

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

MARCOS VINICIUS RODRIGUES KNOLL

**EFEITO DA INOCULAÇÃO FOLIAR DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE
CRESCIMENTO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO POR ASPERSÃO**

Ilha Solteira
2022

MARCOS VINICIUS RODRIGUES KNOLL

**EFEITO DA INOCULAÇÃO FOLIAR DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE
CRESCIMENTO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO POR ASPERSÃO**

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

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf

Ilha Solteira

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Knoll, Marcos Vinicius Rodrigues.

K72e Efeito da inoculação foliar de bactérias promotoras de crescimento em arroz de terras altas irrigado por aspersão / Marcos Vinicius Rodrigues Knoll. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022

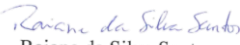
49 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica)
- Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Orivaldo Arf

Inclui bibliografia

1. Oryza sativa. 2. BRS Esmeralda. 3. Azospirillum brasilense.
4. Bacillus subtilis. 5. Bacillus amyloliquefaciens. 6. Produtividade.


Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

**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

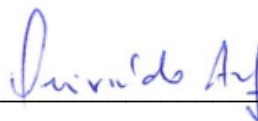
**TÍTULO: EFEITO DA INOCULAÇÃO FOLIAR DE BACTÉRIAS
PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS
IRRIGADO POR ASPERSÃO.**

ALUNO: MARCOS VINICIUS RODRIGUES KNOLL

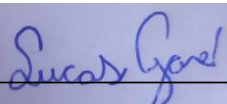
ORIENTADOR: PROF. DR. ORIVALDO ARF

Aprovado (x) - Reprovado () pela Comissão Examinadora. Nota: 10,0 (dez)

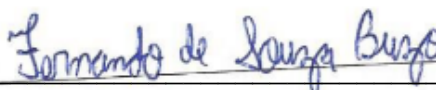
Comissão Examinadora:



PROF. DR. ORIVALDO ARF
(ORIENTADOR)



LUCAS MARTINS GARÉ
(DOUTORANDO EM AGRONOMIA)



FERNANDO DE SOUZA BUZO
(DOUTORANDO EM AGRONOMIA)



MARCOS VINICIUS RODRIGUES KNOLL
ALUNO

Ilha Solteira(SP) 12 de julho de 2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por todas as benções que ele me proporciona, por sempre guiar meus caminhos, me auxiliando nas dificuldades, fortalecendo e conduzindo meus sonhos.

À minha mãe Luciana, meu pai Roberto, minha avó materna Maria Léa (*in memoriam*), minhas madrinhas Patrícia e Ana Paula (*in memoriam*) minhas irmãs Ana Luiza e Ana Flávia e meus tios, tias, primos e primas. Agradeço por serem minha base e me apoiarem em todas as decisões da minha vida e meus anos de graduação e estágio, motivando sempre o meu crescimento e desenvolvimento pessoal e profissional, tudo que eu sou devo a vocês.

Ao meu mentor e orientador Orivaldo Arf pela oportunidade concedida a mim, confiança e apoio para que fosse possível ser feito o trabalho junto a equipe de pesquisa.

Aos meus professores da Unesp de Ilha Solteira pelo meu desenvolvimento acadêmico, em especial: Raissa, Marcelo, Rodolfo, Pavan, Papa, Montanari e Lazarini por todo ensinamento passado e aprendizado na graduação.

À minha namorada Ana Beatriz por todos os momentos de carinho, amor e apoio vividos ao seu lado nessa etapa da minha vida.

Aos meus irmãos da República Bola Azul: Murilo, Renan R. Renan I., Alexandre R., Jorge, Agustinho, Nathan V., Felipe, Pedro, Vitor P., Mauricio, Bruno R., Bruno M., Lucas L., Mateus K., Lucas O., Mateus R., Nicolas, Alexandre T., Jefferson, Fábio, Alfredo, João V., André, Vitor R., Vitor e João A, agradeço a eles pelo dia a dia e todo momento de conversas, lazer e alegrias.

Aos meus amigos Gabriel Leite, Marina e Isabela pela parceria de sempre e estarem ao meu lado durante a graduação.

À Equipe de Estudos e Pesquisas em Cereais (Equipe ARF) por todo o apoio ao meu experimento e conhecimento durante a graduação, em especial ao Fernando, Garé, Zyl, Pamela, Pedro, Silvio, Juliana e Otávio.

Agradeço a todos que conseguiram fazer parte da minha graduação que aqui não estão citados, porém, estiveram ao meu lado durante o período de graduação com gestos de apoio e amizade.

EFEITO DA INOCULAÇÃO FOLIAR DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO POR ASPERSÃO

RESUMO

O arroz (*Oryza sativa* L.) se desenvolve em diferentes sistemas de cultivo, é de grande importância para a alimentação mundial tem se destacado entre os cereais e vem sendo uma das culturas mais importante no Brasil. Portanto, para suprir a demanda e assegurar a sua produção, técnicas vêm sendo utilizadas para se aumentar a produtividade de forma sustentável e reduzir a crescente utilização dos fertilizantes nitrogenados pelos seus altos custos. Neste cenário, a utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP's) é uma alternativa, pois conseguem reduzir os custos da produção, aumentando a produtividade de grãos de forma sustentável. Deste modo, este experimento foi realizado em Selvíria/MS em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista, utilizando a cultivar de arroz BRS Esmeralda na safra 2019/2020, objetivando detectar e dimensionar os efeitos das inoculações foliares das BPCP's em arroz de terras altas, utilizando as bactérias *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens* aplicadas de maneira isolada e em associações. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e oito tratamentos, sendo Testemunha sem inoculação, inoculação de *Azospirillum brasilense*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus amyloliquefaciens*; *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis*; *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens*; *Bacillus subtilis* + *Bacillus amyloliquefaciens*; *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, originalmente sob a vegetação de cerrado. As avaliações realizadas durante o desenvolvimento do trabalho foram: massa seca da parte aérea, concentração foliar de nitrogênio, altura das plantas, número de panículas por m², número total de grãos por panícula, número de grãos granados por panícula, número de grãos chochos por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 100 grãos, produtividade dos grãos, massa do hectolitro e o rendimento de engenho. Conclui-se que as inoculações via foliares apresentaram resultados superiores perante a testemunha, proporcionando maior produtividade de grãos de arroz de terras altas irrigado por aspersão. Resultado este que justifica a adoção da inoculação via foliar de BPCP's, visando gerar respostas no incremento da produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Oryza sativa*; BRS Esmeralda; *Azospirillum brasilense*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus amyloliquefaciens*; Produtividade.

EFFECT OF FOLIAR INOCULATION OF GROWTH PROMOTING BACTERIA IN SPRINKLER IRRIGATED HIGHLAND RICE

SUMMARY

Rice (*Oryza sativa* L.) develops in different cultivation systems, is of great importance for the world's food, has stood out among cereals and has been one of the most important crops in Brazil. Therefore, to meet the demand and ensure its production, techniques have been used to increase productivity in a sustainable way and reduce the increasing use of nitrogen fertilizers due to their high costs. In this scenario, the use of plant growth-promoting bacteria (BPCP's) is an alternative, as they can reduce production costs, increasing grain productivity in a sustainable way. Thus, this experiment was carried out in Selvíria/MS in an experimental area of the Teaching, Research and Extension Farm of the Universidade Estadual Paulista, using the rice cultivar BRS Esmeralda in the 2019/2020 harvest, aiming to detect and measure the effects of foliar inoculations of BPCP's in upland rice, using the bacteria *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* and *Bacillus amyloliquefaciens* applied in isolation and in associations. The experimental design was randomized blocks, with four replications and eight treatments, being a Control without inoculation, inoculation of *Azospirillum brasilense*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus amyloliquefaciens*; *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis*; *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens*; *Bacillus subtilis* + *Bacillus amyloliquefaciens*; *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar. The soil of the place is of the typical clayey Dystrophic Red Latosol, originally under the savannah vegetation. The evaluations carried out during the development of the work were: shoot dry mass, leaf nitrogen concentration, plant height, number of panicles per m², total number of grains per panicle, number of grains per panicle, number of empty grains per panicle, panicle, spikelet fertility, 100-grain mass, grain yield, hectoliter mass and mill yield. It is concluded that the inoculations via foliar showed superior results compared to the control, providing greater productivity of upland rice grains irrigated by sprinkler. This result justifies the

adoption of inoculation via foliar BPCP's, aiming to generate responses in increasing grain yield.

Keywords: *Oryza sativa*; BRS Emerald; *Azospirillum brasilense*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus amyloliquefaciens*; Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Temperaturas máximas e mínimas dos dias 05/11/2019 até o dia 18/02/2020. Selvíria-MS (safra 2019/20).....	21
Figura 2: Tratamentos inumerados com suas respectivas inoculações realizadas, via foliares e com suas doses por hectare. Selvíria-MS (safra 2019/20).	24
Figura 3: Produtividades das inoculações de Bactérias (BPCP's) e a comparação com a testemunha do arroz de terras altas. Selvíria-MS (safra 2019/20).	33
Figura 4. Preparo convencional do solo realizado em pré-semeadura. Selvíria-MS (safra 2019/20).	46
Figura 5. Semeadura do arroz de terra alta realizada após o preparo convencional do solo. Selvíria-MS (safra 2019/20).	46
Figura 6. Adubação de cobertura da cultura aplicando-se 35 kg ha ⁻¹ de N aos 22 e aos 35 dias após a emergência da cultura (DAE) usando como fonte o sulfato de amônio. Selvíria-MS (safra 2019/20).	47
Figura 7. Inoculação das Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's) via foliar realizada na forma de jato dirigido, com pulverizador costal manual. Selvíria-MS (safra 2019/20).	47
Figura 8. Após a coleta das vinte panículas na área útil de cada parcela, foram acondicionadas em sacos de papel de jornal, em local seco e arejado. Selvíria-MS (safra 2019/20).	48
Figura 9. Arroz de terras altas horas antes da colheita manual. Selvíria-MS (safra 2019/20).	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores das características químicas do solo da área da camada 0,0-0,20 m. Ano agrícola 2019/20.

Tabela 2 - Valores médios do nitrogênio foliar (N foliar), Altura de planta, Panículas por m² e Matéria Seca (MS) de arroz de terras altas em função das inoculações de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's). Selvíria-MS (safra 2019/20).

Tabela 3 - Valores médios de grãos totais, grãos cheios, grãos chochos e fertilidade das espiguetas do arroz de terras altas em função das inoculações de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's). Selvíria-MS (safra 2019/20)

Tabela 4 - Valores médios da massa de 100 grãos, massa hectolétrica e produtividade em arroz de terras altas em função das inoculações de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's). Selvíria-MS (safra 2019/20).

Tabela 5 - Valores médios do Rendimento de benefício, Rendimento de grãos inteiros e Grãos quebrados em arroz de terras altas em função das inoculações de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's). Selvíria-MS (safra 2019/20)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Origem e características do Arroz.....	11
2.2 Arroz de terras altas.....	13
2.3 Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's).....	14
2.4 <i>Azospirillum brasilense</i>	16
2.5 Gênero <i>Bacillus</i>	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Localização e Caracterização da Área experimental	21
3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos	22
3.3 Instalação e Condução do Experimento	22
3.4 Avaliações realizadas	25
3.4.1 Massa seca da parte aérea	25
3.4.2 Concentração foliar de N	25
3.4.3 Altura de plantas.....	25
3.4.4 Panícula por m ²	25
3.4.5 Número total de grãos por panícula.....	25
3.4.6 Número de grãos granados e chochos por panícula	26
3.4.7 Fertilidade das espiguetas	26
3.4.8 Massa de 100 grãos	26
3.4.9 Produtividade de grãos	26
3.4.10 Massa do hectolitro	26
3.4.11 Rendimento de engenho.....	26
3.5 Análise estatística	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5 CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS.....	36
Anexos	46

1 INTRODUÇÃO

A cultura do arroz (*Oryza sativa* L) é produzida no Brasil tanto em ambientes alagados quanto em ambientes de terras altas, com ou sem irrigação por aspersão. Essa alta capacidade de adaptação a diferentes ambientes de produção faz com que a cultura do arroz possa ser cultivada em diferentes regiões do país, como por exemplo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Tocantins, que respondem por 90,0% do total de 1,3 milhões de hectares de arroz cultivados (CONAB, 2020).

