

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

RAFAELA NERIS GASPARETO

**INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO
ASSOCIADO A DOSES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DE TRIGO NO CERRADO**

Ilha Solteira
2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RAFAELA NERIS GASPARETO

**INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO
ASSOCIADO A DOSES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO E
DESEMPENHO AGRONÔMICO DE TRIGO NO CERRADO**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para a obtenção do título de doutora em Agronomia.

Nome do orientador
**Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto
Teixeira Filho**

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

G249i Gaspareto, Rafaela Neris Gaspareto.
Inoculação com bactérias promotoras de crescimento associado a doses de nitrogênio na nutrição e desempenho agrônômico de trigo no cerrado / Rafaela Neris Gaspareto Gaspareto. – Ilha Solteira: [s.n.], 2022
60 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Especialidade: Sistemas de Produção, 2022

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Inclui bibliografia

1. *Triticum aestivum* L. 2. *Azospirillum brasilense*. 3. *Bacillus subtilis*. 4. Adubação nitrogenada. 5. Produtividade de grãos. 6. Coinoculação.


Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/3 - 0999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO ASSOCIADO A
DOSES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE
TRIGO NO CERRADO

AUTORA: RAFAELA NERIS GASPARETO

ORIENTADOR: MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

COORDENADOR: FABIANO GAMA SOUSA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



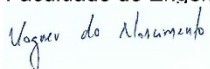
Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO (Participação Virtual)

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. THIAGO ASSIS RODRIGUES NOGUEIRA (Participação Virtual)

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. VAGNER DO NASCIMENTO (Participação Virtual)

Departamento de Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP



Prof. Dr. EDSON CABRAL DA SILVA (Participação Virtual)

Pós-graduação em Ciências Agrárias / Instituto Federal Goiano - Câmpus de Rio Verde



Prof. Dr. SAMUEL FERRARI (Participação Virtual)

Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - UNESP/Dracena

Ilha Solteira, 22 de fevereiro de 2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à:

- Minha mãe Ivone, que sempre me incentivou a estudar e é o meu exemplo;
- Minha irmã Karine, que sempre me deu apoio, ouviu os meus choros e desespero, me ajudou muito a não desistir; e,
- Minha avó Almita, por ter ajudado sempre nos momentos difíceis e ter incentivado sempre.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar forças para sempre continuar em frente e por tudo que conquistei e as vitórias que obtive, inclusive por essa e por aquelas que ainda obterei.

Para que o presente trabalho pudesse ser realizado e concluído foi necessário a participação de pessoas, às quais desejo expressar os meus sinceros agradecimentos:

À minha família, por me ajudar e apoiar, incluindo minha mãe Ivone e minha irmã Karine;

Em especial, à minha avó Almita, que nos deixou durante o período do doutorado, e que foi uma grande incentivadora dos meus estudos;

Ao Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, por ter sido o orientador e mediador desse passo importante em minha carreira; e,

Aos meus amigos e todos do grupo de nutrição de plantas da FEIS/UNESP que ajudaram na realização dessa pesquisa, inclusive todos os técnicos tanto dos laboratórios quanto da fazenda que se disponibilizaram para contribuir com o experimento;

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.” (Marthin Luther King)

RESUMO

O trigo é umas das principais culturas de interesse econômico e alimentar no mundo, assim a demanda por fertilizantes nitrogenados também apresenta aumento, com isso a utilização de tecnologias como a inoculação de sementes com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) contribui para melhorar a disponibilidade e absorção de nutrientes, promovendo o crescimento. Estabeleceu-se as hipóteses de que a inoculação combinada de duas BPCPs, via semente, associadas a doses de N, promove efeitos aditivos de benefícios individuais, que refletem na nutrição e desempenho vegetativo e produtivo do trigo irrigado, que possibilita redução da dose de N mineral a ser aplicada. Objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito de doses de nitrogênio (N) e da inoculação com *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *A. brasilense* + *B. subtilis*, na nutrição, nos componentes de produção e na produtividade de grãos de trigo e análise dos atributos químicos do solo em região de Cerrado, em dois cultivos. Os experimentos foram desenvolvidos em Selvíria – MS nos anos de 2016 e 2017, em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico sob sistema plantio direto (SPD). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 4x5, sendo: controle (sem inoculação), inoculação de sementes com *A. brasilense*, *B. subtilis* ou *A. brasilense* + *B. subtilis*; e cinco doses de N (0, 40, 80, 120 e 160 kg/ha), na forma de ureia, aplicadas no perfilhamento do trigo. Os teores foliares de P, K, Ca, Fe e Zn e os teores de N, P, S e Zn nos grãos foram maiores quando houve a inoculação com *A. brasilense* + *B. subtilis*. A inoculação com *A. brasilense* propiciou uma diminuição da acidez potencial do solo. A coinoculação de sementes de trigo com *A. brasilense* e *B. subtilis* aumentou o número de espigas por metro, a quantidade de grãos por espiga e, consequentemente, a produtividade de grãos de trigo irrigado no Cerrado, independentemente da dose de N aplicada em cobertura. O incremento de doses de N isoladamente ou associadas ao uso de BPCPs, pouco influenciou nos atributos químicos do solo, nos componentes biométricos e de produção e na produtividade de grãos do trigo. A adubação nitrogenada de cobertura do trigo irrigado após cultivo da soja em SPD estabilizado de 13 anos, pode ser reduzida, sendo recomendada a adoção da coinoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis* para um cultivo mais sustentável.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; *Azospirillum brasilense*; *Bacillus subtilis*; adubação nitrogenada; produtividade de grãos; coinoculação.

ABSTRACT

Wheat is one of the main crops of economic and food interest in the world, so the demand for nitrogen fertilizers also increases, with this the use of technologies such as seed inoculation with plant growth-promoting bacteria (BPCPs) contributes to improving the availability and absorption of nutrients, promoting growth. It was hypothesized that the combined inoculation of two BPCPs, by seed, associated with N doses, promotes additive effects of individual benefits, which reflect on the nutrition and vegetative and productive performance of irrigated wheat, which allows a reduction in the N mineral dose to be applied. The objective of the present study was to evaluate the effect of nitrogen (N) doses and inoculation with *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* and *A. brasilense* + *B. subtilis*, on nutrition, production components and grain yield of wheat and analysis of soil chemical attributes in the Cerrado region, in two crops. The experiments were developed in Selvíria - MS in the years 2016 and 2017, in a Rhodic Haplustox under no-tillage system. The experimental design was in randomized blocks with four replications, in a 4x5 factorial scheme, as follows: control (without inoculation), inoculation of seeds with *A. brasilense*, *B. subtilis* or *A. brasilense* + *B. subtilis*; and five doses of N (0, 40, 80, 120 and 160 kg/ha), in the form of urea, applied in wheat tillering. The foliar concentration of P, K, Ca, Fe and Zn and the concentration of N, P, S and Zn in the grains were higher when inoculated with *A. brasilense* + *B. subtilis*. Inoculation with *A. brasilense* provided a decrease in the potential acidity of the soil. Co-inoculation of wheat seeds with *A. brasilense* and *B. subtilis* increased the number of spikes per meter, the amount of grains per spike and, consequently, the grain yield of irrigated wheat in the Cerrado, regardless of the N dose applied in topdressing. The increment of N doses alone or associated with the use of BPCPs, had little influence on the chemical attributes of the soil, on the biometric and production components and on the wheat grain yield. Nitrogen fertilization of irrigated wheat cover after soybean cultivation in stabilized SPD for 13 years can be reduced, being recommended the adoption of co-inoculation with *A. brasilense* and *B. subtilis* for a more sustainable cultivation.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; *Azospirillum brasilense*; *Bacillus subtilis*; nitrogen fertilization; grain yield; co-inoculation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máxima, média e mínima registradas durante no cultivo de trigo em 2016.	24
Figura 2	- Precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máxima, média e mínima registradas durante no cultivo de trigo em 2017.	25
Figura 3	- Cultura do trigo em pleno desenvolvimento na safra de 2016.....	26
Figura 4	- Cultura do trigo na fase de maturação na safra de 2016.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Teores foliares de N, P e K em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N.....	30
Tabela 2	- Teores foliares de Ca, Mg e S em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N.....	32
Tabela 3	- Teores foliares de micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N.....	33
Tabela 4	- Teores de N, P e K nos grãos em função em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N.....	35
Tabela 5	- Teores de Ca, Mg e S nos grãos em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N.....	37
Tabela 6	- Teores de Cu, Fe, Mn e Zn nos grãos em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N.....	38
Tabela 7	- Índice de clorofila foliar (ICF), altura de planta e número de espigas de trigo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N.....	40
Tabela 8	- Comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga de trigo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N.....	41
Tabela 9	- Massa hectolétrica, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de trigo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N.....	43
Tabela 10	- . Atributos químicos de fósforo, matéria orgânica e pH do solo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N.....	45
Tabela 11	- Atributos químicos de potássio, cálcio e magnésio no solo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N.....	46

