nitrogênio foliar no tratamento sem o fornecimento de nitrogênio em cobertura. Proporcionando também retorno econômico com a dose de inoculante utilizada. (GITTI *et al.*, 2012).

Garieri (2022), realizou um estudo sobre nutrição foliar do arroz de terras altas inoculado com bactérias promotoras de crescimento e aplicação de nitrogênio, conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT) da Unesp de Dracena, SP, durante o ano agrícola de 2021/2022. O experimento foi realizado com o cultivar BRS A502 de arroz de terras altas. Dentre as bactérias analisadas no estudo, avaliou-se a inoculação de *Azospirillum brasilense* em diferentes tratamentos de nitrogênio. Foram analisados os teores foliares de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em função dos tratamentos de inoculação. O tratamento 3 obteve o maior teor de nitrogênio, dentro da faixa adequada. A produtividade de grãos foi medida e comparada entre os diferentes tratamentos. O tratamento 3, que recebeu 100% da dose de nitrogênio recomendada, obteve a maior produtividade de grãos. A dose de nitrogênio pareceu desempenhar um papel crucial na produtividade do arroz de terras altas, sendo que a suplementação adequada desse nutriente levou aos melhores resultados. O estudo sugere que, no contexto do sistema de plantio direto para o arroz de terras altas, a inoculação com *Azospirillum brasilense* pode não ser tão eficaz quanto o fornecimento adequado de nitrogênio para maximizar a produtividade.

Apesar do fato das bactérias do gênero *Azospirillum* serem fixadoras de nitrogênio, alguns trabalhos indicam pouca eficiência na transferência deste nitrogênio às plantas, em torno de 5 a 18%. (BASHAN *et al.*, 2004). Porém, os benefícios ainda são expressivos, devido ao fato dessas bactérias produzirem fitormônios responsáveis por estimularem as plantas,

proporcionando-as uma maior resistência ao estresse hídrico e de doenças e maior absorção de minerais (PALMA *et al.*, 2012; SABIR *et al.*, 2011).

Essas bactérias são consideradas associativas não facultativas devido ao fato de não haver simbiose com a planta. Elas se ploriferam, em associação, na superfície das raízes e podem penetrar no vegetal. (DÖBEREINER e BALDANI, 1982). Citocininas, auxina, ácido giberélico e compostos indólicos são algumas das substâncias já observadas produzidas pelo *Azospirillum* (CACCIARI *et al.*, 1989).

Ormay (2019) em um estudo sobre a inoculação de bactérias diazotróficas associativas, incluindo *Rhizobium tropici*, em arroz de terras altas, mostra que os tratamentos com a inoculação de bactérias diazotróficas tiveram um desenvolvimento superior em comparação com a testemunha absoluta (sem inoculação).

Ainda segundo o autor, a inoculação também resultou em um aumento significativo no volume radicular das plantas de arroz, indicando um desenvolvimento radicular mais robusto. Houve um aumento no número de perfilhos em plantas submetidas à inoculação, com destaque para diferentes tratamentos em diferentes estágios de crescimento.

2.4 A coinoculação

A coinoculação, ou inoculação mista utilizando bactérias simbióticas e não simbióticas, consiste na utilização de combinação de microrganismos diferentes com efeitos sinérgicos, sendo possível obter resultados produtivos superiores aqueles realizados com a inoculação de forma isolada (BÁRBARO *et al.*, 2008).

Em estudos sobre o desempenho da inoculação de *Azospirillum brasilense*, observou-se efeito benéfico na associação deste com rizóbio. Este efeito é consequência da capacidade que a bactéria tem de produzir fitormônios, que resulta em maior desenvolvimento do sistema radicular, resultando na maior capacidade do sistema radicular da planta de explorar o potencial nutritivo do solo (BÁRBARO *et al.*, 2008).

De acordo com Meirelles *et al.* (2014), ao analisar a coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* em feijão irrigado observaram maior produtividade de grãos de feijão no tratamento com Masterfix® Feijão (*Rhizobium tropici*) na semente + duas doses de Masterfix® Gramíneas (*Azospirillum brasilense*) aplicado via foliar, além de proporcionar maior número e massa de nódulos na raiz principal e maior massa da parte aérea.

Em trabalhos utilizando o *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum* em sementes de soja observou-se um maior desenvolvimento do sistema radicular desta cultura (BÁRBARO *et al.*, 2009). Além disso observou-se de um incremento de produtividade no feijoeiro, proporcionado por maiores valores de massa seca da parte aérea (GITTI *et al.*, 2012).

No estudo conduzido por Ormay (2019), os tratamentos coinoculados apresentaram uma massa de grãos significativamente maior do que a testemunha absoluta, sugerindo um aumento na produtividade do arroz. A conclusão do estudo é que a inoculação de bactérias diazotróficas associativas, especialmente quando coinoculadas com estirpes de rizóbios, teve um efeito positivo no crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas de arroz, em várias variáveis analisadas.