Cultivado em locais beneficiados pelos sistemas de irrigação ou contando apenas com a água da chuva (regiões com regimes hídricos regulares), é denominado arroz de terras altas. É produzido tanto por grandes produtores tecnificados quanto pelos pequenos produtores como meio de subsistência. A produção nacional de arroz de terras altas equivale a 20% da produção de arroz no Brasil, em destaque para os estados do Mato Grosso e Maranhão. Nos últimos anos, o arroz foi incluído na rotação de culturas em diversos sistemas de manejo, essa adoção favoreceu a sua produção agrícola no Brasil. Dessa forma, ensaios e trabalhos científicos objetivam gerar informações para gerar maiores produtividades, visando diminuir perdas por condições climáticas, por competição com plantas daninhas e por ataque de pragas e doenças (EMBRAPA, 2020).

O Brasil é um dos países que mais consomem fertilizantes no mundo segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA). Do total de 34,1 milhões de toneladas consumidas de fertilizantes no ano de 2017, cerca de 75,0% foram importados, tornando o Brasil dependente dessa matéria prima para poder manter a produção agrícola (EMBRAPA, 2020). Além disso, o uso repetitivo destes fertilizantes pode desencadear efeitos ambientais negativos, como por exemplo, a poluição de fluxos de água e a degradação acelerada de solos (OLIVEIRA et al., 2011).

Por isso, visando uma produção mais eficiente e sustentável, a busca por práticas alternativas de produção vem sendo cada vez mais estudadas. Uma das alternativas está sendo o uso de bactérias e de outros microrganismos benéficos para melhorar a nutrição das plantas, o que reduz a dependência do Brasil pela importação de fertilizantes minerais, que possuem alto custo e causam efeitos negativos ao meio ambiente, pois são recursos naturais não renováveis (HUNGRIA, 2011). Diante dessa tentativa de se reduzir os custos, a poluição com a utilização dos fertilizantes minerais, contribuir com a sustentabilidade da lavoura e a demanda de adubação nitrogenada

para o crescimento e desenvolvimento da cultura do arroz, o uso de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's) surge como opção.

O uso dessas BPCP's é capaz de proporcionar o crescimento das plantas, auxiliar na resistência sistêmica contra doenças e proteger contra estresses abióticos (SOUZA et al., 2015). Além disso, os benefícios destes microrganismos são bastante variados, podendo atuar na solubilização de fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004), na produção de fitormônios (CATTELAN et al., 1999), na produção de sideróforos (KUMAR; VERMA, 2018), na ação contra fitopatógenos causadores de doenças e rápida disponibilidade e assimilação de nutrientes (MANTELIN; TOURAINE, 2003). Assim, essas bactérias podem exercer atividade importante e estratégica para garantir produtividade alta a baixo custo, além de beneficiar o meio ambiente (HUNGRIA, 2011) e auxiliar na fixação biológica de nitrogênio (PANKIEVICZ et al., 2015).

Ainda, podem atuar nas plantas com a produção de auxinas, giberelinas e citocininas e em processos da divisão do alongamento celular, auxiliando no crescimento das raízes, folhas e produtividade (LAZZARETTI; BETTIOL, 1997; TSAVKELOVA, 2006; MARTÍNEZ-VIVEROS et al., 2010). Incluído nessas alternativas, o mercado de biológicos vem crescendo como uma opção sustentável, com produtos principalmente à base de bactérias do gênero *Bacillus* e *Azospirillum*, atuando no controle biológico de fitopatógenos e promovendo crescimento de plantas (CHAGAS, et al., 2017). As BPCP's não são fitopatógenas, podem ser inoculadas via foliar, tratamento de sementes, tratamento de raízes e em pós-colheita.

Desta forma, este experimento teve como objetivo como a inoculação via foliar, com uso das bactérias promotoras do crescimento de plantas *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens*, aplicadas de maneira isolada e em associações, visando estudar seus efeitos nas características fitotécnicas e produtivas da cultura do arroz, cultivado em terras altas e irrigado por aspersão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e características do Arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é originário da Ásia, mas na América do Sul o Brasil é referência e o precursor da produção desse cereal. Têm-se relatos de que essa cultura chegou através da caravana de Pedro Álvares Cabral (EMBRAPA, 2000). Pertencente à família das *Poaceae* (*Graminae*) e por se tratar de uma espécie hidrófila, o arroz é uma cultura de fácil adaptação as diversas condições de disponibilidade hídrica (VIEIRA,1999).

Segundo o Sistema de Informação do Mercado Agrícola (AMIS), a produção mundial de arroz na safra de 2020/21 totalizou 513,6 milhões de toneladas, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) estimou uma produção global de 504,4 milhões e o Conselho Internacional de Grãos estabeleceu uma safra de 503,8 milhões de toneladas (AGÊNCIA SAFRAS, 2021).

A China é o maior produtor de arroz do mundo, sendo responsável por 34,0% da produção mundial. Nos dias atuais, o arroz é cultivado no mundo todo, ocupando 152 milhões de hectares e com uma produção de 580 milhões de toneladas anual de grãos (IBGE, 2008).

O Brasil ocupa a 3ª posição em área colhida e a 4ª posição em produção mundial. O arroz é produzido e tem um bom posicionamento em todo território nacional, desde o Rio Grande do Sul até o norte do país, sendo destaque as regiões do sul, sudeste e centro-oeste (MIQUELETTI; RODRIGO; ARF, 2006. De acordo com a CONAB (2020), no ano de 2019 as estimativas de produção da safra de grãos de arroz 2019/20, no Brasil, foi de 11.180,1 mil toneladas, significando um aumento de 1,6% por comparação à safra 2018/19.

O arroz faz parte de 40,0% da alimentação básica da humanidade (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 1993), e é a terceira maior cultura cerealífera do mundo, ficando atrás somente do milho e trigo. Fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas do complexo B e com capacidade de oferecer nutrientes para a nutrição humana (KENNEDY; BURLINGAME; NGUYEN, 2002). A amilose e amilopectina são os amidos responsáveis pelas características alimentares e culinárias do arroz (PEREIRA et al., 2007). Alimento significativo para a humanidade, especialmente em países no qual o consumo de proteína animal é baixo, apesar do valor nutricional ser

variável pelas disponibilidades de variedades, o arroz contém alto teor de proteína (FREI; BECKER, 2004). Quando cozidos, a amilose não se encontra presente nos grãos pegajosos e gelatinosos (KHUSH; PAULE; DE LA CRUZ, 1979).

Por ser considerado um alimento de extrema importância para o desenvolvimento humano, contribuindo para a alimentação da maioria da população mundial (JULIANO, 1993). Atrás apenas do trigo, o arroz é considerado a segunda cultura mais produzida e em dimensão de área cultivada do mundo (SILVA, 2017). É o cereal mais consumido em território brasileiro, por todas as camadas sociais, por ser de importante fonte de aminoácidos e calorias (ARF et al., 2001).

A cultura do arroz é exigente em 16 nutrientes para o seu desenvolvimento, os macronutrientes mais requisitados pela cultura são o potássio, nitrogênio, cálcio, fósforo, enxofre e magnésio. E os micronutrientes são o manganês, ferro, zinco, cobre, boro e molibdênio. Parte desses nutrientes são exportados pelos grãos e palhada após a colheita, dessa forma, necessita repor via adubação (SANTIAGO; BRESEGHELLO; FERREIRA, 2013).

Devido a necessidade de fertilizantes para complementar o consumo mundial de alimentos, entenda-se que o uso racional de tal para melhor proveito, é fundamental, sem impactar na produtividade (REETZ, 2017). Devido ao uso irracional e desnecessário dos fertilizantes, podem ocasionar deteriorações na microbiota do solo e ao meio ambiente (DIAZ, BARON E RIGOBELLO, 2019).

Segundo Eugenio, Mclaughin e Pennock (2019), as avançadas práticas agrícolas estimulam a degradação do solo em virtude do uso da adubação e defensivos, onde visam aumentar a produtividade e diminuir as perdas de colheita.

Dessa maneira, buscam-se opções sustentáveis para diminuir o uso de fertilizantes. Em leguminosas são estudados as rizobactérias para realizar a fixação biológica de nitrogênio, promovendo o crescimento de plantas, em arroz os estudos ainda são escassos (SANTOS et al., 2019).

A inoculação com essas bactérias pode aperfeiçoar o aproveitamento de nutrientes para proceder uma boa produtividade, componentes fitotécnicos e qualidade dos grãos (ESTRADA et al., 2012).

Por se tratar de uma cultura muito flexível ao uso da água, existe a possibilidade de ser cultivado em ambiente não alagado, denominada de produção em terras altas, contudo é relevante salientar, que nestes casos, a cultura é sensível ao declínio da temperatura, mais cuidados em relações ao veranico (KAMIMURA et al, 2006a).

Como definido por Buzetti et al. (2006), várias razões podem afetar a produtividade e o rendimento do arroz. A produção final depende do seu manejo, dos insumos utilizados e da cultivar, porém não há a cultivar modelo, contudo é necessário explorar cultivares adequadas para cada região, com o objetivo de obter boa produtividade.

2.2 Arroz de terras altas

Os sistemas de cultivo de arroz no país dividem-se em arroz alagados e o de terras altas. No sistema de arroz de terras altas, é capaz de ser cultivado com irrigação complementar por aspersor, via pivô central ou sem irrigação, com a água para a cultura sendo dependente das ocorrências de chuvas. Nos últimos anos tem se expandido no Brasil, no qual existem cerca de 2,4 milhões de hectares plantados (URQUIAGA; ZAPATA, 2000). Em contrapartida, o arroz de solos inundados é responsável por 86,0% da produção de grãos de arroz (LADHA et al., 1997).

A obtenção de resultados positivos, podendo maximizar a utilização de equipamentos adquiridos para a efetivação de outras culturas, dessa forma, desperta o interesse de pesquisadores e produtores rurais (CRUSCIOL, 1998). Uma opção utilizada para solucionar os problemas de estresse hídrico e veranicos, é o uso da irrigação, pois confere estabilidade a cultura, podendo aumentar a produtividade e a qualidade dos grãos (ARF et al., 2000).

A utilização dos cultivares de arroz de alta tecnologia, adaptados para terras altas e irrigado, é uma opção para reduzir pragas, doenças e plantas daninhas. Sendo cultivares produtivas, eficientes ao uso racional da água, possuem porte baixo, folhas curtas, eretas e ciclo de desenvolvimento reduzido. Características essas que podem ter um adensamento das linhas de cultivo e mais de um cultivo anual durante o verão, porém vão necessitar de mais nutrientes (STONE; PEREIRA, 1994). Devido ao fato da irrigação auxiliar na estabilidade da produção, aumentando a produtividade e a qualidade das sementes (CRUSCIOL et al., 1997), além disso, há a possibilidade de semear arroz em diferentes épocas do período normal. Em relação ao arroz que recebem apenas água da chuva, o arroz com o uso da irrigação proporciona maiores produtividades (COELHO, 1976).

O número de espiguetas granadas por panícula e o peso de sementes são maiores, pelo fato do uso da irrigação, pois a planta não sofre com as deficiências

hídricas e o enchimento das espiguetas é contínuo (PINHEIRO et al., 1985; OLIVEIRA, 1994).

Segundo Manzan (1984), em solos de cerrado, obtiveram-se aumentos na produtividade de até 70,0% com a utilização do sistema irrigado em comparação com o sistema de sequeiro. Esses resultados também foram obtidos por Crusciol (1998), Rodrigues (1998), Arf et al. (2001) e Crusciol et al. (2003).

Guimarães, Stone e Rodrigues (2006), afirmam que o arroz de terras altas se desenvolve melhor em “terras novas”, ou seja, solos de recente cultivo agrícola, pouco intemperizados, porém, deve-se ser substituído a cada dois anos por uma cultura ou deixar a área em pousio. Isso pode se dar ao fato devido a alelopatia, aumento de pragas e degradação química do solo.

2.3 Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's)

As inoculações com BPCP's, simbolizando uma baixa parcela das práticas utilizadas atualmente no ramo agrônômico, dessas cepas, algumas começaram a ser comercializadas, como exemplos o *A. brasilense* (Abv5-Abv6), *B. subtilis* e o *B. amyloliquefaciens* (GLICK, 2012).

Os microrganismos amonificantes, desnitrificantes e fixadores de nitrogênio são exemplos característicos dos atributos nas modificações químicas incluídas no método de ciclagem de nutrientes, sendo os causadores desses efeitos os microrganismos do solo que são de primordial importância para a agricultura (SOTTERO, 2003).