Tabela 12	- Teores de S-SO ₄ ⁻ e Mn, H+Al e V (%) no solo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N.....	47
Tabela 13	- Teores de Fe, Zn, Cu e B no solo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N.....	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	A CULTURA DO TRIGO.....	15
2.2	ADUBAÇÃO NITROGENADA NO TRIGO.....	17
2.3	BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL.....	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1	ANÁLISE NUTRICIONAL FOLIAR.....	30
4.2	ANÁLISE NUTRICIONAL DOS GRÃOS.....	35
4.3	ANÁLISES BIOMÉTRICAS, ICF E COMPONENTES DE PRODUÇÃO..	39
4.4	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	44
5	CONCLUSÕES.....	50
	REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande área cultivável em que o trigo (*Triticum aestivum*) apresenta grande relevância. De acordo com os dados fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), o país teve 2,34 milhões de hectares em 2020 cultivados com o cereal e ainda produziu 6,23 milhões de toneladas. A previsão para 2021 é de 6,37 milhões de toneladas. Embora o crescimento não seja tão elevado em relação às outras culturas, o trigo pode melhorar sua produção e produtividade por meio de técnicas agrícolas que incrementem esse potencial.

Todas as culturas agrícolas exigem tratamentos culturais adequados e que assim possam aumentar a produtividade por meio do fornecimento de nutrientes disponíveis para absorção das plantas. Um dos tratamentos culturais fundamentais para o bom desenvolvimento de uma espécie vegetal é a adubação, principalmente no que se refere ao nitrogênio (N) mais requerido pela cultura (BORÉM, SCHEEREN, 2015) e de manejo mais complexo, decorrentes das múltiplas reações a que está sujeito, mediadas pela microbiota quimiorganotrófica (heterotrófica) e condicionadas por fatores climáticos de difícil previsão.

De acordo com a CONAB (2018) a adubação nitrogenada no trigo corresponde ao maior custo da lavoura e dentre os nutrientes necessários o N é o mais oneroso. Assim, tendo em vista que cada vez mais o valor para se produzir se torna mais elevado, é necessário buscar novas tecnologias que possam minimizar esse valor e atrelado a isso a prática da agricultura sustentável.

A inoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCPs) é uma estratégia adotada, em que como resultado pode haver o incremento da produção, melhoria na proteção de plantas contra alguns patógenos e pragas além de redução econômica dos custos de produção (HUNGRIA, 2011).

A associação de metade da dose de N com diversas formas de inoculação constitui uma alternativa viável para aumentar o desempenho agrônomo e a produtividade do trigo, sobretudo, no que concerne à obtenção de grãos de elevada massa por hectolitro e, portanto, de alta qualidade industrial. Entretanto, elevadas produtividades podem ser especialmente obtidas combinando a dose total de N com a aplicação do inoculante via sementes (PEREIRA *et al.*, 2017).

Pesquisas realizadas corroboram com a afirmação de que a bactéria do gênero *Azospirillum* produz fitohormônios que são capazes de estimular o crescimento das

raízes de diversas espécies. Esses efeitos são os incrementos na absorção da água e nutrientes minerais, maior tolerância a estresses como salinidade e seca, resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (BASHAN *et al.*, 2004).

Dentre as BPCPs, as mais estudadas no Brasil são o *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis*. Contudo, a coinoculação destas bactérias ainda precisa de mais estudos. Rosa *et al.* (2022) constataram que a coinoculação com *A. brasilense* + *B. subtilis* propiciou a maior produtividade de colmos de cana-de-açúcar, resultando em uma economia de 75% na dose de P_2O_5 recomendada.

A fixação biológica de N_2 realizada pelas BPCPs é uma alternativa para culturas como trigo e milho, mesmo que seja necessária aplicação de parte do N requerido pela planta para que a produtividade seja satisfatória (GALINDO, 2015). Devido ao alto custo dos fertilizantes e a conscientização em prol de uma agricultura sustentável e menos poluente, tem-se aumentado a utilização de inoculantes contendo bactérias diazotróficas. Todavia, ainda são inéditas pesquisas sobre o efeito da coinoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis* na cultura do trigo. Acredita-se que possa ocorrer um sinergismo no uso destas BPCPs, com maior eficiência da adubação nitrogenada, e incrementos na nutrição e produtividade deste cereal de inverno.

A hipótese a ser estudada é que ocorre um sinergismo no uso das bactérias promotoras de crescimento em plantas (*Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis*) com maior eficiência da adubação nitrogenada.

Objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito de doses de N associadas à inoculação de sementes com *A. brasilense*, *B. subtilis* e *A. brasilense* + *B. subtilis*, sobre a concentração de nutrientes foliar e nos grãos, os componentes de produção, a produtividade de grãos de trigo irrigado e os atributos químicos do solo na região de Cerrado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do trigo

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma espécie de grande importância mundial, pois é a matéria prima para a produção de pão, um dos alimentos mais consumidos no mundo, além da produção de massas; sua relevância se deve também à segurança alimentar, pois possui a capacidade de produção em diversos continentes e o fácil acesso da população ao produto o torna base alimentar de muitos habitantes (FAO, 2019).

Embora o trigo seja uma cultura considerada de inverno no Brasil, a capacidade de abastecimento do país é relativamente inferior à demanda do mercado nacional, assim é necessária a importação do cereal de países como a Argentina. A região Sul do Brasil corresponde à aproximadamente 87% da produção, com isso em 2019 a comercialização foi de 6,6 toneladas e o subproduto (farinha) foi 355,3 mil toneladas sendo necessário adquirir o produto da Argentina para o abastecimento interno (CONAB, 2020).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2019) a previsão para o ano de 2028/29 será de 7,2 milhões de toneladas de trigo produzidas, no entanto a previsão para esse mesmo período no que se refere ao consumo interno será de 14,3 milhões de toneladas. Assim, estima-se que seja necessário importar uma grande quantidade do grão. Com isso, o Brasil continuará sendo um dos maiores importadores mundiais mesmo com potencial produtivo podendo chegar a 3 toneladas por hectare.