Embora a maioria das pesquisas com *Rhizobium* se concentre em plantas leguminosas, Picazevicz *et al.* (2017) observaram um aumento no crescimento de plantas de milho com a inoculação de *Rhizobium tropici* (SEMIA 4077 + SEMIA 4088), combinada com adubação nitrogenada na semeadura. A coinoculação dessa bactéria com *Azospirillum brasilense* AbV5 + AbV6 também promoveu crescimento das plantas na ausência de fertilização com nitrogênio.

Estudos adicionais realizados em Selviria (MS) por Longo (2018) envolveram a inoculação foliar de *Azospirillum brasilense* em trigo coinoculado com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*. Os resultados indicaram que a coinoculação e a aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* aumentaram a produtividade de grãos de trigo irrigado em regiões de cerrado de baixa altitude. Duarte (2020) estudou a inoculação com bactérias promotoras de crescimento e fertilização com nitrogênio em *Urochloa ssp* cv. Mavuno, incluindo a coinoculação de *Azospirillum brasilense* (AbV5 e AbV6) e *Rhizobium tropici* (SEMIA 4077). Observou-se que a coinoculação, associada a doses específicas de nitrogênio, resultou em aumento na massa seca das plantas.

É importante considerar que as variações nos resultados com essas bactérias podem ser atribuídas a fatores como variabilidade genética, estágio fenológico, características do solo, influência de outros componentes bióticos, competição, entre outros fatores (STURZ; NOWAK, 2000). Portanto, destaca-se a necessidade de estudos abrangentes que levem em conta essas variáveis, visando à padronização do uso dessas bactérias em relação à cultura em questão.

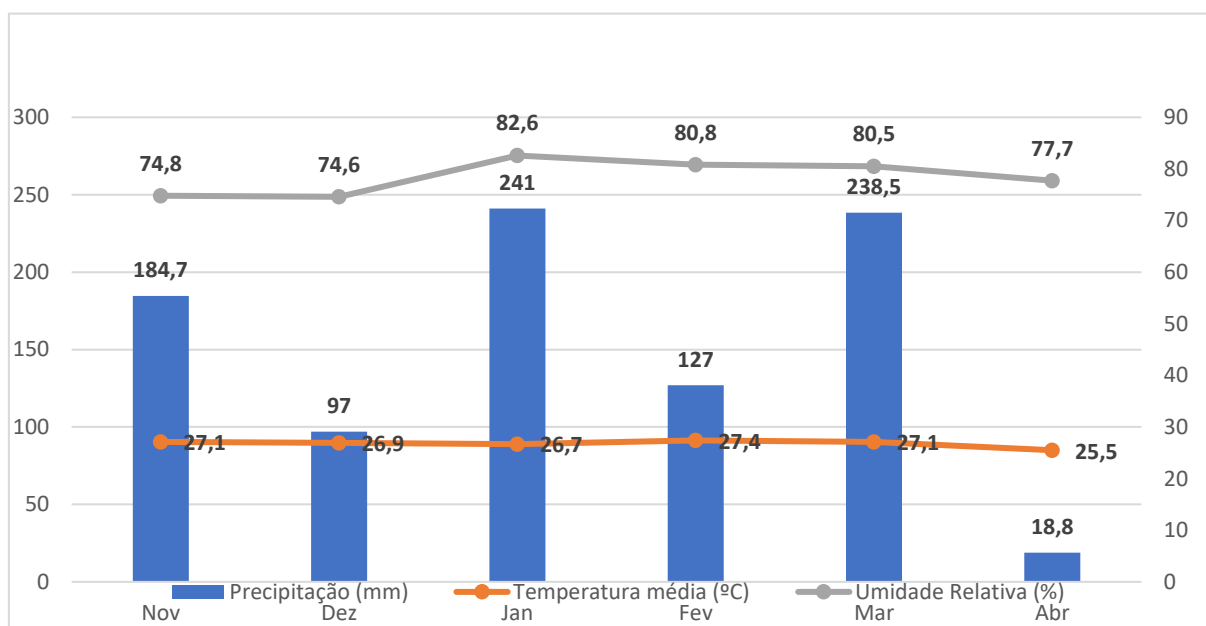
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e condução da área experimental

A pesquisa foi realizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP - Campus de Ilha Solteira, situada no município de Selvíria, no estado de Mato Grosso do Sul. Possuindo solo do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico (SANTOS et al., 2018).

A figura 1 apresenta dados de precipitação pluvial média em mm, temperatura média em °C e a umidade relativa média em %, durante o ciclo do arroz de terras altas, compreendendo os meses de novembro de 2021 até abril de 2022.

Anexo 1 - Valores diários médios de precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e Umidade Relativa (%) coletadas durante a condução do experimento. Selvíria – MS, 2022.