Para se ter o início desse processo de simbiose planta-bactéria, compostos moleculares são concedidos no formato de exsudatos, provocando transferências de sinais com a planta e o microrganismo, concedendo também substrato para o conjunto da microbiota (ROVIRA, 1969). Os microrganismos são aptos de induzir processos fisiológicos, através de reações químicas, devido ao fato de ser estabelecida essa associação na rizosfera. Podendo solubilizar nutrientes do solo para ser feita as sínteses de moléculas de ações inseticidas e fungicidas, agindo sinergicamente na proteção e desenvolvimento do sistema radicular (MEZA et al., 2015). De acordo com Glick (2012), as BPCP's desempenham o favorecimento das plantas a solubilização de fosfato. Podendo atuar também na fixação de nitrogênio (PANKIEVICZ et al., 2015), processos esses que podem ter efeitos positivos de embate ao estresse e na

reabilitação de nutrientes do solo (LUGTENBERG; KAMILOVA, 2009; PII et al., 2015). Essa melhoria é ocasionada pelo fato da síntese de fitormônios, como por exemplo giberelinas e auxinas acarretando em crescimento das plantas (SPAEPEN; VANDERLEYDEN, 2011).

Podendo ser divididos em meios diretos ou indiretos o meio de crescimento, a produção de fitormônios são locados como mecanismo direto (BASHAN; HOLGUIN, 1997). De forma indireta é determinada pela contenção de microrganismos fitopatógenos, através do controle biológico (HALLMANN; BENHAMOU; KLOEPPER, 1997), contribuindo ao estímulo a resistência, a geração de antibióticos e a condescendência ao estresse (OLIVEIRA; URQUIAGA; BALDANI, 2003; CIPRIANO et al., 2016).

A síntese da citocinina, giberelina e auxina, fitormônios de crescimento (SERRATO et al, 2008) auxiliam na multiplicação de pelos radiculares e aumento de raízes, dessa maneira ocorre maior absorção de nutrientes e água (SHARMA et al., 2013; AHEMAD; KIBRET, 2014). O ácido indol-acético (AIA), que fazem parte das auxinas (ZHAO et al., 2010), que ativam o desenvolvimento das raízes e da parte aérea (TAIZ et al., 2017), interdição da senescência foliar e o estímulo do crescimento (MELO, 2002).

A produção de sideróforos, é outro meio que ampara o melhoramento vegetal, que corresponde em agentes quelantes desenvolvidos pelas plantas e órgãos sob circunstâncias limitantes de ferro (SCHWYN; NEILANDS, 1987). Esses agentes quelantes são produzidos pelas BPCP's que são associadas ao ferro férrico (MELO; SANHUEZA, 2007). Assim, os sideróforos amenizam os impactos negativos que os metais ocasionam nas plantas, conseqüentemente, as rizobactérias reduzem o ferro o transformando em solúvel, por meio deste composto (MORRISSEY; GUERINOT, 2009). Com a solubilização de fosfato, pode-se oferecer o fósforo proveniente de fontes parcialmente solúveis por intermédio desses diferentes mecanismos. Em meio aquoso, esta solubilização se deve ao fato das excreções de ácidos orgânicos, como o ácido láctico e o ácido cítrico (KHAN et al., 2007).

Podendo inibir o crescimento do fitopatógeno, as rizobactérias provocam o estímulo de resistência das plantas, visto que são capazes de eliminar doenças com mais de um mecanismo (VAN LOON; BAKKER; PIETERSE, 1998). A associação das enzimas β -1,3-glucanases e quitinases incentiva a resistência onde hidrolisam as paredes celulares dos fitopatógenos, portanto, demonstra a sua vantagem aptidão

defensiva dos tecidos (DELANEY et al; 1995). Existem certas BPCP's que são antagonistas de fitopatógenos, por meio da produção de antibióticos aonde vem se tornando uma maneira eficaz de controle biológico, evidência para as espécies do gênero *Bacillus* e *Pseudomonas* (MICHEREFF; ANDRADE; MENEZES, 2005). Além disso, os microrganismos conseguem ter impactos positivos no desenvolvimento das sementes, na emergência de plântulas e na produtividade de grãos (LIMA, 2010).

Experimentos com braquiária (ARAUJO; GUABERTO; SILVA, 2012; SAMPAIO et al., 2021), milho (PEREIRA et al., 2020), soja (COSTA et al; 2014; MORETTI et al., 2020), arroz (KNIEF et al., 2012), cevada (BULGARELLI et al., 2015), feijão (JALAL et al., 2021) e cana-de-açúcar (ROSA et al., 2020) puderam ser verificados os resultados benéficos das BPCP's. O uso das rizobactérias é uma alternativa sustentável, dessa maneira, reduzindo o uso dos fertilizantes minerais (HUNGRIA, 2011).

Para se ter a redução do uso dos fertilizantes minerais e o crescimento da utilização de lavouras mais sustentáveis, as BPCP's tem sido uma das alternativas mais utilizadas para a agricultura (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Para se reduzir os defensivos agrícolas, a inoculação é uma via viável tanto para o produtor tão como para o meio ambiente, a fim de expandir a produção agrícola, transformando o produto mais competitivo e reconhecido no mercado, além disso, reduzir os custos de produção (COELHO et al., 2007).

2.4 *Azospirillum brasilense*

A espécie *Azospirillum brasilense*, é uma bactéria Gram-positiva que faz parte do grupo das Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's), é uma bactéria de vida livre e identificado em toda a superfície terrestre (DÖBEREINER; PEDROSA, 1987; HUERGO et al., 2008). A bactéria *A. brasilense* recebeu destaque mundial na década de 70 (DÖBEREINER; DAY, 1976; DOBEREINER et al., 1976), pela descoberta da pesquisadora da Embrapa, Dra. Johanna Döbereiner (1924-2000), pela sua capacidade de fixar nitrogênio do solo em associação com as gramíneas. Nos anos 90, pesquisadores conduziram experimentos para expandir a fixação biológica de nitrogênio (FBN) efetuada pelas BPCP's (DOBEREINER, 1990). Esses estudos renderam resultados significativos para o conhecimento que as bactérias forneciam nutrientes para as plantas e auxiliavam no controle biológico de patógenos

(BABALOLA, 2010). Já Guimarães et al. (2006) verificaram o aumento do armazenamento de nitrogênio em grãos e plantas, o que enfatiza a inoculação agregado a fertilização, colaborava na produção e desenvolvimento do grão.

Em uma pesquisa realizada por Moura (2011), onde ele relata o desenvolvimento dos perfilhos de arroz por volta de 11,0% em analogia com o tratamento sem inoculante, isso se deu ao fato de que a inoculação na concentração de 0,2 L ha⁻¹ relacionada com a adubação nitrogenada de cobertura, favoreceu os tratamentos inoculados. Em outro experimento realizado por Sabino et al. (2012), a inoculação da bactéria com adubação de 50 kg ha⁻¹ de N, gerou biomassa acumulada no arroz, todavia, o desempenho agrônômico em relação a inoculação na cultura do arroz, não é muito investigado, onde apresenta respostas científicas para a comprovação (VOGEL et al., 2013).

Experimentos foram realizados em distintos países com o *A. brasilense* para se avaliar a produtividade das culturas. Em algumas destas pesquisas foram constatadas um aumento de nitrogênio, potássio e fósforo em plantas inoculadas. Em 70,0% desses experimentos, houve um incremento da produção de até 30,0% a mais que os outros tratamentos. Por via da regra, cerca de 90,0% dos ensaios efetuados em situações de campo comprovam que é capaz de reduzir em até 45,0% a dose de fertilizantes minerais em cereais, não afetando a produção desses grãos (DÖBEREINER; PEDROSA, 1987; REDDY; LADHA, 2000). Pesquisas relacionadas ao *A. brasilense*, apontam a competência de efetuar o crescimento da planta pelo meio da fixação biológica de nitrogênio (DÖBEREINER, 1990; BALDANI; BALDANI, 2005; PERRIG et al., 2007).

As bactérias do gênero *Azospirillum* conseguem atuar na fixação biológica de nitrogênio em associação com as gramíneas, onde realiza a produção de substâncias capazes de favorecer o crescimento de plantas (HUNGRIA, 2011). Beutler et al. (2016), relata que a ação entre a adubação e a inoculação favorece o desenvolvimento do sistema caulinar e radicular da planta.

A inoculação em gramíneas com tais bactérias auxilia na fixação de nitrogênio, porém não consegue suprir todas as necessidades das plantas perante ao nutriente. Fazer a seleção e avaliação das estirpes de *Azospirillum* para certas culturas, é o mecanismo de sucesso para se obter um bom desenvolvimento. Em vista disso, é benéfico o uso dessas bactérias que ampliam a eficiência da utilização dos fertilizantes (HUNGRIA, 2010). Guimarães et al. (2003) cita que para estimular o

rendimento dos insumos agrícolas e a fixação do nitrogênio, a fixação biológica de nitrogênio é destaque ao captar N² atmosférico e concedê-lo as plantas, assim, reduzindo o uso de insumos e um ideal proveito destes.

Em razão da produção de fitormônios, o *A. brasilense* estimula o crescimento da parte aérea e das raízes (RADWAN et al., 2004). Podendo ter uma eficiência de 60,0% a 70,0% com a inoculação da *Azospirillum* (OKON; LABANDERA-GONZALES, 1994).

A inoculação da *A. brasilense* possibilita aumento no desenvolvimento radicular, desta forma concede melhor aproveitamento de água e fertilizante (BALDANI et al., 1997). O gênero *Azospirillum* objetiva o aumento da produtividade e na baixa aplicação de doses de nitrogênio, pois com o desenvolvimento do sistema radicular, ocasiona em uma maior absorção hídrica e de nutrientes (CAMPOS et al., 2003; GITTI et al., 2012 RODRIGUES et al., 2015). Como cita Reis (2007), o uso da bactéria associada a baixas doses de nitrogênio, apresentou ser mais efetivo comparadas aos tratamentos sem a adubação nitrogenada. Sendo um estímulo do melhoramento de plantas, as BPCP's podem incentivar a fixação biológica de nitrogênio (HUERGO et al., 2008); produção de auxinas, citocininas (TIEN et al., 1979), giberelinas, etileno (STRZELCZYK et al., 1994); a capacidade de solubilizar fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004); e atuar como forma de controle biológico de fitopatógenos (CORREA et al., 2008).

Podendo auxiliar sustentavelmente no Sistema de Plantio Direto (SPD), se obtém uma produção agrícola de arroz de terras altas mais sustentável e parceira ao meio ambiente, assim, a inoculação com as bactérias do gênero *Azospirillum* ou outras BPCP's, conseguem proporcionar um bom desenvolvimento inicial da cultura (BALDANI, 1995). Diante disso, essa bactéria é de amplo potencial agrônomo, estimulando a sustentabilidade e reduzindo o uso dos fertilizantes minerais (CHOUDHURY; KENNEDY, 2004).

2.5 Gênero *Bacillus*

O gênero *Bacillus* tem destaque dentro do grupo das rizobactérias, pela sua relevância agrícola, onde desempenha ações benéficas as plantas (ARAÚJO; PEDROSO, 2013). Entre as bactérias da rizosfera, o gênero possui muitas cepas analisadas ao longo dos anos, dessa forma, existem inúmeros conhecimentos obtidos

sobre os seus mecanismos (SAHARAN, 2011). As espécies de *Bacillus* são gram positivas e demonstram mecanismos que asseguram sua permanência em condições desfavoráveis (PETERSOHN et al., 2001). São seres aeróbicos ou anaeróbicos de conduta facultativa, descobertas em diferentes tipos de solo e apresentam-se individualmente ou em cadeias (COSTA et al., 2010).

Por ser um gênero variado, o *Bacillus* influencia o desenvolvimento vegetal por vários meios, como a produção de antibióticos (ARAÚJO; MARCHESI, 2009), a habilidade de fixar nitrogênio (IDRISS et al., 2002), resistência radicular (LIMA et al., 2011), solubilização de fosfato (CHATLI et al., 2008), fornecimento de nutrientes (PRIEST et al., 1987) e a produção de fitormônios.