O trigo é uma espécie originária das regiões montanhosas do Sudoeste da Ásia, (Irã, Iraque e Turquia) e foi historicamente de grande importância para os povos persas, gregos e egípcios por ser a base da alimentação dessas civilizações, cujo grão carbonizado encontrado na região possui mais de 6 mil anos. Assim sendo, uma espécie cultivada e consumida há muito tempo, além de ser capaz de manter sua qualidade mesmo armazenada por grande período (EMBRAPA, 2021).

O *Triticum aestivum* é uma espécie que pertence à família Poaceae, a planta é autógama, ou seja, se autofecunda, possui 5 a 6 folhas, porém esse número pode variar de 3 a 8, com inflorescência do tipo espiga constituída por espiguetas; seu grão

é chamado cariopse; o ciclo completo da cultura pode variar de 100 a 170 dias de acordo com a cultivar e condições edafoclimáticas (BORÉM; SCHEEREN, 2015).

A cultura do trigo é bastante exigente em fertilidade do solo e requer que suas exigências nutricionais sejam plenamente atendidas, para que possa expressar todo seu potencial produtivo, em virtude da grande extração de nutrientes do solo, principalmente de N.

Em solos brasileiros, o trigo apresenta melhor desempenho naqueles que possuem boa drenagem e principalmente em solos mais argilosos. Em regiões tropicais as limitações nutricionais mais comuns que afetam a produção e qualidade são os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) e os micronutrientes são zinco (Zn) e boro (B) (BORÉM, SCHEEREN, 2015).

As plantas necessitam de diversos elementos considerados essenciais, além da necessidade de água e dos diferentes compostos orgânicos para a sua sobrevivência. Nesses compostos, encontram-se H, C e O, que são incorporados aos tecidos vegetais a partir da absorção de H₂O pelas raízes e da incorporação de CO₂, pelos processos fotossintéticos, além desses três nutrientes orgânicos, os vegetais necessitam de outros nutrientes como: N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo e Cl.

Para que a produção de grãos na região do Cerrado brasileiro central seja viável economicamente, é necessária a realização de correção da acidez do solo para que o pH em água esteja entre 5,5 a 6,5, saturação por bases entre 40 e 60% e adubação adequada com aplicação de N de pelo menos 20 kg por hectare na semeadura (CHAGAS *et al.*, 2021).

As recomendações nutricionais tem como objetivo suprir as necessidades das plantas, sendo consideradas fatores limitantes para seu desenvolvimento e consequente produtividade, desta forma identificar o melhor manejo, consumo e aplicação de insumos como fertilizantes, são de extrema importância tanto economicamente como ambientalmente para que estes sejam utilizados de maneira adequada.

O N é primordial para as plantas, visto que é constituinte da molécula de clorofila, proteínas, aminoácidos, bases nitrogenadas, coenzimas, enzimas e ácidos nucléicos, sendo assim sem esse nutriente a planta não é capaz de completar o seu ciclo de vida além de não produzir. Os componentes de produção como o número de espigas por área e o número de espiguetas por espigas, sofrem forte influência pela

variação do momento em que o N é fornecido. No período compreendido entre a fase inicial até o início da diferenciação do primórdio floral, a falta de N reduz a formação de espiguetas (FRANK; BAUER, 1996).

2.2 Adubação nitrogenada no trigo

O trigo, assim como qualquer cultura, necessita de todos os nutrientes para o seu desenvolvimento, assim como o manejo e fornecimento adequado de fertilizantes se torna uma das atividades mais importantes na agricultura.

A eficiência e desenvolvimento do trigo pode ser afetada pela disponibilização de N, assim como pela dose fornecida, tanto em fase de semeadura ou em cobertura, com isso podendo resultar em aumento da produtividade, além de outros fatores influenciarem essa produção (TEJO; SANTOS FERNANDES, 2021).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais requeridos pelo trigo, por desempenhar uma função de estrutura celular, proteínas e enzimas, participa do processo de fotossíntese e respiração, além disso auxilia no crescimento das raízes e, por conseguinte um maior volume radicular e absorção nutricional (MALAVOLTA, 2006).

Segundo Prando *et al.* (2013), os estágios iniciais de crescimento da cultura são aqueles na qual se requer maior quantidade de N, que depois será translocada para crescimento de caule e raízes, e posteriormente para folhas e grãos, resultando em 70% do nitrogênio aplicado será acumulado nas sementes e 30% será na matéria seca restante.

A determinação da quantidade de adubo nitrogenado fornecido pode ser definido por, condições e tipo de solo, assim como o teor de matéria orgânica presente, a produtividade pretendida, e após isso deve se realizar a aplicação no momento da semeadura e em cobertura, geralmente no estágio de maturação v7, ou fase de afilamento e alongamento (EMBRAPA, 2019).

A recomendação da adubação se baseia nas análises de cada solo onde a cultura será implantada, se o manejo será em sequeiro ou irrigado. Também deve se levar em conta o histórico da área e o potencial produtivo da cultura, por isso esses valores são bastante variáveis, no entanto para a adubação de cobertura com N deve ser realizada preferencialmente de 15 a 20 dias após a emergência. A adubação com micronutrientes deve ser realizada apenas se for constatado a deficiência na cultura em cultivos anteriores e/ou por meio da análise do solo (BORÉM; SCHEEREN, 2015).

A aplicação de fertilizante nitrogenado em cobertura no trigo, cultivado em Cerrado, em LATOSSOLO VERMELHO distrófico, possui a capacidade de proporcionar aumento no número de espiguetas por espiga, o número de grãos por espiga e a massa hectolétrica respondem significativamente ao parcelamento do nutriente em diversas cultivares, no entanto, essa resposta está interligada as condições climáticas, solo e capacidade de extração de nutrientes pelas plantas (BENETT *et al.*, 2011).

Ao semear diversas cultivares de trigo Lemos *et al.* (2013), observaram que em um LATOSSOLO VERMELHO eutroférico ao inocular *Azospirillum brasilense* a interação foi positiva para a cultivar CD 150 e a adubação nitrogenada de cobertura para as variáveis de teor de nitrogênio na parte aérea, massa de 1000 grãos e teor de amônio nas raízes; no entanto outras cultivares não apresentaram respostas significativas, com isso se torna necessário estudar a especificidade de cada microrganismo com a cultura estudada.

A resposta do trigo à adubação nitrogenada pode variar de acordo com a cultura antecessora, além de refletir na produtividade, a ureia aplicada nas doses de 80 e 120 kg/ha afetaram positivamente o desempenho do trigo para a qualidade industrial, este cultivado após o milho, sendo a cultivar BRS Pardela em um LATOSSOLO VERMELHO distroférico (PINNOW *et al.*, 2013).

Assim como, o manejo da cultura pode influenciar a composição nutricional, com destaque para adubação, irrigação e tecnologias que proporcionem o maior desenvolvimento do sistema radicular; a inoculação com microrganismos benéficos também pode propiciar maior absorção de nutrientes e água.

2.3 Bactérias promotoras de crescimento vegetal

As bactérias promotoras de crescimento vegetal também são conhecidas como bactérias diazotróficas, podendo ser do tipo gram negativa ou positiva, apresentam variedade fisiológica, morfológica, genética e filogenética; esses microrganismos possuem capacidade de promover o crescimento da planta e alguns são capazes de realizar a fixação biológica de N₂ (FBN), além de produzir outras substâncias que auxiliam o crescimento radicular e ciclagem de outros nutrientes (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

Para garantir uma produtividade elevada com redução do consumo de fertilizantes nitrogenados, tem se tornado uma alternativa a inoculação com bactérias

diazotróficas, que possuem a capacidade de fixação de N_2 atmosférico no solo, deixando-o disponível às plantas (HUNGRIA, 2011).