Fonte: Canal Clima, UNESP – Ilha Solteira: <http://clima.feis.unesp.br/>

Constata-se boas médias de pluviosidade, com períodos curtos de estiagem dos quais tornaram necessária o uso da irrigação complementar para atender as exigências hídricas pela cultura. A umidade relativa apresentou a menor média no mês de dezembro com 74,6 % e a maior média no mês seguinte com 82,6%. As temperaturas médias mensais apresentaram valores coerentes com a faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento da cultura

3.2 Delineamento experimental

A semeadura do arroz na área experimental ocorreu no final de dezembro de 2021. Duas semanas antes da semeadura, foi realizada a aplicação do herbicida glyphosate (1.560 g ha^{-1} do ingrediente ativo) para dessecação da vegetação existente na área de cultivo.

Foram utilizados o delineamento experimental de blocos ao acaso disposto em esquema fatorial 5×5 e os tratamentos constituídos pela combinação do efeito residual dos restos culturais de milho exclusivo ou consorciado: (T₁) Milho; (T₂) Milho + *Urochloa brizantha*; (T₃) Milho + *Urochloa ruziziensis*; (T₄) Milho + feijão guandu; (T₅) Milho + *Crotalaria spectabilis*, cultivados no ano anterior no desenvolvimento do arroz de terras altas associado à 5 fatores de inoculação: (T₁) Controle - N, (T₂) Controle + N (T₃) *Rhizobium tropici*, (T₄) *Azospirillum brasilense* e (T₅) *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense*. Cada parcela foi constituída de 10 linhas de 7,5 m de comprimento espaçadas 0,35 m entre as fileiras. A área útil constou das 8 linhas centrais de cada parcela, sendo desprezados em cada linha 0,50 m em suas extremidades.

Quanto ao histórico da área, inicialmente foi cultivado o milho (solteiro ou consorciado) que resultou em um dos fatores de estudo deste trabalho e no período de outono inverno foi cultivado feijão caupi. Posteriormente foi semeado o arroz, utilizado o cultivar BRS A 502 com grãos do tipo longo fino e recomendado para cultivo na região. A semeadura foi realizada em dezembro de 2021, a primeira semeadura realizada em novembro foi perdida por falta de chuva em um momento que o sistema de irrigação não estava em funcionamento. De acordo com ARF et al. (2004) o mês mais indicado para a semeadura do arroz irrigado por aspersão na região é novembro, propiciando a obtenção de produtividade mais elevada.

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). Após a secagem das sementes foi realizada inoculação à sombra, com *Rhizobium tropici* para semeadura de parte da área experimental. O inoculante utilizado apresentava 2×10^8 células viáveis por grama do produto comercial, utilizando-se a dose de 200 mL de inoculante por hectare. No caso do *Azospirillum brasilense* a aplicação foi realizada via foliar por ocasião do início do perfilhamento das plantas (aos 22 dias após a emergência das plântulas) utilizando pulverizador costal elétrico de pressão constante e volume de calda de 200 L/ha e a dose do inoculante de 200 ml ha^{-1} . O Inoculante foi obtido de produto comercial devidamente registrado no Ministério da Agricultura e contendo as estirpes AbV₅ e AbV₆ e que tinham garantia de 3×10^8 ufc/ml.

A adubação mineral nos sulcos de semeadura foi calculada de acordo com a análise química do solo (Tabela 1), características químicas do solo e levadas em consideração as recomendações de Cantarella e Furlani (1996), aplicando-se 200 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16.

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental na camada de 0,00 a 0,20 m em 2020. Selvíria, MS, Brasil, 2020.

Análise química de solo												
Camada	P ⁽¹⁾	S ⁽²⁾	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	A ₁	SB	CTC	V
(cm)	(mg.dm ⁻³)		(g.dm ⁻³)	(CaCl ₂)	----- (mmol _c dm ⁻³) -----							(%)
0-20	30	4	20	5,3	2,0	24	19	28	0	42,0	70,0	60

Fonte: Elaboração do próprio autor. ⁽¹⁾Método da Resina, ⁽²⁾ SO₄⁻¹.

A adubação nitrogenada em cobertura total, utilizando como fonte o sulfato de amônio (60 kg/ha de N), foi realizada aos 16 dias após a emergência das plântulas e aos 29 dias após a emergência foi realizada a aplicação de 30 kg/ha de N na forma de uréia no tratamento (T₂) Controle + N. Após a adubação foi realizada irrigação para minimizar as perdas de N por volatilização.

A adubação em cobertura nos tratamentos inoculados foi reduzida para 70% considerando que os restos culturais e os microrganismos inoculados iriam fornecer os outros 30% do nitrogênio exigido pela cultura.

No manejo de água 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 será 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 serão invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70.

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

3.3 Avaliações realizadas

Foram realizadas as seguintes avaliações:

- Acamamento

Determinado por observações visuais na fase de maturação, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5 a 25%, 3 – 25 a 50%; 4 – 50 a 75% e 5 – 75 a 100% de plantas acamadas.