Segundo Sousa, Nascente e Filippi (2019) as bactérias do gênero *Bacillus*, proporcionaram maior comprimento radicular comparadas a outras quatro bactérias promotoras de crescimento de plantas cultivado em dois cultivares de arroz. Bactérias do gênero *Bacillus*, como a *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus subtilis* demonstram muito benefícios como a aptidão ao cultivo e armazenamento, podendo ser inoculadas via sementes e foliar, apresentam resultados impactando na proteção e no desenvolvimento da planta (REVA et al; 2004).

Aptos a sobreviver tanto em solo como estocados, são principalmente utilizados como inoculantes com alto potencial (PETRAS; CASIDA, 1985). Através dessa reciprocidade entre bactéria-planta, sendo capaz de solubilizar fosfatos existentes no solo, do estímulo de proteção contra fitopatógenos (MAZZUCHELLI e ARAÚJO, 2012), atuar benéficamente na emergência das plântulas e no desenvolvimento, produzindo antibióticos, sideróforos e fixação biológica de nitrogênio (LIMA et. al, 2011). Os *Bacillus* sintetizam compostos como o ácido indol acético (AIA), atuam de forma a incentivar o crescimento vegetativo, aumento do sistema radicular e das folhas (BABALOLA, 2010). Em um ensaio no estado do Rio Grande do Sul, utilizando bactéria do gênero *Bacillus* em arroz irrigado, constataram que a bactéria promovia o crescimento das plantas, devido à produção da AIA e sideróforos, fixando nitrogênio biologicamente e aumentando em 30,0% a matéria seca (BENEDUZI, 2008).

O *B. amyloliquefaciens* faz parte das BPCPs, no qual possui benefícios simbióticos, porém, em comparação com a *B. subtilis*, esta espécie não é muito estudada no âmbito agrícola, onde se realiza mais pesquisas relacionadas como antagonista de fitopatógenos. Agem no desenvolvimento da planta e é encontrada associada a raiz da planta (IDRISS et al., 2002). Conforme Matsumura et al. (2016), o

Bacillus amyloliquefaciens estimula crescimento da alface e no diâmetro da parte aérea, experimento esse realizado com três formulações da bactéria, em quaisquer formulações e circunstâncias climáticas.

Essa relação intrínseca entre o *Bacillus subtilis* e a planta, comprova essa eficiência no crescimento de plantas e na utilização desses bioformulados (LANNA FILHO; FERRO; PINHO, 2010). O *B. subtilis* possibilita o crescimento de plantas e o aumento de metabolitos que estimulam o sistema radicular às condições externas dos fitopatógenos do ambiente, proporcionando a assimilação de nutrientes e a facilidade de absorção (MANJULA; PODILE, 2005). Desde 1983, nos Estados Unidos da América, vem sendo utilizado o *B. subtilis* para o tratamento de sementes (WELLER, 1988). Atuando de aspecto benéfico a planta, agindo na liberação de fitormônios que contribuem com o crescimento e tornam-se disponíveis os nutrientes as plantas (GRAÇAS et al., 2015). Induzem a germinação, o rendimento e o desenvolvimento das culturas, graças a produção das estruturas promotoras de crescimento e solubilização de fósforo (LIMA, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e Caracterização da Área experimental

O experimento foi realizado durante a safra agrícola 2019/2020, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, o qual fica localizado no município de Selvíria – MS, estabelecida a cerca de 51°24' de longitude a Oeste de Greenwich e 20° 20' de latitude Sul, com altitude de 350 metros. Segundo dados do INMET de 2019/20 a região apresenta uma precipitação anual foi de 1370 mm, temperatura média anual de 23,5°C e a umidade relativa do ar média anual entre 60,0 e 80,0%. Se determina que o tipo climático é Aw, conforme a classificação de Köppen, fica definido como um clima tropical úmido, com seca no inverno e chuvas no verão. Os valores médios de precipitação, entre os dias 05/11/2019 até o dia 20/02/2020, correspondem ao período da semeadura até a colheita, apresentando as temperaturas máximas e mínimas que foram entre 19,9 e 40,0°C conforme a figura 1.

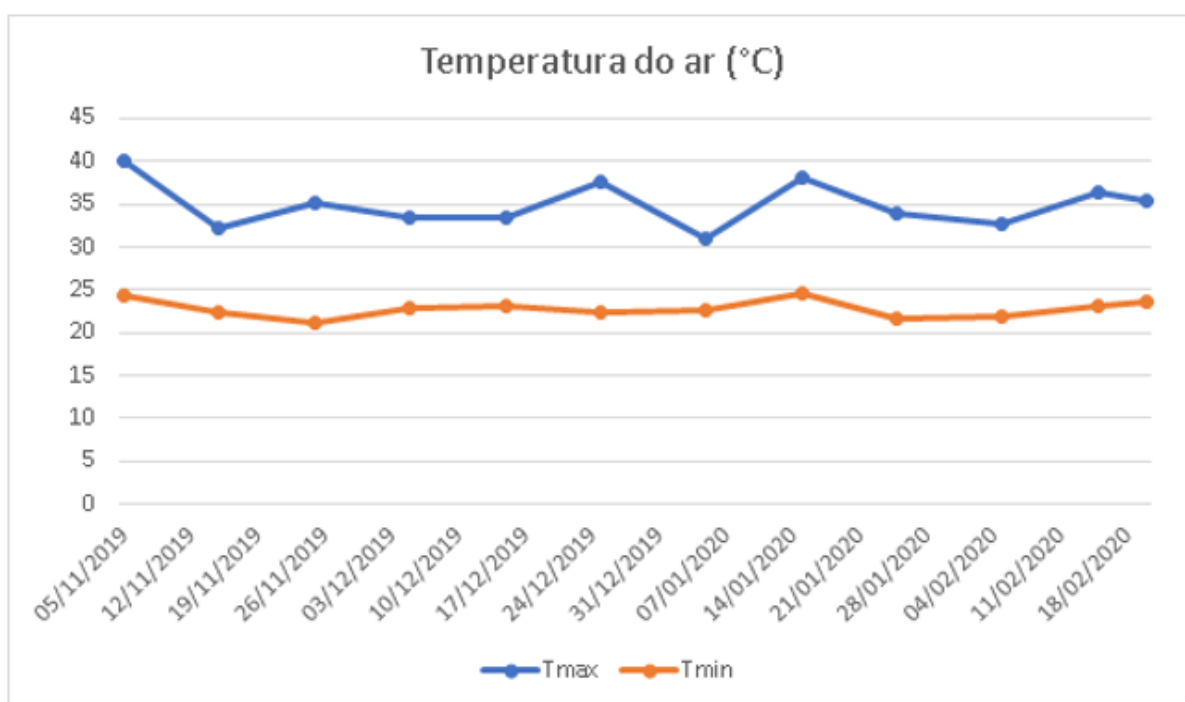


Figura 1: Temperaturas máximas e mínimas dos dias 05/11/2019 até o dia 18/02/2020. Selvíria-MS (safra 2019/20).

O solo da fazenda experimental é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, onde apresenta características segundo SANTOS et al., (2018), o que caracteriza o solo com muito ferro, hipodistrófico, profundo, compactado e relativamente ácido. Anteriormente a instalação do experimento, conforme método proposto por Raji et al. (1996), foi realizado coletas de solo das camadas 0 – 0,20 metros e efetuado a análise química como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores das características químicas do solo da área da camada 0,0-0,20 m. Ano agrícola 2019/20.

pH CaCl ₂	P _{resina}	S	M.O.	K	Ca	Mg	Al	Al+H	SB	CTC
	---mg dm ⁻³ ---		g dm ⁻³				----- mmol _c dm ⁻³ -----			
5,0	25,0	3,0	18,0	0,7	19,0	16,0	1,0	31,0	35,7	66,7
	V		B		Cu		Fe	Mn		Zn
	----%----				----- mg dm ⁻³ -----					
	54,0		0,27		3,6		25,0	11,1		0,6

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo FEIS/UNESP.

3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi executado utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso (DBC) com quatro repetições. As inoculações foram feitas via foliar, sendo Testemunha sem inoculação, inoculação de *Azospirillum brasilense*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus amyloliquefaciens*; *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis*; *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens*; *Bacillus subtilis* + *Bacillus amyloliquefaciens*; *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar aplicados no mesmo dia durante o perfilhamento das plantas. Os inoculantes utilizados foram aplicados na dose de 200,0 mL ha⁻¹. As parcelas foram constituídas por 5 linhas de 5 metros de comprimento, com espaçamento de 0,35 metros entre linhas. Para se fazer as avaliações necessárias, determinou-se como área útil de cada parcela as três linhas centrais, e como bordaduras as duas linhas laterais.

3.3 Instalação e Condução do Experimento

A BRS Esmeralda, cultivar de arroz de terras altas utilizada no experimento, têm destaque por exibir qualidade de grãos com desenvolvimento produtivo, senescência tardia (stay green), elevada produtividade e plantas vigorosas, além disso, possuem grãos finos e longos. Apresenta ampla adaptação e constância de cultivo nas principais regiões do Brasil, possuindo maior tolerância ao estresse hídrico e a veranicos, com relação às demais cultivares (CASTRO et al., 2014).

O preparo de solo da área experimental foi realizado com escarificador e duas gradagens para destorroamento e nivelamento, sendo a última as vésperas da semeadura. A semeadura foi realizada de forma mecanizada em 05/11/2019 com densidade de semeadura de 70,0 kg ha⁻¹ de sementes e a emergência das plântulas ocorreu no dia 6 dias após a semeadura. O mês de novembro é o mês mais recomendado para a implementação da cultura do arroz de terras altas, irrigado por aspersão na região do cerrado, a fim de adquirir uma maior produtividade (ARF et al., 2000). As sementes de arroz foram tratadas com piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil (5,0 + 45,0 + 50,0 g i.a. por 100,0 kg de sementes), objetivando o manejo de cupins, lagarta-elasmô e doenças do solo.

A adubação mineral nos sulcos de semeadura foi feita em conformidade com as características do solo e seguindo as recomendações de Cantarella e Furlani (1996). Foi utilizado 250,0 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16 (N-P₂O₅-K₂O) e em seguida foi aplicado um herbicida pré-emergente, a pendimetalina (1400 g i.a. ha⁻¹). A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada aos 22 DAE (dias após a emergência) com 25,0 kg ha⁻¹ de N e aos 35 DAE foi feita uma segunda adubação nitrogenada em cobertura com 25,0 kg ha⁻¹ de N, ambas tendo como fonte o sulfato de amônio.

Logo após a semeadura e na sequência, foi realizada uma irrigação por aspersão, através de sistema por pivô central, na qual a precipitação média foi de 12,0 milímetros por dia. O manejo da irrigação foi baseado em três coeficientes de cultura (Kc), divididos entre os períodos envolvidos entre a emergência e a colheita. Na fase vegetativa da cultura foi empregado 0,40; para a fase reprodutiva foi usado dois coeficientes de cultura, o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e na fase de maturação houve uma inversão destes fatores, inicial de 1,00 e final de 0,70 (RODRIGUES et al., 2002).

A inoculação via foliar das bactérias promotoras de crescimento foram realizadas utilizando-se um pulverizador costal na forma de jato dirigido sobre as plantas, com bico cônico TX-VS2 e volume de calda de 300,0 L ha⁻¹. Sendo a dose

200,0 mL ha⁻¹ de inoculante para cada tratamento utilizado conforme apresentado na Figura 2.

EXPERIMENTO			
Tratamentos	Inoculações	Via	Doses
T1	Testemunha sem inoculação	-	-
T2	Inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i>	Foliar	200,0 mL ha ⁻¹
T3	Inoculação com <i>Bacillus subtilis</i>	Foliar	200,0 mL ha ⁻¹
T4	Inoculação com <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Foliar	200,0 mL ha ⁻¹
T5	Inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	Foliar	200,0 mL ha ⁻¹ + 200,0 mL ha ⁻¹
T6	Inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Foliar	200,0 mL ha ⁻¹ + 200,0 mL ha ⁻¹
T7	Inoculação com <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Foliar	200,0 mL ha ⁻¹ + 200,0 mL ha ⁻¹
T8	Inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Foliar	200,0 mL ha ⁻¹ + 200,0 mL ha ⁻¹ + 200,0 mL ha ⁻¹

Figura 2: Tratamentos inumerados com suas respectivas inoculações realizadas, via foliares e com suas doses por hectare. Selvíria-MS (safra 2019/20).

O manejo das plantas daninhas em pós-emergência, foi executado com a aplicação de 2,2 g ha⁻¹ de metsulfuron-metílico e para realizar o controle de pragas e doenças em pós-emergência, foi realizada a aplicação de trifloxistrobina (750,0 mL ha⁻¹) e tiametoxam (150,0 g ha⁻¹), aos 11 DAE da cultura do arroz.