Souza Moreira *et al.* (2010) ressaltaram que as espécies produtoras de grãos, como trigo, arroz e milho, entre outras, são a principal fonte de carboidrato da dieta humana, essas culturas têm capacidade elevada de realizar fotossíntese das plantas em regiões tropicais, assim ao utilizar bactérias promotoras de crescimento em plantas que realizam a FBN, pode resultar em economia nos custos de produção.

O estudo de bactérias diazotróficas em gramíneas cultivadas em solos tropicais no Brasil se iniciou na década de 50, com o isolamento de uma bactéria presente na rizosfera da cana-de-açúcar. A partir desse momento, novas pesquisas foram realizadas e observou-se que a FBN em gramíneas produzia um incremento no seu desenvolvimento (DÖBEREINER, 1959).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas utilizam os aminoácidos exsudados pelas raízes na região pela rizosfera, a partir disso excretam auxina e assim promovem o crescimento de pelos radiculares e raízes secundárias. Com uma maior área radicular a planta consegue absorver maior quantidade de nutrientes e quando ocorre estresse hídrico aumenta a superfície de contato raiz-solo e, conseqüentemente, melhora a absorção de água (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

A associação bactéria diazotrófica-gramínea tem se tornado uma “ferramenta” na agricultura que viabiliza a redução do uso de fertilizantes minerais, no entanto ainda são necessários estudos para a consolidação de uma espécie de um microrganismo com uma determinada cultura. Atualmente, a inoculação com os microrganismos do gênero *Azospirillum* e *Bacillus* tem apresentado resultados promissores, podendo ser aplicados via semente por meio de inoculação do momento da semeadura, no sulco de semeadura ou pulverização diretamente na planta no início de desenvolvimento.

Além de promover aumento na produtividade de diversas culturas, *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*, são capazes de reduzir o acúmulo de alguns metais pesados como o cádmio (Cd) em plantas cultivadas em solo contaminado com esse elemento; também resultam no aumento do nível de ácido abscísico (ABA) em plantas de *Arabidopsis Col-0* de tipo selvagem, conseqüentemente o crescimento vegetal foi melhorado e a bioatividade dessas bactérias tendem a aliviar o estresse oxidativo induzido por Cd nas plantas, ou seja, *B. subtilis* e *A. brasilense* podem reduzir os teores de Cd em plantas através de um mecanismo mediado por ABA dependente de IRT1 (transportador regulado por ferro I) (XU *et al.*, 2018).

A espécie *Azospirillum brasilense* é uma bactéria gram-negativa com formato vibrio e/ou espirilo, possui flagelo e pode fazer associação endofítica com a planta, além da possibilidade de sobrevivência no solo por possuir um mecanismo fisiológico de adaptação morfológica em condições edafoclimáticas desfavoráveis (TARRAND; KRIEG; DÖBEREINER, 1978).

Trabalhos realizados com trigo em associação com *Azospirillum* evidenciaram que as bactérias se estabelecem na superfície externa da raiz para colonizar a rizosfera, confirmando a existência de uma interação estreita entre planta e bactéria fixadora (MAJEED *et al.*, 2015).

Nozaki, Lorenzatto e Mancini (2013) ao utilizar o cultivar de trigo CD108 em um solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico observaram que a inoculação de *A. brasilense* via sementes resultou em um acréscimo da massa seca e fresca das raízes e da parte aérea, comprimento de raiz e produtividade de grãos.

Mumbach *et al.* (2017) ao inocular sementes de trigo cultivar Tbio Sintonia, com *A. brasilense* associado à doses de N mineral, observaram que este tratamento aumentou a produtividade e matéria seca da cultura. Sendo assim, uma nova tecnologia que pode ser utilizada pelo produtor com menor custo de produção.

A inoculação de *A. brasilense* em associação à aplicação de metade da dose de N na semeadura e cobertura na cultura do trigo (cultivar CD116), se tornou viável para aumentar o desempenho agrônomo além de aumentar a qualidade industrial do produto por meio do peso hectolitro (PEREIRA *et al.*, 2017).

Segundo Piccinin *et al.* (2013), a aplicação de 50% da dose recomendada de N aplicada em cobertura e associada à inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* promoveu resultados positivos no desempenho agrônomo como altura de plantas e número de grãos colhidos na cultura do trigo.

Bactérias promotoras de crescimento vegetal do gênero *Azospirillum* sp. apresentam benefícios para o desenvolvimento da cultura em condições de redução da adubação em trigo e milho devido à FBN e consequentemente melhor desenvolvimento radicular (DOBBELAERE *et al.*, 2002).

A utilização de *Azospirillum* também pode ser incorporada com a inoculação de outras bactérias ou outros substratos como o realizado por Raimundo *et al.* (2020), no qual incorporou o inoculante e utilizou o lodo de esgoto em cultivo de girassol observou que a combinação dos dois produtos melhorou o rendimento do óleo da oleaginosa, o que provavelmente é resultado da fixação e absorção de nitrogênio.

A inoculação das rizosferas de arroz com *A. brasilense* isoladamente pode melhorar a atividade da nitrogenase no solo rizosférico, assim aumentando o conteúdo de N disponível, ainda é possível constatar o aumento da atividade da catalase, além de poder facilitar a maior atividade microbiana, e consequentemente, acelerando a transformação do N de formas orgânicas para formas inorgânicas durante o estágio de desenvolvimento do arroz (ZHANG *et al.*, 2018).

A coinoculação tem sido uma tecnologia em desenvolvimento para estabelecer a relação entre a combinação de diferentes espécies microbianas e a cultura, assim é possível utilizar diversos microrganismos concomitantemente. No entanto, é necessário avaliar os efeitos tanto no desempenho agrônômico quanto no solo e ambiente. Pardo-Diaz *et al.* (2021), ao cultivarem trevo vermelho e azevem em um solo colombiano com a inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum* sp observaram o incremento na matéria seca quando houve redução da adubação nitrogenada. Além disso, as plantas foram mais responsivas a aplicação do inoculante e o solo apresentou uma diminuição da diversidade microbiana no solo.

Algumas espécies do gênero *Bacillus* são capazes de influenciar o crescimento e desenvolvimento das plantas por meio da síntese e excreção de fitohormônios como citocinina, ácido abscísico (ABA) e equilíbrio hormonal de giberilinas, ainda podem promover a solubilização de P e algumas espécies ainda podem reduzir o Fe (III) em Fe(II), todos esses processos melhoram o desenvolvimento e crescimento do vegetal (SANTOYO; OROZCO-MOSQUEDA; GOVINDAPPA, 2012).

Algumas bactérias diazotróficas além de auxiliarem na absorção de N para as plantas, ainda possuem benefícios nesse processo com relação à outros nutrientes, como por exemplo o Zn, no qual sua aplicação no solo pode melhorar a eficiência agrônômica juntamente com a aplicação de inoculante contendo *Azospirillum brasilense*, sendo uma ferramenta a ser utilizada em solos com baixa disponibilidade de nutrientes (GALINDO *et al.*, 2021).

A espécie *Bacillus subtilis* é caracterizada como gram positiva, com característica de formar colônias e esporo que apresentam mecanismos de resistência a condições edafoclimáticas como temperatura elevada, radiação, pH, entre outros fatores (NICHOLSON *et al.*, 2000).

O microrganismo *B. subtilis* quando isolado e cultivado em meio de cultura sem N foi constatado a produção de AIA (ácido indol acético), solubilização de fosfatos e a

capacidade de produzir de diversos ácidos orgânicos, a partir da fermentação da glicose (LEONCIO, 2015).