- Emergência das plântulas

Número de dias transcorridos entre a semeadura e a emergência da maioria das plântulas (ponto de agulhamento).

- Floração

Número de dias transcorridos entre a emergência e a floração de 50% das plantas das parcelas.

- Maturação

Número de dias transcorridos entre a emergência e a maturação de 90% das panículas da parcela.

- Altura de plantas (cm)

Durante o estágio de grãos na forma pastosa foi determinada em 10 plantas ao acaso, na área útil de cada parcela a distância média compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta.

- Fertilidade de espiguetas (%)

Obtido através da relação entre grãos cheios por panícula e grãos totais por panículas, expressos em porcentagem

- Número de panículas por metro quadrado

Contagem do número de panículas em 1,0m de fileira de plantas na área útil das parcelas e posteriormente calculado por metro quadrado.

- Número de grãos granados, chochos e total por panícula

Contagem do número de grãos granados, chochos e total de 20 panículas após separação dos mesmos através de fluxo de ar.

- Massa de 100 grãos (g)

Avaliada pela coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos de cada parcela (13% base úmida).

- Massa seca da parte aérea (kg/ha)

Determinada pela colheita de amostra de duas linhas de 40 centímetros de comprimento por parcela. As amostras foram condicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório para serem secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70 °C até atingir massa em equilíbrio. Posteriormente, os resultados obtidos foram convertidos para kg ha⁻¹.

- Massa hectolétrica

Determinada em balança específica para avaliação da massa hectolétrica em cereais e posteriormente os valores foram convertidos a 13% base úmida.

- Produtividade de grãos (kg/ha^{-1})

Determinada pela pesagem dos grãos, provenientes de 3 linhas de 3 m de comprimento da área útil das parcelas, corrigindo-se a umidade para 13% e convertendo em kg ha^{-1} .

- Teor de N em grãos

Amostras de grãos de cada parcela foram submetidas a secagem em estufa de ventilação forçada de ar com temperatura de 60 °C. Posteriormente moídas e submetidas à determinação do teor de N, segundo Malavolta et al. (1997).

A semeadura do arroz de terras altas ocorreu em 21/12/2021 com a emergência ocorrendo 7 dias após, em 28/12/2021. A floração ocorreu de maneira uniforme em todos os tratamentos no dia 10/03/2022 aos 72 DAE (dias após a emergência). A colheita do experimento ocorreu dia 05/04/2022 aos 98 DAE. Durante a realização do experimento, não foram registradas ocorrência de acamamento de plantas na cultura.

3.4 Análise Estatística

Na análise estatística das variáveis avaliadas os dados foram submetidos a análise de variância. Para verificar o efeito das coberturas vegetais e da inoculação com microrganismos benéficos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott 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, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na avaliação da massa seca de plantas, altura de plantas e número de panículas por metro quadrado estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios para matéria seca da parte aérea (kg/ha), altura de planta (cm) e número de panículas (m²). Selviria – MS, 2021/2022.

TRATAMENTO	Massa seca (kg ha ⁻¹)	Altura (cm)	Número de panícula (m ⁻²)
Coberturas vegetais (C)			
Milho	1.581	93,66	281,28
Milho+ <i>U. brizantha</i>	1.757	92,53	272,43
Milho+ <i>U. ruziziensis</i>	1.524	92,28	272,57
Milho+ <i>C. spectabilis</i>	1.684	91,39	283,86
Milho+Guandu	1.652	91,42	264,00
Inoculações (I)			
Controle-N	1.623	89,55c	251,57 b
Controle+N	1.647	90,81c	258,71 b
<i>Rhizobium tropici</i>	1.635	93,07b	297,43 a
<i>Azospirillum brasilense</i>	1.701	92,08c	259,29 b
<i>Rhiz.</i> + <i>Azosp.</i>	1.593	95,76a	307,14 a
Teste F			
C	1,04 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,36 ^{ns}
I	0,20 ^{ns}	8,35**	3,77**
C x I	0,82 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Média Geral	1.640	92,25	274,83
CV(%)	21,06	3,97	21,37

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1% respectivamente. CV (%) – coeficiente de variação. Controle-N é o controle sem aplicação de nitrogênio e inoculante e Controle+N o controle com aplicação de nitrogênio e sem inoculante. Fonte: Elaboração do próprio autor.

Não houve diferença significativa na análise de quantidade de massa seca em relação às coberturas vegetais, inoculações e a interação entre ambas. Porém, observa-se que o tratamento contendo o consórcio de Milho + *Urochloa brizantha* obteve resultados acima da média e superior ao milho solteiro, enquanto o consórcio de Milho + *Urochloa ruziziensis* obteve resultados substancialmente abaixo da média e menores que o milho solteiro.