A colheita foi realizada de forma manual, aos 100 DAE, em seguida foi efetuada a trilha mecânica das plantas colhidas, separando os grãos das panículas e posicionando em bandejas de papel de jornal para ser feita a secagem de forma natural em local sombreado, a fim de deixar o grau de umidade próximo a 13,0%. Adiante, foram executadas medições de produtividade, peso da massa de 100 grãos e peso hectolítrico. No mesmo momento em que era realizada a colheita, foram colhidas vinte panículas de cada parcela em uma das linhas centrais respectivamente, embaladas em sacos de papel para a contagem do número de grãos por panícula.

3.4 Avaliações realizadas

3.4.1 Massa seca da parte aérea

Realizada aos 41 DAE, foi coletado em cada parcela, plantas em 0,40 metros na linha de semeadura e cortadas rentes ao solo, assim, colocadas na estufa de circulação forçada a 60,0°C por 72 horas e após pesadas para calcular a massa seca das plantas e transformar em g m^{-2} .

3.4.2 Concentração foliar de N

Aos 71 DAE, foram coletadas as folhas bandeira de 25 plantas por parcela no estágio de florescimento pleno, assim, levadas para a estufa de circulação forçada de ar a 60,0°C por 72 horas. Após esse período, moídas em moinho tipo Willey com peneira de abertura de 1,0 milímetro e embaladas em sacos plásticos identificados encaminhados para o laboratório de fitotecnia e quantificado pelo método de Malavolta et al. (1997).

3.4.3 Altura de plantas

Para a determinação da altura, aos 96 DAE, durante o estágio de grão pastoso, foi determinado em três pontos ao acaso, na área útil de cada parcela a distância média da superfície do solo até a ponta da panícula mais alta.

3.4.4 Panículas por m^2

Por ocasião da colheita, foi determinada a contagem do número de panículas em 1,0 metro de fileira de plantas, na área útil das parcelas e posteriormente convertido para panículas por metro quadrado.

3.4.5 Número total de grãos por panícula

O número total de grãos por panícula foi realizado através da contagem do número de grãos de vinte panículas, coletadas na colheita.

3.4.6 Número de grãos granados e chochos por panícula

Foi estabelecido através da contagem do número de grãos granados e chochos de 20 panículas por parcela, depois da separação através do fluxo de ar.

3.4.7 Fertilidade das espiguetas

Posteriormente a contagem do número de grãos totais e cheios por panícula, foi realizada uma relação entre eles e multiplicado por 100 para se converter em porcentagem, dessa forma, determinando a fertilidade das espiguetas.

3.4.8 Massa de 100 grãos

Calculou a média da massa de 100 grãos, através da coleta ao acaso, e pesaram-se duas amostras de 100 grãos de cada parcela, mensurando-se a umidade e transformando para 13,0% (base úmida).

3.4.9 Produtividade de grãos

Foi definida pela pesagem dos grãos em casca, oriundos da colheita de 2 linhas de 5,0 metros de cada parcela, por meio do método manual e seguida de trilha mecânica, assim, corrigindo a umidade para 13,0% e convertendo o peso da parcela obtida para kg ha^{-1} .

3.4.10 Massa do hectolitro

Foi realizada em balança específica para definir a massa hectolétrica, com o teor de água dos grãos corrigido para 13,0% (base úmida), usando uma amostra por parcela.

3.4.11 Rendimento de engenho

Uma amostra de 100,0 g de grãos de arroz em casca foi coletada em cada parcela, onde foi processada em engenho de prova, por 1 minuto; logo após, os grãos brunidos (polidos) foram pesados e o valor identificado considerado como rendimento de benefício, tornando-se os resultados expressos em porcentagem. Em seguida, os grãos brunidos (polidos) foram adicionados no “Trieur” nº. 2 e a separação dos grãos processadas por 30 segundos; assim, os grãos que foram permanecidos no “Trieur” foram pesados, obtendo o rendimento de inteiros e os demais, grãos quebrados, os dois descritos em porcentagem.

3.5 Análise estatística

Foi utilizado o delineamento estatístico em blocos casualizados com quatro blocos e oito tratamentos. Para se ter um controle da diferença que ocorre nas condições experimentais de um bloco para outro, assim, conduzindo uma estimativa apropriada para a variância residual, visto que a variação ambiental entre blocos é isolada (BANZATTO; KRONKA, 2006). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de significância, dessa forma, as diferenças entre as médias foram relacionadas pelo teste de Scott Knott a 5%, através do programa SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para teor de N foliar, altura de plantas, número de panículas por metro quadrado e peso de matéria seca da parte aérea estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores médios de nitrogênio foliar (N foliar), Altura de planta, Panículas por m² e Matéria Seca (MS) de arroz de terras altas em função das inoculações de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's). Selvíria-MS, safra 2019/20.

Tratamentos	N foliar g.kg ⁻¹	Altura cm	Panículas Nº.m ⁻²	MS g m ⁻²
Testemunha	37,24	120,7b	226b	138,1
<i>A. brasilense</i>	37,43	124,5a	233b	132,3
<i>B. subtilis</i>	36,71	119,3b	247b	109,2
<i>B. amyloliquefaciens</i>	39,06	126,2a	249b	124,0
<i>B. subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	36,91	122,6b	287a	128,0
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	36,87	121,2b	240b	135,3
<i>A. brasilense</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	36,82	120,2b	261a	139,3
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	37,38	120,5b	266a	123,0
Teste F	0,41 ^{ns}	2,65 *	3,38 *	0,99 ^{ns}
CV (%)	5,48	2,39	8,50	15,50
Média	37,30	121,91	251,25	128,64

Nota: *, ns: significativo à 5% e não significativo pelo Teste F, respectivamente; médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$);

Para as variáveis nitrogênio foliar (N) e massa da matéria seca de parte aérea, pode-se observar que os tratamentos não diferiram significativamente entre si.

Já para a variável altura de plantas, nota-se que os tratamentos *B. amyloliquefaciens* e *A. brasilense*, diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, bem como em relação a testemunha, promovendo plantas mais altas. Ainda, observa-se que a associação dos três organismos não foi eficiente para promover o crescimento das plantas que superasse a testemunha, sendo estatisticamente similar.

Segundo Hungria (2011), o gênero *Azospirillum* em associação com as

gramíneas podem desempenhar o crescimento de plantas, devido a capacidade da fixação biológica de nitrogênio, onde são aptos a produção desses fitormônios, como por exemplo a auxina, assim, conforme Radwan et al. (2004) essa relação *Azospirillum* com as plantas, se tem a sintetização da auxina no qual promovem o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular.

Em trabalho realizado por Chauhan et al. (2019) com a aplicação do *Bacillus amyloliquefaciens* evidencia o aumento do crescimento da parte aérea e das raízes da cultura do arroz, devido a produção dos hormônios e na taxa de fotossíntese.

As análises de panículas por m², pode-se observar que a inoculação com *B. amyloliquefaciens* em interações com o *A. brasilense* e o *B. subtilis* e a interação entre as três bactérias apresentaram resultados significativos e se diferenciaram dos demais tratamentos, dessa forma, verifica-se que a inoculação da bactéria *B. amyloliquefaciens* favoreceu o número de panículas por m². Porém, esse aumento não resultou em maior produtividade de grãos, resultado semelhante foi obtido também no Rio Grande do Sul, onde o aumento de plantas por m² resultou em um aumento de panículas por m² e assim inibindo o afilhamento e diminuindo o número de grãos por panícula, dessa forma, reduzindo a produtividade (INFELD & ZONTA, 1984 e PEDROSO, 1983, 1984 e SOUSA et al., 1993). Isso pode se dar ao fato de que o número de panículas está diretamente conectado ao número de perfilhos. Assim, com o aumento do número de panículas por m², se aumenta o número de grãos por panícula e se tem efeito diretamente relacionado à produtividade (FAGERIA et al., 2003; GUIMARÃES et al., 2002).

Na Tabela 3 encontram-se os resultados obtidos para a fertilidade das espiguetas, número de grãos total, cheios e os chochos.

Tabela 3: Valores médios de grãos totais, grãos cheios, grãos chochos e fertilidade das espiguetas do arroz de terras altas em função das inoculações de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's). Selvíria-MS, safra 2019/20.

Tratamentos	Número de grãos			Fertilidade
	Cheios	Chochos	Total	
	----- N° panícula ⁻¹ -----			
Testemunha	85,55b	40,10	125,65b	68,05a
<i>A. brasilense</i>	105.58a	48,60	154,18a	68.46a

<i>B. subtilis</i>	93,50a	38,43	131,93b	71,05a
<i>B. amyloliquefaciens</i>	79,55b	51,09	130,64b	60,91b
<i>B. subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	97,95a	45,08	143,03a	68,75a
<i>A. Brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	93,78a	43,54	137,31b	68,47a
<i>A. brasilense</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	88,16b	43,15	131,31b	67,11a
<i>A. Brasilense</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. subtilis</i>	87,88b	49,61	137,49b	63,88b
Teste F	4,47 *	1,87 ^{ns}	3,52 *	2,62 *
CV (%)	8,30	14,76	6,96	5,88
Média	91,50	44,95	136,44	67,09

Nota: *: ns: significativo à 5% e não significativo pelo Teste F, respectivamente; médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$);

Observa-se que nos resultados de fertilidade das espiguetas os tratamentos *B. amyloliquefaciens* e a associação entre as três bactérias promotoras de crescimento de plantas divergiram dos demais. No número de grãos total pode ser observado que os tratamentos *A. brasilense* e *B. subtilis* + *B. amyloliquefaciens* se divergiram perante as estatísticas aos demais, assim como em relação a testemunha, proporcionando maiores números de grãos e respectivamente maiores números de grãos total por panícula. Em razão do aumento do número de grãos totais e cheios do tratamento com inoculação de *A. brasilense* pode estar associado ao fato do uso dessa inoculação trazer vantagens a uma produção sustentável, por melhorar a nutrição da planta, pelas produções de fitormônios e sínteses de AIA, giberelinas e citocininas, podendo beneficiar no maior desenvolvimento da planta e no aumento do número de grãos.

Destaque também para o tratamento com a inoculação das bactérias associadas *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* apresentaram resultados de números de grãos cheios e totais superiores aos demais tratamentos e a testemunha. isso também pode ser verificado no experimento de Choudhary et al. (2013), onde obtiveram resultados superiores com a inoculação de bactérias do gênero *Bacillus* em plantas de arroz a qualidade dos grãos, resultando diretamente em maior produtividade. Assim, segundo Portugal et al. (2020), para se ter uma boa qualidade e vigor dos grãos produzidos, precisa-se ter uma boa nutrição das plantas de arroz em terras

altas.

Em relação aos números de grãos cheios nota-se que os tratamentos inoculados com as bactérias *A. brasilense*; *B. subtilis*; *B. subtilis* + *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* + *A. brasilense* apresentaram os maiores valores em relação aos demais tratamentos, dessa maneira, podem ser destacado que com a inoculação com o *B. subtilis* isolado e com associações ao *B. amyloliquefaciens* e *A. brasilense* favoreceram o número de grãos cheios. Assim, essa inoculação pode apresentar uma boa capacidade tanto isoladamente como em associação com outros microrganismos promotores de crescimento de plantas proporcionando maior número de grãos cheios em relação aos chochos. Relevância também para o tratamento inoculado com apenas *A. brasilense*, onde pode ser observado maior número de grãos cheios comparado aos outros microrganismos. Já o número de grãos chochos não apresentou resultados significativos.

Os valores de produtividade, massa de 100 grãos e massa do hectolitro dos grãos de arroz podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4: Valores médios da massa de 100 grãos, massa hectolétrica e produtividade em arroz de terras altas em função das inoculações de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's). Selvíria-MS, safra 2019/20.