O *Bacillus* sp. é um microrganismo solubilizante de fosfato, assim estimula o crescimento da planta por meio da nutrição aprimorada com P, aumenta a absorção de N, P, K e Fe. Além disso, tem potencial agente biológico contra doenças de plantas (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014).

Em solos com baixo teor de N e baixo teor de P a inoculação com *Bacillus* aumentou a produtividade de grãos em milho no nordeste da China, além de aumentar a quantidade de bactérias benéficas ao solo diminuindo a perda de N, ou seja, algumas bactérias promotoras de crescimento em plantas podem usar N e P com eficiência e ainda apresentar rendimento de cultura por meio da remodelagem da comunidade de rizobactérias (CHEN *et al.*, 2021).

A aplicação de *B. subtilis*, tanto no tratamento de sementes como na parte aérea proporciona ganhos no rendimento de grãos de trigo, sem, no entanto, interferir no peso hectolitro, massa mil grãos e no número de grãos por espiguetas, além de servir como uma ferramenta de controle de fitopatógenos em rotação com outros fungicidas químicos ou ser uma ferramenta estratégica na produção agroecológica (RADONS, 2017).

As características bioquímicas das bactérias do gênero *Bacillus*, apresentadas por Albuquerque (2017), demonstraram que estas estão diretamente relacionadas com a indução de resistência nas plantas, tanto em situações com estresse salino por NaCl, quanto a doenças por meio do isolado AP3, em que plantas com inoculação apresentaram maior eficiência contra o patógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 3.

Em estudo realizado por Yasmin *et al.* (2016), utilizando um isolado de *Bacillus* Rh219 na cultura do arroz variedade Super Basmati, foi observado aumento das variáveis biométricas da cultura e também a atividade de enzimas de defesa (fenilalanina amônia-liase, polifenol oxidase e peroxidase) da planta.

Em tomateiro foram encontrados 21 compostos voláteis de *B. subtilis* (SYST2), que induziram a produção de fitohormônios como auxina e citocinina, que estão diretamente ligados à promoção de crescimento (TAHIR *et al.*, 2017).

O pré-tratamento de plantas de batata com o fármaco contendo *B. subtilis* previne a infecção por vírus, induzindo a resistência antiviral da batata e é acompanhado por uma mudança na atividade das enzimas redox, além de aumentar

a atividade da superóxido dismutase quando foi aplicada tanto a plantas intactas quanto àquelas pré-infectadas com vírus YPV e XPV (YANCHEVSKAYA, 2018).

A BPCP, *Bacillus subtilis* estirpe Q3 tem características de promoção de crescimento múltiplas, incluindo capacidade para crescer a níveis mais elevados de estresse alcalino e pH, além da capacidade de solubilização de P, sendo assim, essa linhagem pode colonizar eficientemente as raízes do algodão sob solos afetados pelo sal e ajudar as plantas na nutrição do P (AHMAD, 2018).

A coinoculação utilizando as espécies *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*, quando associada à redução de doses de adubação fosfatada podem promover o incremento da produtividade do milho e consequentemente a melhor eficiência do uso do P pelas plantas; sendo possível reduzir a quantidade de adubos utilizados e reduzir os custos de produção (PEREIRA *et al.*, 2020).

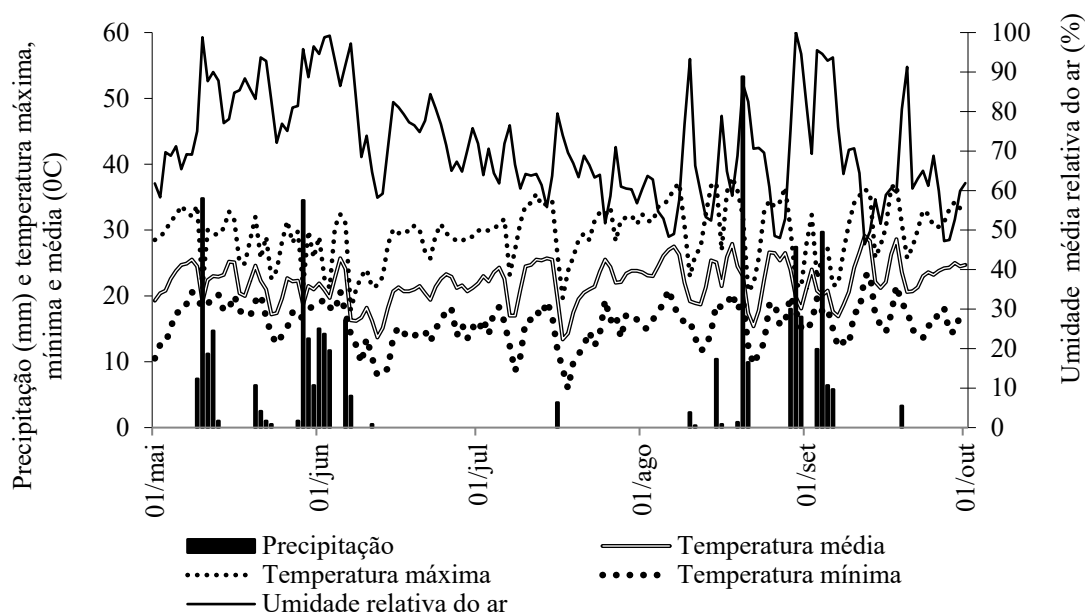
As pesquisas utilizando BPCPs têm aumentado, devido à busca por uma agricultura mais sustentável, ecológica e economicamente viável, no entanto ainda se faz necessário analisar a aplicação desses microrganismos em diferentes culturas, além de correlacioná-los e associar à adubação utilizada tradicionalmente, e com isso desenvolver novas práticas culturais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em condições de campo, nos anos de 2016 (Exp. I) e no ano de 2017 (Exp. II), na área pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria – MS, com coordenadas geográficas aproximadas de 51° 22' Oeste de Greenwich e 20° 22' Sul e altitude de 335 m. A temperatura e a precipitação pluvial média anual são de 23,5 °C e 1370 mm, respectivamente, e com umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%. O tipo climático na região é Aw, segundo Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (ALVARES *et al.*, 2013). O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, típico, textura argilosa, fase cerrado (SANTOS *et al.*, 2018). A área apresenta histórico de cultivo com culturas anuais há mais de 30 anos, sendo os últimos 13 anos em sistema plantio direto consolidado e a cultura anterior a semeadura do trigo foi a soja nas duas safras.

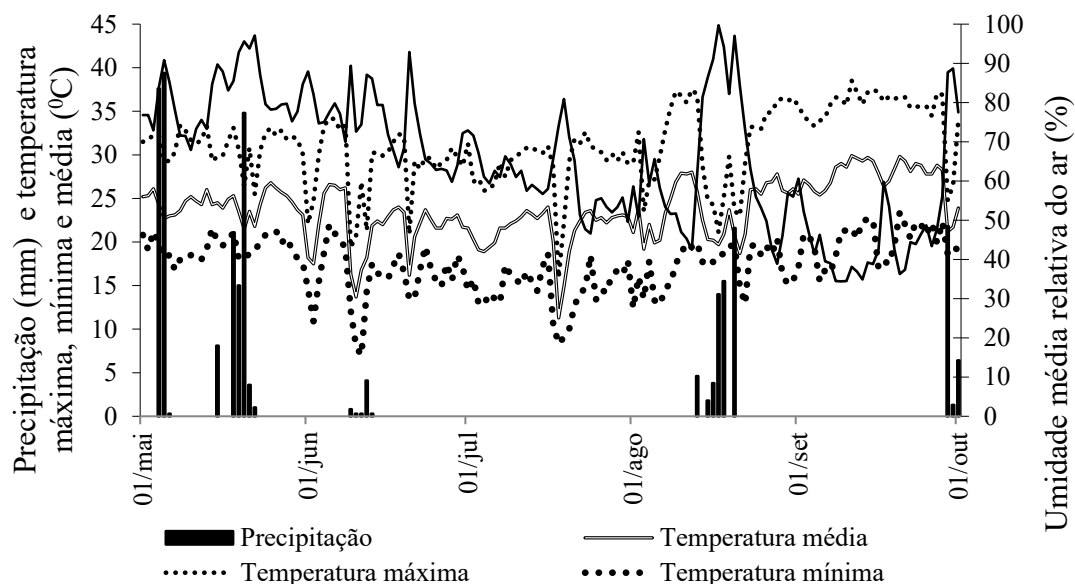
As condições climáticas que antecedem e ocorrem durante o desenvolvimento dos experimentos (Figuras 1 e 2) podem influenciar diretamente os resultados, assim sendo devem ser considerados e analisados.