Garcia (2017) obteve resultados diferentes ao analisar a massa seca da parte aérea do arroz de terras altas sob cobertura vegetal de milho consorciado com *Urochloa*. Em seu trabalho, o consórcio de milho obteve variação significativa sobre o tratamento de milho não consorciado, se demonstrando promissor na produção de matéria seca para a sucessão de culturas e plantio direto de arroz sobre essa cobertura vegetal.

Os valores de massa seca obtidos em relação aos tratamentos de inoculações se mostraram contrários aos obtidos por Gitti (2012) ao analisar a inoculação de *Azospirillum* em feijão. Demonstrando que há diferença na interação da bactéria entre as duas culturas em relação a produção de massa seca.

Para a altura de plantas, verifica-se que em relação aos tratamentos de inoculações, os tratamentos de *Rhizobium tropici* se mostraram com médias de altura acima dos tratamentos controle (sem ou com N) e da inoculação realizada apenas por *Azospirillum brasilense*, por fim, as combinações de inoculação entre *Rhizobium* e *Azospirillum* obtiveram as maiores medidas de altura de plantas dentre os demais tratamentos avaliados. Picazevicz et al. (2017) obtiveram resultados semelhantes ao analisar a altura do milho sobre a influência da inoculação mista de *Rhizobium* e *Azospirillum* demonstrando que há sinergismo entre os microrganismos promovendo resultado positivo em relação ao crescimento das plantas. Não houve variação entre os tratamentos de cobertura vegetal ou na interação entre cobertura e inoculação

As inoculações têm um impacto mais substancial na formação de panículas do que as coberturas vegetais, com a combinação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* apresentando potencial promissor para aumentar o rendimento de panículas de arroz. Isso vai ao encontro com um estudo feito por Santos (2018) que concluiu que a adição de *Rhizobium tropici* juntamente com o *Azospirillum brasilense*, resulta em um aumento no número de panículas por metro quadrado em comparação com o tratamento que não recebeu inoculação.

Garcia (2017) obteve resultados semelhantes ao analisar o desempenho de tratamentos de milho não consorciado e consorciado com *Urochloa* em relação ao número de panícula por m² em função da cobertura vegetal.

Os valores médios de grãos cheios, chochos, total por panícula e fertilidade de espiguetas estão apresentados na Tabela 3. Pelos resultados observa-se que as coberturas vegetais de milho consorciado obtiveram, de forma significativa, menor produção de grãos cheios e menor produção de grãos totais se comparado à cobertura de milho solteiro, em contrapartida, nenhuma variação foi observada entre os tratamentos ao se analisar o número de grãos chochos.

Não houve variação no número de grãos cheios entre todos os tratamentos de inoculação. Porém, em tratamentos com inoculação exclusiva de *Rhizobium* e *Azospirillum*, observa-se uma diminuição nas quantidades de grãos chochos em comparação com os tratamentos Controle-N, Controle+N e a combinação de inoculantes (*Rhiz.* + *Azosp.*), e consequentemente, uma menor quantidade de grãos totais. Apesar de resultar em efeito negativo

em relação a quantidade total de grãos, as inoculações exclusivas não apresentaram menores valores de grãos cheios se comparados aos demais tratamentos.

Tabela 3 - Valores médios para número de grãos cheios, número de grãos chochos, número de grãos totais e para fertilidade de espiguetas (%). Selviria – MS, 2021/2022.

TRATAMENTO	Grãos cheios	Grãos chochos	Grãos totais	Fertilidade de espiguetas (%)
Coberturas vegetais (C)				
Milho	142,8 a	40,7	183,5 a	77,9
Milho+ <i>U. brizantha</i>	128,7 b	41,5	170,1 b	75,7
Milho+ <i>U. ruziziensis</i>	129,5 b	34,4	163,9 b	79,1
Milho+ <i>C. spectabilis</i>	128,1 b	37,4	165,5 b	77,5
Milho+Guandu	132,85 b	38,3	171,1 b	77,5
Inoculações (I)				
Controle-N	129,7	42,2 a	171,9 a	75,2 b
Controle+N	133,6	43,3 a	176,9 a	75,6 b
<i>Rhizobium tropici</i>	127,8	33,6 b	161,4 b	79,2 a
<i>Azospirillum brasilense</i>	133,1	34,6 b	167,8 b	79,4 a
<i>Rhiz.</i> + <i>Azosp.</i>	137,6	38,5 a	176,1 a	78,2 a
Teste F				
C	2,71*	1,51 ns	3,78**	0,941 ^{ns}
I	1,05 ^{ns}	3,56*	2,60*	2,47*
C x I	0,63 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,53 ^{ns}
Média Geral	132,37	38,46	170,83	77,53
CV(%)	12,53	26,65	10,38	7,24

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1% respectivamente. CV (%) – coeficiente de variação. Controle-N é o controle sem aplicação de nitrogênio e inoculante e Controle+N o controle com aplicação de nitrogênio e sem inoculante. Fonte: Elaboração do próprio autor.