Tratamentos	Massa do hectolitro (kg)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Testemunha	50a	2,72	3.823b
<i>A. brasilense</i>	47b	2,79	4.905a
<i>B. subtilis</i>	51a	2,69	4.997a
<i>B. amyloliquefaciens</i>	51a	2,61	4.111b
<i>B. subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	49b	2,65	4.675a
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	50a	2,63	5.135a
<i>A. brasilense</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	52a	2,68	4.737a
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	50a	2,68	5.030a
Teste F	3,71 *	1,00 ^{ns}	2,58 *
CV (%)	3,01	4,26	12,49
Média	50,37	2,68	4676,25

Nota: *; ns: significativo à 5% e não significativo pelo Teste F, respectivamente; médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$);

Em relação aos resultados obtidos para massa do hectolitro, observa-se que a inoculação das bactérias em relação à testemunha foram praticamente o mesmo resultado. Todavia, nota-se que a testemunha apresentou valor superior aos tratamentos inoculados com *A. brasilense* e *B. subtilis* + *B. amyloliquefaciens* via foliar. Isso pode ser notado no experimento de Wang et al. (2006), onde os autores mencionam que por causa dessas bactérias não conseguem deslocar os açúcares e carboidratos pelas plantas, a absorção de nutrientes afetou o transporte desses componentes onde se concentram nas folhas para se ter a eficiência da fotossíntese, consequentemente, ocorrendo a redução do acúmulo nos grãos de arroz.

Para a massa de 100 grãos, verifica-se que os tratamentos não propiciaram diferenças significativas para o arroz de terras altas. A produtividade dos tratamentos apresentou resultados significativos com destaque para a inoculação com *A. brasilense* + *B. subtilis* que apresentou a maior produtividade e destaque negativo para a inoculação com *B. amyloliquefaciens* onde apresentou entre os tratamentos inoculados a menor produtividade. Além da inoculação com *A. brasilense* + *B. subtilis*, os outros tratamentos com inoculação apresentaram características significativas perante a testemunha. Segundo Rodrigues et al. (2015), isso pode se dar ao fato das bactérias do gênero *Azospirillum* favorecem o aumento da produtividade, por proporcionar boa absorção hídrica e de nutrientes, desenvolvendo a cultura do arroz de terras altas.

Todos os tratamentos inoculados conseguiram obter produtividade maior em relação a testemunha, de acordo com Kuss (2006), os tratamentos inoculados ficaram entre 12,0 a 14,0% em comparação a testemunha, pode-se dizer que aos tratamentos inoculados conforme a Figura 3 apresentaram a maioria 20,0% a mais que a testemunha. Conforme Choudhary et al. (2013), as bactérias promotoras de crescimento de plantas proporcionaram produtividade, desenvolvimento das raízes do arroz de terras altas, como pode ser visualizado na Figura 3, onde se faz uma referência à produtividade entre os tratamentos e em relação a testemunha.

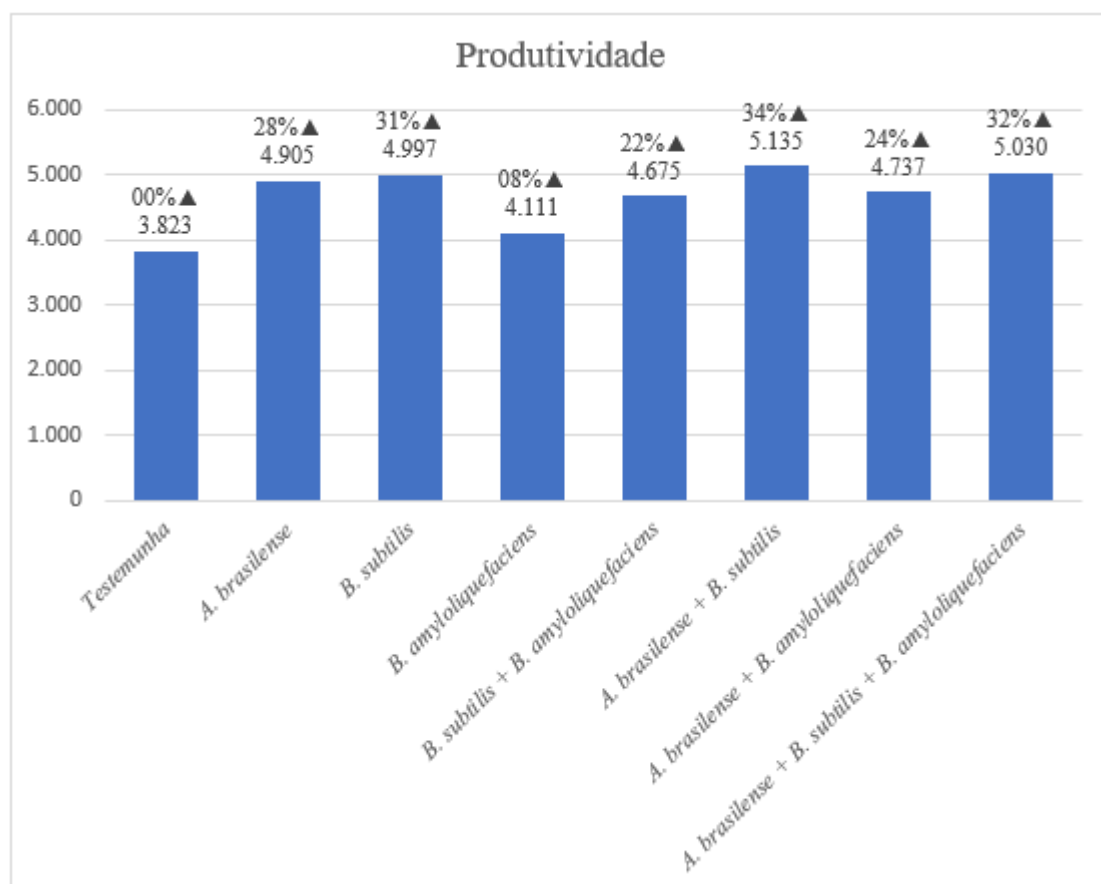


Figura 3: Produtividades das inoculações de Bactérias (BPCP's) e a comparação com a testemunha do arroz de terras altas. Selvíria-MS (safra 2019/20).

Na Tabela 5 podem ser observados os resultados referentes ao rendimento de benefício do arroz, onde foram apresentados também o rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados.

Tabela 5: Valores médios do Rendimento de benefício, Rendimento de grãos inteiros e Rendimento de grãos quebrados em arroz de terras altas em função das inoculações de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's). Selvíria-MS, safra 2019/20.

Tratamentos	Rendimento de benefício (%)	Rendimento de grãos inteiros (%)	Rendimento de grãos quebrados (%)
Testemunha	70,65	63,87	6,78
<i>A. brasilense</i>	70,25	62,87	7,38
<i>B. subtilis</i>	71,62	65,72	5,90
<i>B. amyloliquefaciens</i>	68,47	61,00	7,47
<i>B. subtilis</i> +	70,65	64,00	6,65

B. amyloliquefaciens

<i>A. Brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	70,67	62,00	8,67
<i>A. brasilense</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	70,15	63,25	6,90
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	67,67	62,10	5,57
TesteF	0,43 ^{ns}	0,39 ^{ns}	1,01 ^{ns}
CV %	5,63%	7,37%	27,71%
Média	70,01	63,10	6,91

Nota: *, ns: significativo à 5% e não significativo pelo Teste F, respectivamente;

Nota: médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$);

A Tabela 5 indica os dados de rendimento de benefício do cultivo do arroz, o número de grãos inteiros e quebrados indica que não foram alterados segundo as inoculações via foliar. Algumas cepas de bactérias podem ter sido associadas anteriormente em experimentos por melhorar a qualidade do arroz de terras altas, mas, eficazes somente na presença da doença Brusone ou quando a planta sofre algum estresse, consequentemente, atribuindo uma melhor qualidade dos grãos de arroz (RAIS et al., 2018). Dessa forma, como não ocorreu a presença de doenças ou estresses para o cultivo, as aplicações via foliar não mostraram diferenças entre os tratamentos.

5 CONCLUSÕES

- A inoculação com *Bacillus subtilis* apresentou bons resultados para grãos cheios e produtividade;
- O *Bacillus amyloliquefaciens* apresenta sinergia em associação com outras bactérias, podendo aumentar a capacidade das bactérias de promover o desenvolvimento da planta;
- Houve destaque para a inoculação com *Azospirillum brasilense* obtendo excelentes resultados para produtividade, panículas por m², grãos totais e cheios;
- É viável ao produtor realizar a inoculação de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas via foliar para promover produtividade de arroz de terras altas irrigado por aspersão.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA SAFRAS. **AMIS estima safra mundial de arroz em 5.136 milhões de toneladas em 2020/21**. Disponível em: <https://safras.com.br/2021/04/08/amis-estima-safra-mundial-de-arroz-em-5136-milhoes-de-t-em-2020-21/>. Acesso em: 06 jun. 2022.
- AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King saud University-science**, v.26, n.1, p. 1-20, 2014.
- ARAUJO, F. F. D.; GUABERTO, L. M.; SILVA, I. F. D. Bioprospecção de rizobactérias promotoras de crescimento em *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.3, p.521-527, 2012.
- ARAÚJO, F. F. D.; MARCHESI, G. V. P. Uso de *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do tomateiro. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1558-1561, 2009.
- Araújo, F.F. & Pedroso, R.A.B. (2013). Interação de *Bacillus sp.* com a rizosfera de três espécies de plantas forrageiras. **Bioscience Journal** 29(1):152-158.
- ARF, O. Influência da época de semeadura no comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão em Selvíria (MS). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,DF, v.35, p. 1967-1976, 2000.
- ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F. SÁ, M.E.; CRUSCIOL, C.A.C Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e a irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.
- Babalola O.O. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol Lett.* 2010; 32: 1559-1570.
- BALDANI, J. I. et al. Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas. Brasília: **Embrapa** – SPI; Itaguaí: EMBRAPA – CNPAB, p.60, 1995.
- BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 77, n. 3, p. 549-579, 2005.
- BALDANI, V. L. D.; OLIVEIRA, E.; BALOTA, E.; BALDANI, J. I.; KIRCHHOF, G.; DOBEREINER, J. *Burkholderia brasiliensis* sp. nov., uma espécie de bactéria diazotrófica endofítica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 69, p.116-166, 1997.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. Experimentação Agrícola. 4. ed. – Jaboticabal: Funep, 2006. 237p.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Azospirillum–plant relationships: environmental and physiological advances. **Canadian Journal of Microbiology**, v.43, n.2, p.103-121, 1997.
- Beneduzi, A.; Peres, D.; Vargas, L.K.; Bodanese-Zanetti-ni, M.H. & Passaglia, L.M.P. (2008). Evaluation of genetic diversity and plant growth promoting activities of nitrogen-fixing bacilli isolated from rice fields in South Brazil. **Applied Soil Ecology** 39(3):311-320
- Beutler AN, Burg GM, Deak EA, Schmidt MR, Galon L (2016). Effect of nitrogen-fixing bacteria on grain yield and development of flooded irrigated rice. *Revista Caatinga* 29(1):11-17.
- BULGARELLI, D.; GARRIDO-OTER, R.; MÜNCH, P. C.; WEIMAN, A.; DRÖGE, J.; PAN, Y.; SCHULZE-LEFERT, P. Structure and function of the bacterial root microbiota in wild and domesticated barley. **Cell host & microbe**, v.17, n.3, p.392-

403, 2015.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G. C.; FREITAS, J. G. de; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; MEIRA, F. de A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1731-1737, 2006.

Campos, D. V. B. de; Resende, A. S. de; Alvez, B. J. R.; Boddey, R. M.; Urquiaga, S. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio para a cultura de arroz sob inundação. *Agronomia*, v.37, p.41- 46, 2003.

CANTARELLA, H.; FURLANI, P.R. Arroz de sequeiro. In: RAIJ, B. van;

CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Coords.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001. Disponível em:

<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/512901/1/SASMAGRI.pdf>>.

CASTRO, A.P. de; MORAIS, O.P. de; BRESEGHELLO, F.; LOBO, V. L. da S.; GUIMARÃES, C. M.; BASSINELLO, P. Z.; COLOMBARI FILHO, J. M.; SANTIAGO, C. M.; FURTINI, I. V.; TORGA, P. P.; UTUMI, M. M.; PEREIRA, J. A.; CORDEIRO, A. C. C.; AZEVEDO, R. de; SOUSA, N. R. G.; SOARES, A. A.; RADMANN, V.; PETERS, V. J. BRS Esmeralda: cultivar de arroz de terras altas com elevada produtividade e maior tolerância à seca. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 215).

CATTELAN, A.J.; HARTEL, P.G.; FUHRMANN, J.J. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.63, p.1670-1680, 1999.