Figura 1 - Precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máxima, média e mínima registradas durante no cultivo de trigo em 2016.



Nota: Dados coletados do Canal Clima da Unesp de Ilha Solteira. Fonte: Própria autora.

Figura 2 - Precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máxima, média e mínima registradas durante no cultivo de trigo em 2017.



Nota: Dados coletados do Canal Clima da Unesp de Ilha Solteira. Fonte: Própria autora.

Os atributos químicos do solo na camada de 0,00-0,20 m, foram obtidos antes da instalação do experimento no ano de 2016, seguindo metodologia proposta por Raji *et al.* (2001) apresentaram os seguintes resultados: 20 mg/dm³ de P (resina); 3 mg/dm³ de S-SO₄; 24 g/dm³ de MO.; 5,3 de pH (CaCl₂); K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H+Al, CTC = 5,3; 33,0; 20,0; 28,0 e 86,3 mmol/dm³, respectivamente; Cu, Fe, Mn, Zn (DTPA) = 3,9; 21,0; 63,5 e 1,6 mg/dm³, respectivamente; 0,19 mg/dm³ de B (água quente) e 68% de saturação por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, e esquema fatorial 4 x 5, sendo: controle (sem inoculação), inoculação de sementes com *A. brasilense*, *B. subtilis* e *A. brasilense* + *B. subtilis*; além de cinco doses de N (0, 40, 80, 120 e 160 kg/ha, na forma de ureia) aplicadas nas entrelinhas aos 35 dias após a emergência da cultura (no perfilhamento do trigo). A inoculação de sementes de trigo com *A. brasilense* estirpes AbV5 e AbV6 (garantia de 2x10⁸ UFC/mL) com dose de 450ml/ha e de *B. subtilis* estirpe CCTB04 (garantia de 1x10⁸ UFC/mL) com dose de 755ml/ha e para o tratamento coinoculado as doses de cada inoculante foi mantida de acordo com a recomendação do fabricante e com o que foi aplicado de forma individual.

A cultivar de trigo utilizada foi a CD1104 (Figura 3), sendo um trigo melhorador que possui como características ser precoce e com alta força de glúten ($W = 444$), essa variedade possui altíssimo potencial produtivo, tolerância à germinação na espiga e resistência moderada para debulha natural e brusone. As parcelas experimentais possuíam 6 metros de comprimento com 12 linhas com espaçamento de 0,17 m entre si, sendo a área útil da parcela as 8 linhas centrais, excluindo-se 0,5 m das extremidades, sendo este conduzido em sistema plantio direto.

A adubação de semeadura foi a aplicação de 275 kg/ha do fertilizante granulado 28-08-16 ($N-P_2O_5-K_2O$ – este fertilizante também contém 0,5% de B e 1% de Zn) em todo o local experimental, com o objetivo de fornecer P e K com base na análise do solo e requisitos da cultura do trigo.

No segundo cultivo, o trigo foi cultivado na mesma área, cujas unidades experimentais foram alocadas na mesma faixa de acordo com as bactérias aplicadas, assim se mantendo na mesma área onde a aplicação do inoculante do ano anterior.

Figura 3 - Cultura do trigo em pleno desenvolvimento na safra de 2016.



Foto: William Nishimoto

Na área foram utilizados para a dessecação o herbicida glifosato (1800 g/ha do i.a.) e 2,4-D (670 g/ha do i.a.), aplicados duas semanas antes da semeadura do trigo. A semeadura, em ambos os anos, foi realizada mecanicamente nos dias 03 de maio

de 2016 e 10 de maio de 2017. A inoculação das sementes foi realizada no mesmo dia em que foram semeadas e logo após foi aplicado ao tratamento das sementes os fungicidas tiofanato-metil + piraclostrobina (45 g + 5 g de i.a. por 100 kg de semente) e o inseticida fipronil (50 g de i.a. por 100 kg de semente). Quando necessário, a área foi irrigada por meio de pivô central com lâmina de água média de 14 mm e turno de rega de aproximadamente 72 horas. O manejo de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação do herbicida Metsulfuron Methyl (3,0 g/ha do i.a.) em pós-emergência aos 20 DAE.

A adubação nitrogenada via, ureia (45% de N) foi realizada nas entrelinhas do trigo em superfície do solo e sem incorporação nos dias 8 de junho de 2016 e 15 de junho de 2017, quando as plantas estavam em estágio de perfilhamento, após esse procedimento a área foi irrigada. Esse procedimento é comum em sistemas irrigados para minimizar as perdas de N por volatilização de amônia e evitar a queima de folha das plantas ocasionada eventualmente pela ureia.

Foram realizadas as seguintes avaliações: índice de clorofila foliar, quando as plantas estavam no estágio de florescimento, sendo determinada indiretamente por meio de leituras na folha bandeira de 10 plantas por parcela com o aparelho ClorofiLOG® model CFL-1030 (FALKER, 2008), sempre no período da manhã até às 11h. Os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foliar, foram determinados conforme metodologia proposta por Malavolta *et al.* (1997), após coleta, secagem e moagem da folha bandeira inteira de 20 plantas de trigo por parcela, no florescimento pleno, segundo a metodologia descrita em Cantarella, Raij e Camargo (1997). Também foram determinados os teores destes nutrientes nos grãos de trigo, após a secagem e moagem, conforme metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

A utilização da análise nutricional foliar como critério diagnóstico se deve à premissa de existir uma relação bem definida entre o crescimento, a produção das culturas e o teor dos nutrientes em seus tecidos. Os macronutrientes são os aqueles em que a planta necessita em maior quantidade para o seu potencial desenvolvimento.

Na fase de maturação fisiológica do trigo (estádio Zadoks 9) (Figura 4), foram mensurados: a altura de plantas, definida como sendo a distância (m) do nível do solo ao ápice da espiga do trigo; o número de espigas por metro; foram coletadas 10 espigas de trigo representativas na ocasião da colheita para contagem do número de grãos por espiguetas, número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga;

a massa hectolétrica, correspondente à massa de grãos de trigo ocupada em um volume de 100 L, determinada em balança de 1/4 com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida); a massa de 100 grãos, obtida em balança de precisão 0,01g, a 13% (base úmida) e finalmente a produtividade de grãos, estimada pela coleta das plantas contidas nas quatro linhas úteis de cada parcela. Após a trilhagem mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em kg/ha a 13% (base úmida).

A colheita manual das plantas trigo ocorreu aos 120 e 117 dias após a emergência das plântulas, sendo esses em 8 de setembro de 2016 e 12 de setembro de 2017, respectivamente.

Figura 4. Cultura do trigo na fase de maturação na safra de 2016.