Sales (2021) ao avaliar o desempenho de arroz de terras altas sob diferentes formas de fornecimento de N, incluindo a inoculação de *Azospirillum brasilense*, não obtiveram resultados significativos quanto a quantidade de grãos cheios, chochos ou totais. A literatura sugere que o fornecimento de N por adubação ou fixação biológica possa ocasionar auto sombreamento, reduzindo a área fotossintetizante da cultura e consequentemente comprometendo o enchimento de grãos (Goes et al., 2010 apud SALES et al., 2021).

As análises de fertilidade mostraram resultados satisfatórios em relação aos tratamentos inoculados, tanto isoladamente com cada um dos inoculantes (*Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*) como também na coinoculação de ambos, quando comparados aos tratamentos controle. Tomasetti (2022) constatou resultados semelhantes ao analisar a fertilidade de espiguetas em tratamentos com inoculação de *Azospirillum*. No presente estudo pode se

observar que a inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* realizada de forma isolada ou em combinação, resulta em maior fertilidade de espiguetas em comparação com cultivos realizados com ou sem adubação nitrogenada.

Não houve variações significativas nos tratamentos de cobertura ou na interação entre cobertura e inoculação quando analisamos as médias de fertilidade entre eles. Garcia (2017) também observou pouca variação ao analisar a fertilidade de espiguetas em função da cobertura vegetal de milho consorciado ou milho solteiro.

Os valores de massa de 100 grãos, massa hectolétrica, produtividade de grãos e N em grãos e estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores médios para massa de 100 grãos (g), massa hectolétrica (kg/hL), produtividade (kg/ha⁻¹) e teor de N em grãos (g kg⁻¹). Selvíria – MS, 2021/2022.

TRATAMENTO	Massa de 100 grãos (g)	Massa Hect. (kg/hL)	Produtividade (kg/ha ⁻¹)	N em grãos (g kg ⁻¹)
Coberturas vegetais				
Milho	2,31	56,06	4.485 a	35,27
Milho+ <i>U. brizantha</i>	2,29	55,35	4.076 b	35,63
Milho+ <i>U. ruziziensis</i>	2,29	55,31	4.043 b	35,53
Milho+ <i>C. spectabilis</i>	2,31	56,18	3.971 b	35,96
Milho+Guandu	2,33	57,78	3.909 b	35,82
Inoculações				
Controle-N	2,27	55,35	3.335 c	34,05 b
Controle+N	2,31	55,84	3.942 b	35,72 a
<i>Rhizobium tropici</i>	2,3	56,40	4.303 a	36,68 a
<i>Azospirillum brasilense</i>	2,31	56,74	4.431 a	35,50 a
<i>Rhiz.</i> + <i>Azosp.</i>	2,33	56,35	4.475 a	36,25 a
Teste F				
C	0,86 ^{ns}	2,24 ^{ns}	3,26*	0,27 ^{ns}
I	1,26 ^{ns}	0,67 ^{ns}	14,32**	3,82 **
C x I	0,77 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,65 ^{ns}
Média Geral	2,31	35,64	4096,97	35,64
CV(%)	3,94	5,57	13,7	5,57

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1% respectivamente. CV (%) – coeficiente de variação. Controle-N é o controle sem aplicação de nitrogênio e inoculante e Controle+N o controle com aplicação de nitrogênio e sem inoculante. Fonte: Elaboração do próprio autor.

Em relação a massa de 100 grãos, não houve variação significativa neste trabalho em relação aos tratamentos de cobertura, inoculação ou na interação de ambos. Resultados que concordam com aqueles obtidos por Sales (2021) ao analisar a influência de *Azospirillum* sob o valor de massa em 100 grãos, e Garcia (2017) ao analisar o desempenho da cobertura vegetal

de milho em sucessão de culturas sob essa variável. Este componente é pouco influenciado por tratamentos de adubação, sendo mais relacionada às características genéticas do cultivar.

Sales (2021) observou que o *Azospirillum brasilense* com 50% da dose de adubação nitrogenada recomendada, obtém melhores resultados que os demais tratamentos com 100% da dose recomendada de nitrogênio ou em comparação ao tratamento sem adubação em relação a massa hectolétrica. Garcia (2017) também não constatou variação da massa hectolétrica entre os tratamentos de cobertura vegetal de milho consorciado ou não consorciado com *Urochloa*.

No entanto, ao se analisar a produtividade, nota-se que o milho solteiro obteve um desempenho significativamente maior em relação ao milho consorciado com *U. brizantha*, *U. ruziziensis* ou *C. spectabilis*, indicando que a cobertura vegetal de milho em consorcio com outra cultura de cobertura tem efeito negativo sobre a produtividade.