CHAGAS, L. F. B.; MARTINS, A. L. L.; FILHO, M. R. C.; MILER, L. O.; OLIVEIRA, J. C.; JUNIOR, A. F. C. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. *Agri-Environmental Sci.* Palmas, TO, v. 3, n. 2, p. 10-18, dez. 2017.

CHAUHAN, P. S.; LATA, C.; TIWARI, S.; CHAUHAN, A. S.; MISHRA, S. K.; AGRAWAL, L.; NAUTIYAL, C. S. Transcriptional alterations reveal *Bacillus amyloliquefaciens*-rice cooperation under salt stress. **Scientific reports**, v.9, n.1, p.1-13, 2019.

CHOUDHARY, R. L.; KUMAR, D.; SHIVAY, Y. S.; ANAND, A.; NAIN, L. Yield and quality of rice (*Oryza sativa*) hybrids grown by SRI method with and without plant growth promoting rhizobacteria. **Indian Journal of Agronomy**, v.58, n.3, p.430-433, 2013.

CHOUDHURY, A. T. M. A. & KENNEDY, I. R. Prospects and potentials for systems of biological nitrogen fixation in sustainable rice production. *Bio Fertil Soils*, Berlin, v. 39, p. 219-277, 2004.

CIPRIANO, M. A. P.; LUPATINI, M.; LOPES-SANTOS, L.; DA SILVA, M. J.; ROESH, L. F. W.; DESTÉFANO, S. A. L.; FREITAS, S. S.; KURAMAE, E. E. Lettuce and rhizosphere microbiome responses to growth promoting *Pseudomonas* species under field conditions. **FEMS Microbiology Ecology**, v.92, n.12, p.1-13, a.197, 2016.

Coelho, L.F.; Freitas, S. dos S.; de Melo, A.M.T. & Am-brosano, G.M.B. (2007). Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas spp.* e de *Bacillus spp.* com a rizosfera de diferentes plantas. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 39(6):1413-

1420. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000600018>.

COELHO, M.B. **Efeito da água disponível no solo e de níveis de irrigação, sobre duas variedades de arroz**. 1976. 42 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 1976.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Mapeamento da Conab e da ANA identifica 1,3 milhão de hectares de arroz irrigado**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3569-mapeamento-da-conab-e-da-ana-identifica-1-3-milhao-de-hectares-de-arroz-irrigado-no-brasil>>. Acesso em: 06 mai. 2022.

CONN, K.L., NOWAK, J. & LAZAROVITS, G.A. gnotobiotic bioassay for studying interactions between potatoes and plant growth-promoting rhizobacteria. *Canadian Journal of Microbiology* 43: 801-808. 1997.

CORREA, O.S.; ROMERO, A.M.; SORIA, M.A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: **Asociación Argentina de Microbiología**, 2008. p.87-95.

COSTA, E. M.; CARVALHO, F.; ESTEVES, J. A.; NÓBREGA, R. S. A.; MOREIRA, F. M. S. Resposta da soja a inoculação e co-inoculação com bactérias promotoras do crescimento vegetal e *Bradyrhizobium*. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, p.1678-1689, 2014.

COSTA, J. R. V.; ROSSI, J. R.; MARUCCI, S. C.; ALVES, E. C. C.; VOLPE, H. X. L.; FERRAUDO, A. S.; LEMOS, M.V. F.; DESIDÉRIO, J. A.; COSTA, J. R. V. Atividade tóxica de isolados de *Bacillus Thuringiensis* a larvas de *Aedes Aegypti* (L.) (diptera: *culicidae*). **Neotropical Entomology** (Impresso), v.39, p.757-766, 2010.

CRUSCIOL, C.A.C. **Efeitos de lâminas de água e da adubação mineral em duas cultivares de arroz de sequeiro sob irrigação por aspersão**. 1998. 129 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

CRUSCIOL, C.A.C.; ARF, O.; SORATTO, R.P.; RODRIGUES, R.A.F.; MACHADO, J.R. Manejo de irrigação por aspersão com base no "Kc" e adubação mineral na cultura de arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.465-75, 2003.

CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O. & RODRIGUES, R.A.F. Absorção e exportação de nutrientes pelo arroz irrigado por aspersão em função do manejo da água. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22, Camboriú, 1997. **Anais**. Camboriú: EPAGRI, 1997. p.265-267.

DELANEY, T. P.; FRIEDRICH, L.; RYALS, J. A. Arabidopsis signal transduction mutant defective in chemically and biologically induced disease resistance. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.92, n.14, p.6602-6606, 1995.

DIAZ, P. A. E.; BARON, N. C.; RIGOBELLO, E. C. *Bacillus spp.* as plant growth-promoting bacteria in cotton under greenhouse conditions. *AUST J CROP SCI*, v. 13, p. 2003-2014, 2019.

DÖBEREINER, J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica do nitrogênio no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 4, n. 8, p. 144-152, 1990.

DÖBEREINER, J.; PEDROSA, O. P. **Nitrogen-fixing bacteria in non-leguminous crop plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 155 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.

Esclarecimentos sobre uso de agrominerais silicáticos (remineralizadores) na

- agricultura**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/esclarecimentos-oficiais/-/asset_publisher/TMQZKu1jxu5K/content/esclarecimentos-sobre-uso-de-agrominerais-silicaticos-remineralizadores-na-agricultura?inheritRedirect=false>. Acesso em: 06 mai.2022.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Origem e história do feijoeiro comum e do arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000.
- ESTRADA, G. A.; VERA LUCIA DIVAN BALDANI; OLIVEIRA, D. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. Selection of phosphate-solubilizing diazotrophic *Herbaspirillum* and *Burkholderia* strains and their effect on rice crop yield and nutrient uptake. **Plant and soil**, v.369, p.115-129, 2012.
- EUGENIO, N. R.; MCLAUGHLIN, M.; PENNOCK, D. **La contaminacion del suelo: una realidad oculta**. Roma: Fao, 2019. 144p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2022.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP SP, 221 p., 1993.
- FREI, M; BECKER, K. **On rice, biodiversity & nutrients**. 2004. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/legacy/Global/usa/planet3/PDFs/rice-biodiversity-nutrients.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2022.
- Gitti, D. de C.; Arf, O.; Portugal, J. R.; Corsini, D. C. D. C.; Rodrigues, R. A. F.; Kaneko, F. H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. *Bragantia*, v.71, p.509-517, 2012.
- GLICK, B. R. Plant Growth-Promoting Bacteria: mechanisms and applications. **Scientifica**, v.2012, p.1-15, 2012.
- GRAÇAS, J. P.; RIBEIRO, C.; COELHO, F. A. A.; CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. C. Microorganismos estimulantes na agricultura. 2015. Acesso em: 30 mai. 2022.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; RODRIGUES, C. A. P. Nitrato e amônio em arroz de terras altas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 2., 2006. Brasília - DF. REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ – RENAPA, 8. **Anais...**, 2006. Brasília – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. (CD ROM, ISSN 1678-9644).
- GUIMARÃES, C.M.; FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Como a planta de arroz se desenvolve. *Informações Agronômicas*, n. 99, p. 1-12, 2002.
- GUIMARÃES, S.L.; BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.D. Efeito da Inoculação de Bactérias Diazotróficas Endofíticas em Arroz de Sequeiro. **Agronomia**, v. 37, n. 2, p. 25-30, 2003
- HALLMANN, A. Q; KLOEPPER, J. W.; BENHAMOU, N. Bacterial endophytes in cotton: mechanisms of entering the plant. **Canadian journal of microbiology**, v.43, n.6, p.577-582, 1997.
- HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. **Asociación Argentina de Microbiología**, Argentina, 2008. p.17-35.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. 2011. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29560/1/DOC325.2011.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2022.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, n. 1-2, p.413-425, 2010

IDRISS, E. E.; MAKAREWICZ, O.; FAROUK, A.; ROSNER, K.; GREINER, R.; BOCHOW, H.; BORRIS, R. Extracellular phytase activity of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB45 contributes to its plant-growth-promoting effect. **Microbiology**, v.148, n.7, p.2097-2109, 2002.

INFELD, J. A., ZONTA, E. P. Densidade da BR-IRGA 410. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 13, 1984, Camboriú. Anais... Florianópolis, 1984. p. 247-251.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção agrícola 2008. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 03 jun. 2022.

JALAL, A.; GALINDO, F. S.; BOLETA, E. H. M.; OLIVEIRA, C. E. S.; REIS, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; MORETTI NETO, M. J.; MORTINHO, E. S.; FERNANDES, G. C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Common bean yield and zinc use efficiency in association with diazotrophic bacteria co-inoculations. **Agronomy-Basel**, v.11, p.959, 2021.

JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Int. Rice Res. Inst., 1993.

KAMIMURA, K. M.; ARF, O.; ALVES, M. C.; BINOTTI, F. F. S. Manejo do solo e de água em arroz de terras altas irrigado por aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 2., 2006. Brasília - DF. REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ – RENAPA, 8. **Anais...**, 2006. Brasília – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006a. (CD ROM, ISSN 1678-9644).

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B.; NGUYEN, N. **Avaliação do impacto de nutrientes do arroz nos principais países consumidores de arroz**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/y6159t/y6159t04.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; WANI, P. A. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture a review. **Agronomy for sustainable development**, v.27, n.1, p.29-43, 2007.

KHUSH, G.S.; PAULE, C.M.; CRUZ, N.M. Rice grainquality evaluation and improvement at IRRI. In: **Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality**, p.21–31, 1979.

KNIEF, C.; DELMOTTE, N.; CHAFFRON, S.; STARK, M.; INNEREBNER, G.; WASSMANN, R.; VORHOLT, J. A. Metaproteogenomic analysis of microbial communities in the phyllosphere and rhizosphere of rice. **The ISME journal**, v.6, n.7, p.1378-1390, 2012.

KUMAR, A.; VERMA, J. P. Does plant—microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review? **Microbiol Research**, v.207, p.41–52, 2018.

KUSS, A. V. Fixação de nitrogênio por bactérias diazotróficas em cultivares de arroz irrigado. 2006. 109 f. Tese (Doutorado-Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, 2006.109 p.

LADHA, J. K.; BRUIJN, F. J. and MALIK, K. A. Introduction: assessing opportunities for fixation in rice – a frontier project. In: Opportunities for Biological Nitrogen Fixation in rice and other nonlegumes. **Developments in Plant and Soil Sciences**, v.75, p.1-10, 1997.

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. Revista Tropica, v.4, n.2, p.1-12, 2010.

LAZZARETTI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja

- com um produto formulado à base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. Sci. Agri. Piracicaba, SP, v. 54, n. 1, p.89-96, ago. 1997.
- LIMA, F. (2010). ***Bacillus subtilis* e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho**. Universidade Federal do Piauí. Teresina, PI. 54p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).
- LIMA, F. F.; NUNES, L. A.; DO VB FIGUEIREDO, M.; DE ARAÚJO, F. F.; LIMA, L. M.; DE ARAÚJO, A. S. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.657-661, 2011.
- LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. **Annual review of microbiology**, v.63, p.541-556, 2009.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2ª ed. Associação Brasileira de Pesquisa de Potássio e Fósforo, Piracicaba, 1997.
- MANJULA, K.; PODILE, A.R. Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF 1. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v.21, p.1057–1062, 2005.
- MANZAN, R.J. Irrigação por aspersão na cultura do arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.114, p.35-40, 1984.
- MARTÍNEZ-VIVEROS, O.; JORQUERA, M. A.; CROWLEY, D. E.; GAJARDO, G.; MORA, M. L. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. **J. Soil Sci. Plant Nutr.** v. 10, n. 3, p. 293-319, jul. 2010.
- MATSUMURA, A.T.S.; PAZ, I.C.P.; GUIMARÃES, A.M.; SILVA, M.E.; OTT, A.P.; DUARTE, V. Efeito de Três Formulações de *Bacillus amyloliquefaciens* ICBB200 sobre o Crescimento de Plantas de Alface (*Lactuca sativa* L.) em Cinco Condições Edafoclimáticas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.15, p.146-152, 2016.
- MELO, I. S.; VALDEBENITO, S. R. M. **Produção de sideróforos por rizobactérias**. Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE), 2007.
- MELO, N. F. Introdução aos hormônios e reguladores de crescimento vegetal. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO CODA DE NUTRIÇÃO VEGETAL, p. Petrolina. Anais... Petrolina: CODA, 2002., 2002.
- MEZA, B.; BASHAN, L. E.; BASHAN, Y. Involvement of indole-3-acetic acid produced by *Azospirillum brasilense* in accumulating intracellular ammonium in *Chlorella vulgaris*. **Res. Microbiol**, v.166, p.72-83, 2015.
- MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E.; MENEZES, M. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. UFRPE, Imprensa Universitária, 2005.
- MIQUELETTI, F.; RODRIGO, R. A. F.; ARF, O. Probabilidade de atendimento da demanda hídrica de arroz de terras altas como subsídio para a definição de épocas de semeaduras na região de Ilha Solteira, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 2., 2006. Brasília - DF. REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ – RENAPA, 8. **Anais...**, 2006. Brasília – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006. (CD ROM, ISSN 1678-9644).
- Moreira, F.M.S. & Siqueira, J.O. (2006). *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. 2ª ed. Lavras: UFLA. 729p
- MORETTI, L.G.; CRUSCIOL, C. A. C.; KURAMAE, E. E.; BOSSOLANI, J. W.; MOREIRA, A.; COSTA, N. R.; ALVES, C.J.; PASCOALOTO, I. M.; RONDINA, A. B. L.; HUNGRIA, M. Effects of growth-promoting bacteria on soybean root activity, plant development, and yield. **Agronomy Journal**, v.112, p.418-428, 2020. DOI: 10.1002/agj2.20010
- MORRISSEY, J.; GUERINOT, M. L. Iron uptake and transport in plants: the good, the