Foto: William Nishimoto

Os atributos químicos do solo foram determinados após a colheita do trigo. Para tal, foram coletadas na linha de semeadura quatro amostras simples de solo por parcela experimental, com auxílio de trado de rosca, formando uma amostra composta, na profundidade de 0,00-0,20 m. As amostras compostas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm (TFSA), para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, matéria orgânica (MO), pH, Al, acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca

catiônica (CTC) e saturação por bases (V%), de acordo com metodologia proposta por Raij *et al.* (2001).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos controle e inoculações com as BPCPs. Para analisar o efeito das doses de N, foram ajustadas equações de regressão. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise nutricional foliar

Não houve interação significativa entre a inoculação com BPCPs e doses de N, assim como não foi verificada resposta ao incremento de doses de N nos teores foliares de N, P e K (Tabela 1). Com relação ao teor de N foliar, não se observou efeito da inoculação com BPCPs, o que provavelmente se deve a um efeito diluição em função do maior desenvolvimento em altura de planta e perfilhamento propiciado por estas bactérias diazotróficas e pelo incremento de doses de N.

Tabela 1. Teores foliares de N, P e K em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	N (g/kg)		P (g/kg)		K (g/kg)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação						
Sem	41,87 a	37,78 a	3,08 c	3,15 a	23,33 c	13,31 a
<i>A. brasilense</i>	41,06 a	36,84 a	3,30 b	3,18 a	23,75 c	13,93 a
<i>B. subtilis</i>	41,25 a	36,18 a	3,41 ab	3,17 a	26,67 b	12,33 a
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	40,53 a	37,43 a	3,51 a	3,23 a	28,50 a	13,77 a
D.M.S. (5%)	2,18	1,95	0,21	0,22	1,78	2,03
Doses de N (kg/ha)						
0	40,68	36,30	3,34	3,18	25,83	12,78
40	42,17	36,99	3,33	3,23	24,28	14,14
80	39,53	37,91	3,39	3,24	25,63	13,20
120	41,64	37,29	3,30	3,11	25,83	12,93
160	41,88	36,80	3,28	3,15	26,25	13,64
Inoculação x Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	41,18	37,06	3,33	3,18	25,56	13,34
CV(%)	5,39	5,35	6,53	7,02	7,10	15,50

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

Fonte: Própria autora.

Independentemente da inoculação com BPCP ou doses de N, os teores de N na folha diagnose se mantiveram na média de 41 g/kg em 2016, e 37 g/kg em 2017 (Tabela 1). Esse valor é considerado elevado ao se comparar com a faixa adequada do Boletim Técnico n° 100 (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997), que propõem valores entre 20 e 34 g/kg, e também Malavolta *et al.* (1997), de 30 a 3 g/kg. Esse

resultado também pode ser derivado do cultivo anterior com a cultura da soja, onde houve FBN e resto palhada com baixa relação C/N, possibilitando assim maior disponibilidade de N no solo para o cultivo subsequente. Resultado diferente ao encontrado por Rosa *et al.* (2022), em que ao inocular as duas bactérias em estudo na cultura da cana-de-açúcar com redução da adubação fosfatada observaram que a concentração foliar de nitrogênio apresentou incremento de 2,6 a 5,7%.

O teor foliar de P apresentou diferença apenas durante a safra de 2016 (Tabela 1), em que a coinoculação dos microrganismos foi superior, porém sem diferir da inoculação *B. subtilis*. Estudos indicam que as BPCPS possuem a capacidade de solubilizar o fosfato, dessa forma ocorre uma maior disponibilização do nutriente e consequente absorção (RODRIGUEZ; FRAGA, 1999). Nos dois anos de estudo, todos os tratamentos propiciaram teores foliares de P adequados, ou seja, dentro da faixa de 2,1 a 3,3 g/kg (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997).

Os teores de potássio (K) foram mais elevados no cultivo de 2016 (Tabela 1) quando utilizado a combinação de *A. brasilense* e *B. subtilis*, apresentando o valor de 28,50 g/kg considerado adequado, no entanto, observa-se que na safra de 2017 os valores foram inferiores ao limite de 15 a 30 g/kg (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997), mas a cultura não apresentou sintomas de deficiência. Esse nutriente possui a função importante de osmorregulação e na resistência da planta à seca, nesse caso a cultura foi irrigada periodicamente ou quando necessário, além disso, outro processo importante, é que o K atua no enchimento e qualidade dos grãos (BARKER; PILBEAM, 2015). Estudos verificaram que a coinoculação com esses microrganismos também apresentou incrementos no acúmulo de K em cultivar de capim Marandu juntamente com a redução da adubação nitrogenada, além de proporcionar o aumento na altura da planta (SAMPAIO *et al.*, 2021).

Para os teores foliares de Ca, Mg e S no trigo também não foram verificadas interação entre a inoculação com BPCPs e doses de N (Tabela 2). Contudo, o incremento das doses de N aumentou linearmente os teores foliares de Ca em 2016 e de S nos dois anos. É sabido que o S está intimamente ligado ao metabolismo do N, e que a adubação nitrogenada favorece o crescimento de raízes, o que pode proporcionar maior absorção de S em subsuperfície (0,20-0,40 m) no solo.

Em 2016, os teores foliares de Ca foram maiores com a coinoculação em comparação com a inoculação isolada com *A. brasilense*. Já em 2017, não houve diferença entre as inoculações isolada ou associada de BPCPs. O teor do nutriente

encontrado neste estudo é considerado adequado para a safra de 2016 que situou entre 2,5 e 10 g/kg (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997), embora esse valor não tenha sido atingido na segunda safra notou-se que a cultura não apresentou sintomas de deficiência. Os valores da primeira safra foram superiores ao encontrado por Sgobi (2016) em que ao inocular trigo com *A. brasiliense* obteve 4,15 g/kg de Ca foliar na cultivar CD116 em solo de Cerrado.

Tabela 2. Teores foliares de Ca, Mg e S em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	Ca (g/kg)		Mg (g/kg)		S (g/kg)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação						
Sem	5,77 ab	2,09 a	2,31 a	1,23 ab	4,17 a	3,46 a
<i>A. brasiliense</i>	5,33 b	2,41 a	2,17 ab	1,45 a	3,91 ab	3,51 a
<i>B. subtilis</i>	6,01 ab	1,97 a	2,01 b	1,11 b	3,88 ab	3,01 b
<i>A. brasiliense</i> + <i>B. subtilis</i>	6,25 a	2,34 a	2,27 ab	1,35 ab	3,73 b	3,01 b
D.M.S. (5%)	0,77	0,57	0,29	0,32	0,36	0,35
Doses de N (kg/ha)						
0	5,00 ^[1]	2,12	1,90	1,18	3,55 ^[2]	3,07 ^[3]
40	5,40	2,26	2,03	1,38	3,81	3,22
80	6,42	2,13	2,30	1,27	4,03	3,28
120	6,03	2,08	2,22	1,28	4,13	3,23
160	6,38	2,43	2,52	1,37	4,10	3,45
Inoculação x Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	5,84	2,20	2,19	1,29	3,22	3,25
CV(%)	13,42	26,23	13,47	25,26	9,25	11,03

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

[1] $y = 0,0085x + 5,17$ ($R^2 = 0,73^{**}$) ** Significativo a 1%.

[2] $y = 0,0035x + 3,64$ ($R^2 = 0,85^{**}$) ** Significativo a 1%.

[3] $y = 0,0019x + 3,09$ ($R^2 = 0,81^{*}$) * Significativo a 5%.

Fonte: própria autora.