Analisando os valores obtidos de N em grãos, observa-se que não houve variação significativa em relação aos tratamentos de cobertura vegetal. Nos tratamentos de inoculação, houve variação significativa apenas no tratamento controle que não recebeu adubação nitrogenada apresentando valor de N inferior aos demais tratamentos, não havendo variação entre o tratamento sem inoculação que recebeu adubação nitrogenada e os tratamentos de inoculação de *Rhizobium* e *Azospirillum* e coinoculação entre ambos, o que demonstra a capacidade dos microrganismos de eventualmente substituir a adubação nitrogenada realizada por fertilizante químico, resultando em economia ao produtor. Luna (2023) e Peres (2016) constaram em estudos semelhante na cultura do feijão, pouca variação no teor de N em grão entre todos os tratamentos de inoculação.

Já em relação à produtividade de grãos, a combinação de *Rhiz.* + *Azosp* e às inoculações realizadas isoladamente de *Rhizobium* e *Azospirillum* variaram significativamente em relação aos tratamentos controle (com e sem adubação nitrogenada), com um aumento de 34,18% e 13,52% de produtividade no tratamento correspondente à inoculação comparado ao tratamento controle sem adubação e com adubação nitrogenada, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Longo (2018) em trabalhos com a cultura do trigo.

Os resultados sugerem que as inoculações têm uma influência mais pronunciada na produtividade do arroz do que as coberturas vegetais, com destaque para *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense* e a coinoculação como promissoras para melhorar o rendimento do cultivo. Embrapa (2021) citando um estudo, corrobora os resultados com seu estudo que concluiu que a eficácia do gênero *Bacillus* em aprimorar o rendimento produtivo do arroz foi evidenciada.

5 CONCLUSÕES

A maior produtividade de arroz foi obtida no tratamento contendo milho exclusivo no ano anterior, em relação aos tratamentos onde a palhada foi constituída por milho consorciado com gramíneas ou leguminosas.

A inoculação exclusiva de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, assim como a coinoculação de ambos, influenciaram positivamente na produtividade de arroz de terras altas em comparação com os tratamentos testemunha com adubação. Resultando em economia de fertilizante nitrogenado ao produtor

REFERÊNCIAS

- ABRANCHES, M. O. *et al.* Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças. **Research, Society And Development**, Itabira, v. 10, n. 7, p. 1-17, 2021.
- 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.
- AMBROSANO, E. J. *et al.* Teores de nutrientes e transferência de nitrogênio no tomate orgânico em cultivo intercalar com adubo verde e aplicação de homeopatia. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016.
- ARF, O. *et al.* Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.2, p.131-138, 2004.
- BÁRBARO, I. M. *et al.* **Técnica alternativa**: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. [S. l.: s.n.], 2008.
- BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Consórcio de bactérias tem potencial de aumentar em até 30% a produtividade do arroz**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/63766146/consorcio-de-bacterias-tem-potencial-de-aumentar-em-ate-30-a-produtividade-do-arroz?link=agencia>. Acesso em: 03 dez. 2023.
- CACCIARI, I. *et al.* Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. **Plant and soil**, v. 115, n. 1, p. 151-153, 1989.
- CANTANHEDE, J. D. *et al.* Adubos verdes na supressão de plantas espontâneas. **Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF**, v. 13, n. 1, 2018.
- CANTARELLA, H.; FURLANI, P.R. Arroz de sequeiro. In: RAIJ, B. van, CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p.
- CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; FILHO, M. R. A. **Rotação de culturas**. Embrapa, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/rotacao-de-culturas>>. Acesso em: 07 Jan. 2024.
- DOBEREINER, J.; BALDANI, J. I. Scientific background for a biological agriculture: nutrient, photosynthesis, soil biology, crop rotation. **Ciência e Cultura**, 1982.
- DUARTE, A. N. M. **Inoculação com bactérias promotoras de crescimento e adubação com nitrogênio em urochloa spp. cv. mavuno**. 2021. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia Anima, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena, 2021.

ELHAKEEM, A. *et al.* Cover crop mixtures result in a positive net biodiversity effect irrespective of seeding configuration. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 285, 2019.

FERREIRA, D.F.; SISVAR: **Sistema de análise de variância**. versão 4.2. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000.

FERREIRA, J. S. *et al.* Inoculação e reinoculação de *Herbaspirillum seropedicae* em duas variedades de arroz irrigado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, 2021.

GARCIA, Nayara Fernanda Siviero. **Culturas antecessoras e inoculação de *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas e feijão de inverno em sucessão inoculado com *Rhizobium tropici***. 2017.

GARIERI, D. O. **Nutrição foliar do arroz de terras altas inoculado com bactérias promotoras de crescimento e aplicação de nitrogênio**. 2022. 34 f. TCC (Engenharia Agrônoma) - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Dracena, 2022.

GITTI, D. D. C. *et al.* Inoculation of *Azospirillum brasilense* cultivars of beans types in winter crop. **Revista Agrarian**, v. 5, n. 15, p. 36-46, 2012.