- bad, and the ionome. **Chemical reviews**, v.109, n.10, p.4553-4567, 2009.
- Moura, R. D. S. (2011). Lâminas de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em arroz terras altas.
- OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C.A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, p.1591-1601, 1994.
- OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. **Processos e mecanismos envolvidos na influência de microrganismos sobre o crescimento vegetal**. Embrapa Agrobiologia-Documents (INFOTECA-E), 2003.
- OLIVEIRA, G.S. **Efeito de densidades de semeadura no desenvolvimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições de sequeiro e irrigado por aspersão**. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, 1994. 41p. (Trabalho Graduação).
- OLIVEIRA, ZILDA M.; FLOH, ENY I. S.; FERRARA, FELIPE I. S.; BARBOSA, HELOIZA R. Diazotrophic rhizobacteria isolated from sugarcane can release amino acids in a synthetic culture medium. **Biology and Fertility of Soils**, v.47, p.957-962, 2011.
- PANKIEVICZ, V. C. S.; AMARAL, F. P.; SANTOS, K. F. D. N.; AGTUCA, B.; XU, Y.; SCHUELLER, M. J.; ARISI, A. C. M.; STEFFENS, M. B. R.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O.; STACEY, G.; FERRIERI, R. A. Robust biological nitrogen fixation in a model grass-bacterial association. **Plant Journal**, v.81, p.907-919, 2015.
- PEDROSO, B. A. Espaçamento e densidade de semeadura em arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. 13, 1984. Camboriú. Anais... Florianópolis, 1984. p. 252- 255.
- PEDROSO, B. A. Sistemas e densidade de semeadura. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, v.37, n.347, 1983. p.11-12.
- PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; FONSECA, J. R.; RIBEIRO, V. Q. Potencial genético de rendimento e propriedades culinárias do arroz vermelho cultivado. **Caatinga**, v.20, n.1, p.43-48, 2007.
- PEREIRA, N. C. M.; GALINDO, F. S.; GAZOLA, R. P. D.; DUPAS, E.; ROSA, P. A. L.; MORTINHO, E. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Corn yield and phosphorus use efficiency response to phosphorus rates associated with plant growth promoting bacteria. **Frontiers Environ. Science**, v.8, a.40, 2020.
- PERRIG, D. et al. Plant-growth-promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and implications for inoculant formulation. **Applied Microbiology Biotechnology**, Berlin. 75, p. 1143–1150, 2007.
- PETERSOHN, A.; BRIGULLA, M.; HAAS, S.; HOHEISEL, J. D.; VÖLKER, U.; HECKER, M. Global analysis of the general stress response of *Bacillus subtilis*. **Journal of bacteriology**, v.183, n.19, p.5617-5631, 2001.
- PETRAS, S. F.; CASIDA, L. E. Survival of *Bacillus thuringiensis* Spores in Soil. **Appl Environ Microbiology**, v.50, n.6, p.1496-1501, 1985.
- PINHEIRO, B.S.; STEINMETZ, S.; STONE, L.F. & GUIMARÃES, E.P. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.85-87, 1985.
- PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; BUZETTI, S.; PORTUGAL, A. R. P.; GARCIA, N. F. S.; MEIRELLES, F. C.; GARÉ, L. M.; ABRANTES, F. L.; RODRIGUES, R. A. F. Do cover crops improve the productivity and industrial quality of upland rice? **Agronomy Journal**, v.112, n.1, p.327–343, 2020.
- PRIEST, F.G.; GOODFELLOW, M.; SHUTE, L.A.; BERKELEY, R.C.W. *Bacillus*

amyloliquefaciens sp. nov., nom. rev. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.37, n.1, p.69-71, 1987.

Radwan, T. E. E.; Mohamed, Z. K. & Reis, V. M. (2004) Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(10), 987-994.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C.

Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.

Campinas, Instituto Agrônomo, 1996. 285p.

RAIS, A.; SHAKEEL, M.; MALIK, K.; HAFEEZ, F. Y.; YASMIN, H.; MUMTAZ, S.; HASSAN, M. N. Antagonistic *Bacillus* spp. reduce blast incidence on rice and increase grain yield under field conditions. **Microbiological Research**, v.208, p.54–62, 2018.

REDDY, P. M.; LADHA, J. K. Nitrogen fixation in rice: objectives and achievements. In: PEDROSA, F. O.; HUNGRIA, M.; YATES, G. M.; NEWTON, W. E. (Ed.). *Nitrogen fixation: from molecules to crop productivity*. Dordrecht: Kluwer, 2000. p. 641-646. (**Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture**, 38).

REETZ, H. F. **Fertilizantes e seu uso eficiente**. Tradução: Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: ANDA, 2017. 179p. Disponível em: <http://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

Reis, V. M. 2007. Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, 22 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/buscade-publicacoes/-/publicacao/629377/uso-de-bacterias-fixadoras-denitrogenio-como-inoculante-para-aplicacao-em-gramineas>>.

REVA, O.N.; DIXELIUS, C; MEIJER, J; PRIEST, F.G. Taxonomic characterization and plant colonizing abilities of some bacteria related to *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus subtilis*. **Fems Microbiology Ecology**, v.48, n.2, p.249-259, 2004.

Rodrigues, M.; Arf, O.; Garcia, N. F. S.; Portugal, J. R.; Barbieri, M. K. F. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas irrigados por aspersão. *Enciclopédia Biosfera*, v.11, p.1234-1241, 2015.

RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O. Manejo de água em cultivares de arroz de terras altas. I. Características fenológicas e agrônomicas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 361-364.

RODRIGUES, R.A.F. **Efeitos do manejo de água nas características fenológicas e produtivas do arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em condições de sequeiro sob irrigação por aspersão**. 1998. 75 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

RODRIGUEZ, H; GONZALEZ, T; GOIRE, I; BASHAN, Y. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth promoting bacterium *Azospirillum* spp. **The Science Of Nature**, v.91, n.11, p.552-555, 2004.

ROVIRA, AD. Exsudatos de raízes de plantas. **The botanical review**, v.35, n.1, p.35-57, 1969.

Sabino DCC, Ferreira JS, Guimarães SL, Baldani VLD (2012). Bactérias diazotróficas como promotoras do desenvolvimento inicial de plântulas de arroz. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer 8(15):12

SAHARAN, B. S.; NEHRA, V. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. **Life Sci Med Res**, v.21, n.1, p.1-30, 2011.

- SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H.C. de P.; FERREIRA, C. M. **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 252 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/964487/1/500pergunta_sarroz.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2022.
- SANTOS, F.L.; SILVA, F.B.; SÁ, E.L.S.; VIAN, A.L.; MUNIZ, A.W.; SANTOS, R.N. Inoculation and co-inoculation of growth promoting rhizobacteria in irrigated rice plants. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, p.1-5, 2019.
- SCHWYN, B.; NEILANDS, J. B. Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. **Analytical biochemistry**, v.160, n.1, p.47-56, 1987.
- SERRATO, R.V.; SASSAKI, G. L.; GORIN, P.A.J.; Cruz, L. M.; PEDROSA, F.; Choudhury B.; Carlson, R. W.; IACOMINI, M. Structural characterization of an acidic exoheteropolysaccharide produced by the nitrogen-fixing bacterium *Burkholderia tropica*. **Carbohydrate Polymers**, v.73, p.564-572, 2008.
- SHARMA, S.B.; SAYYED, R.Z.; TRIVEDI, M.H.; GOBI, T.A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **SpringerPlus**, v.2, n.1, p.1-14, 2013.
- SILVA, O.F.D. **A Árvore do Conhecimento Arroz**- Estatísticas de produção. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe7457q102wx5eo07qw4xezy8czjj.html>>. Acesso em: 18 mai. 2022.
- Sottero, A.N. (2003). Colonização radicular e promoção de crescimento vegetal por rizobactérias. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. 47p. Dissertação Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical.
- SOUSA, I. M.; NASCENTE, A. S.; DE FILIPPI, M. C. C. Bactérias promotoras do crescimento radicular em plântulas de dois cultivares de arroz irrigado por inundação. **Colloquium Agrariae**, v.15, n.2, 140-145, 2019.
- SOUSA, R. O., GOMES, A. da S., SBICIGO, M. Densidade de semeadura para arroz irrigado no sistema de plantio direto. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20, 1993, Pelotas. Anais. Pelotas, 1993. p.139-141.
- SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. Auxin and plant-microbe interactions. **Cold Spring Harbor perspectives in biology**, v.3, n.4, p.1-13, a001438, 2011.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.11, p.1701-1713, nov. 1994.
- STRZELCZYK, E.; KAMPER, M.; LI, C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. **Microbiological Research**, v.149, p.55-60, 1994.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TIEN, T.M.; GASKINS, M.H.; HUBBELL, D.H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, v.37, p.1016-1024, 1979.
- TSAVKELOVA, E. A. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: A review. *Applied Biochemistry and Microbiology*. v. 42, n. 2, p. 117-126, mar. 2006.
- URQUIAGA, S.; ZAPATHA, F. Manejo Eficiente de la Fertilización nitrogenada de Cultivos Anuales en America Latina y el Caribe. Porto Alegre: **Genesis**; Rio de

Janeiro: Embrapa-Agrobiologia, p.39-43, 2000.

VAN LOON, L. C.; BAKKER, P. A. H. M.; PIETERSE, C. M. J. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. **Annual review of phytopathology**, v.36, n.1, p.453-483, 1998.

VIEIRA, N. R. A. A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 1999.

Vogel GF, Martinkoski L, Martins PJ, Bichel A (2013). Desempenho agrônomo de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente* 6(3):567-578.

WANG, S.; ZHU, Y.; JIANG, H.; CAO, W. Positional differences in nitrogen and sugar concentrations of upper leaves relate to plant N status in rice under different N rates. **Field Crops Research**, v.96, p.224-234, 2006.

WELLER, D.M. Biological control of rhizosphere with bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, v.26, p.379-407, 1988.

DÖBEREINER, J.; DAY, J.M. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: NEWTON W.E.; NYMAN, C.T. (Ed.) *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION*, vol. 2. Proceedings... Pullman, USA: Washington State University Press, 1976. p.518-538.

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

Anexos



Figura 4. Preparo convencional do solo realizado em pré-semeadura. Selvíria-MS (safra 2019/20).



Figura 5. Semeadura do arroz de terra alta realizada após o preparo convencional do solo. Selvíria-MS (safra 2019/20).



Figura 6. Adubação de cobertura da cultura aplicando-se 35 kg ha⁻¹ de N aos 22 e aos 35 dias após a emergência da cultura (DAE) usando como fonte o sulfato de amônio. Selvíria-MS (safra 2019/20).



Figura 7. Inoculação das Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP's) via foliar realizada na forma de jato dirigido, com pulverizador costal manual. Selvíria-MS (safra 2019/20).



Figura 8. Após a coleta das vinte panículas na área útil de cada parcela, foram acondicionadas em sacos de papel de jornal, em local seco e arejado. Selvíria-MS (safra 2019/20).



Figura 9. Arroz de terras altas horas antes da colheita manual. Selvíria-MS (safra 2019/20).