HUNGRIA, M. *et al.* **Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil**. **Plant and Soil**, Netherlands, 2010. p.413-425.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.

LIMA, I. *et al.* Benefícios do sistema de rotação de culturas. **Revista científica eletrônica de ciências aplicadas da FAIT**, Ano VII. v 11, n 1, maio, 2018.

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.

LUNA, B. N. C. Rotação de culturas, adubação verde e inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* sobre os componentes de produção e produtividade do feijão-comum em sistema plantio direto na região de cerrado. Trabalho de Graduação, UNESP Ilha Solteira, 2023.

MANFRE, E. R. *et al.* O sistema de plantio direto na produção de milho: a importância das plantas de cobertura em lavouras. **Anais Sintagro**, Ourinhos-SP, v. 11, n. 1, p. 329-336, 2019.

MOURA, Renata da Silva. Lâminas de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em arroz terras altas. 2011. 59 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2011.

NUNES, J. L. S. **Características do arroz**. Portal Agrolink, 2020. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/caracteristicas-do-arroz_361559.html>. Acesso em: 05 Dez. 2023.

ORMAY, P. S. **Inoculação de bactérias diazotróficas associativas e coinoculação de rizóbio em arroz de terras altas**. 2019. 45 f. TCC (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2019.

OSORIO FILHO, B.D. *et al.* Promoção de crescimento de arroz por rizóbios em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 46, p. 478-485, 2016.

OSORIO FILHO, B.D. *et al.* Rhizobia enhance growth in rice plants under flooding conditions. **American and Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science**, v.14. n.8, p.707-718, 2014.

PALMA, A. *et al.* Denitrification-derived nitric oxide modulation biofilm formation in *Azospirillum brasilense*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 338, n. 1, p. 77–85, 2012.

PEDRAZA, R. O. *et al.* Azospirillum inoculation and nitrogen fertilization effect on grain yield and on the diversity of endophytic bacteria in the phyllosphere of rice rainfed crop. **European Journal of Soil Biology**, v. 45, n. 1, p. 36-43, Jan-Feb 2009

PERES, A. R. *et al.* Co-inoculation of Rhizobium tropici and Azospirillum brasilense in common beans grown under two irrigation depths. **Revista Ceres**, 63(2), 198–207. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663020011>, 2016.

PERRINE-WALKER, F.M. *et al.* Infection process and the interaction of rice roots with rhizobia. **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.12, p.3343-3350, 2007.

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 agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

REICHEMBACK, M.P. *et al.* Inoculação de Azospirillum brasilense e fontes de nitrogênio mineral em arroz de terras altas irrigado por aspersão. In:

ROCHA, J. V. F. **Utilização da integração lavoura pecuária na recuperação de áreas degradadas**. 2021. 29f. Trabalho de Conclusão de Curso (Zootecnia) - Escola de Ciências Médicas e da Vida, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021.

SABIR, A.; YAZICI, M. A.; KARA, Z.; SAHIN, F. Growth and mineral acquisition response of grapevine rootstocks (*Vitis* spp.) to inoculation with different strains of plant growth-promoting rhizobacteria. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 10, p. 2148–2153, 2011.

SALES, L. Z. de S. *et al.* Inoculation with *Azospirillum brasilense* and fertilizer reduction in upland rice. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e9110716345, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16345. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16345>. Acesso em: 18 dec. 2023.

SANTOS, Franciane Lemes dos. **Inoculação e coinoculação de rizobactérias promotoras de crescimento em plantas de arroz, milho e trigo**. 2018.

SANTOS, A. B. **Arroz de terras altas**. Portal Embrapa, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-de-terras-altas>>. Acesso em: 05 Dez. 2023.

SILVA, A. S., OLIVEIRA, M., Moura, M. F.; SILVA, S. P. Efeito da Adubação Verde na Qualidade Nutricional do Milho (*Zea mays* L.). **Revista GEAMA, Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology**, v. 6, n. 1, p. 31-37, 2020.

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.

TOMASETTI, Ana Clara Silva. **Inoculação com bactérias diazotróficas e redução da adubação nitrogenada na cultura do arroz de terras altas**. 2022.

ANEXO

Anexo 1 - Fase vegetativa em 17 de janeiro de 2022. Selvíria - MS.



Fonte: Próprio Autor.

Anexo 2 - Aspecto da cultura em campo, dia 14 de fevereiro de 2022. Selvíria – MS.



Fonte: Prof. Dr. Orivaldo Arf.

Anexo 3 - Fase Vegetativa em 24 de fevereiro de 2022. Selvíria – MS.



Fonte: Prof. Dr. Orivaldo Arf.

Anexo 4 - Maturação de colheita do arroz. Selvíria – MS.



Fonte: Prof. Dr. Orivaldo Arf.

Anexo 5 - Fase reprodutiva em 25 de março de 2022. Selvíria – MS.



Fonte: Próprio autor.