O teor de Mg foi influenciado pela inoculação com BPCP, sendo inferior nos dois anos com a inoculação com *B. subtilis*. Em 2016, o teor foliar de Mg foi considerado adequado. No entanto, em 2017 a média ficou um pouco abaixo de 1,5 a 4,0 g/kg (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997). Esse nutriente é um importante ativador enzimático e está presente na molécula de clorofila responsável pela fotossíntese e todo o desenvolvimento da planta, por isso é necessário que a planta tenha a disponibilidade para que possa absorver (TAIZ *et al*, 2017).

O teor de S foi superior sem a inoculação ou apenas com *Azospirillum brasilense* em ambos os anos de cultivo (Tabela 2), sendo que as médias ficaram um pouco acima do teor considerado adequado de 1,5 a 3,0 g/kg (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997). Esse nutriente é fundamental para a biossíntese de gliadina e glutenina, componentes esses da rede do glúten que confere qualidade à farinha de trigo utilizada na panificação (DE BONA, DE MORI, WIETHÖLTER, 2016).

Não houve interação entre a inoculação com BPCP e doses de N, assim como não foi constatada resposta ao incremento de doses de N os teores foliares dos micronutrientes catiônicos (Cu, Fe, Mn e Zn) (Tabela 3).

Tabela 3. Teores foliares de Cu, Fe, Mn e Zn em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	Cu (mg/kg)		Fe (mg/kg)		Mn (mg/kg)		Zn (mg/kg)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação								
Sem	32,07 a	22,20 a	122,13 b	159,73 a	135,80 a	127,53 a	16,80 b	22,20 a
A. brasilense	33,60 a	18,07 a	137,03 b	160,40 a	123,33 a	130,27 a	19,50 ab	22,00 a
B. subtilis	31,60 a	18,60 a	135,07 b	162,40 a	121,47 a	125,20 a	21,60 ab	20,93 a
A. brasilense + B. subtilis	26,20 b	21,67 a	165,87 a	156,60 a	131,40 a	135,53 a	24,60 a	22,00 a
D.M.S. (5%)	5,32	7,72	21,97	15,72	17,34	20,85	6,35	2,19
Doses de N (kg/ha)								
0	29,42	18,92	137,83	157,08	126,58	125,83	18,83	21,75
40	32,00	21,25	139,54	159,42	133,08	131,25	17,79	22,00
80	30,75	19,42	142,83	163,25	124,42	126,08	23,00	21,92
120	30,75	22,17	147,75	159,17	119,17	134,50	21,50	21,75
160	31,42	18,92	132,17	160,00	136,75	130,50	22,00	21,50
Inoculação x Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	30,87	20,13	140,03	159,78	128,00	129,63	20,63	25,78
CV(%)	17,57	29,05	15,99	10,03	13,80	16,39	31,37	10,22

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

Fonte: própria autora.

De acordo com Cantarella, Raij e Camargo (1997) o teor foliar adequado de cobre (Cu) para a cultura do trigo varia entre 5 e 25 mg/kg. Dessa forma, todos os tratamentos promoveram adequado teor de Cu para a cultura (Tabela 3). No primeiro ano observou-se que para os teores de Cu apenas o tratamento com a coinoculação com as duas bactérias foi inferior aos demais, enquanto no segundo ano, os teores de Cu obtidos foram semelhantes para a inoculação com BPCP. O cobre é nutriente

responsável pela formação do pólen e a biossíntese da clorofila e da parede celular (lignificação) da planta (TAIZ *et al.*, 2017), além de ter um papel fungistático importante.

O teor foliar de ferro (Fe) na safra de 2017 foi maior no tratamento com coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis*, o que de certa forma explica o menor teor de Cu observado no mesmo cultivo, pois estes nutrientes competem pelos mesmos sítios de absorção. No segundo ano não houve diferença entre os tratamentos com BPCPs (Tabela 3). Todos os tratamentos propiciaram teor de Cu adequado de acordo com a faixa de 10 a 300 mg/kg (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997). As bactérias promotoras de crescimento de plantas são capazes de produzir sideróforos, ou seja, uma estratégia de capturar o hidróxido férrico do solo; assim tornando-o indisponível para patógenos de solo e em solos onde há deficiência desse nutriente, esses microrganismos o tornam na forma disponível (Fe^{+2}) para as plantas (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

O teor manganês (Mn) não diferiu entre os tratamentos com BPCP, nos dois anos de cultivo (Tabela 3). A média para a safra de 2016 foi de 128 mg/kg e em 2017 o teor médio foi 129,63 mg/kg, ambos situaram dentro da faixa descrita como adequada de 25 a 150 mg/kg por Cantarella; Raij e Camargo(1997). No trigo, esse micronutriente está diretamente ligado com a qualidade e produtividade de grãos, sendo assim, em caso de deficiência de Mn, a oferta de carboidratos pode diminuir no processo de enchimento dos grãos e consequentemente afetar o processo de panificação (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

Os teores de zinco (Zn) foram mais elevados quando se utilizou a coinoculação com as duas bactérias, diferindo do controle sem inoculação na primeira safra (Tabela 3). Nos dois anos, os teores de Zn na folha diagnose ficaram dentro do valor adequado de 20 a 70 mg/kg (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997), porém próximos do limite inferior, essas bactérias diazotróficas possuem a capacidade de facilitar a assimilação e acumulação de Zn através da carboxilação e solubilização (HUSSAIN *et al.*, 2020). Além disso, esse micronutriente é necessário na formação da auxina que é um fitohormônio vegetal responsável pelo desenvolvimento do caule, raízes e frutos (TAIZ *et al.*, 2017), além de ser extremamente importante para divisão celular.

O aumento dos nutrientes P, K, Ca, Fe e Zn apresentaram acréscimo quando houve a coinoculação, estes são primordiais para o bom desenvolvimento e

produtividade da cultura do trigo, com isso o uso dessa tecnologia promoveu uma melhor nutrição de plantas, refletindo na produtividade de grãos.

4.2 Análise nutricional dos grãos

A análise dos nutrientes nos grãos da cultura do trigo se faz importante, pois o subproduto desse cereal, a farinha é muito utilizada na alimentação humana e na produção de diversos alimentos, sendo assim, o enriquecimento e a quantidade de nutrientes nos grãos será importante mesmo se houver perdas durante o processo de transformação e industrialização.

Não foi observada interação entre a inoculação com BPCP e doses de N para os teores de N, P e K nos grãos de trigo (Tabela 1). Notou-se efeito de doses de N apenas para o teor de N nos grãos em 2016, sendo este ajuste a função linear crescente com o incremento das doses desse nutriente.

Tabela 4. Teores de N, P e K nos grãos em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	N (g/kg)		P (g/kg)		K (g/kg)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação						
Sem	24,29 a	24,39 a	3,75 b	5,02 a	5,75 a	5,84 a
<i>A. brasilense</i>	22,81 ab	24,77 a	3,90 ab	5,07 a	5,00 a	5,92 a
<i>B. subtilis</i>	22,20 b	24,59 a	4,02 ab	5,01 a	5,00 a	5,44 a
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	22,56 ab	24,91 a	4,15 a	5,10 a	5,50 a	5,89 a
D.M.S. (5%)	1,88	1,79	0,30	0,45	0,99	0,56
Doses de N (kg/ha)						
0	21,21 ^[1]	24,13	4,03	5,05	5,00	5,83
40	22,58	24,56	3,99	5,14	5,31	5,70
80	23,70	24,65	4,05	4,84	5,63	5,63
120	23,50	24,95	3,89	5,04	5,31	5,71
160	23,84	25,02	3,83	5,18	5,31	5,99
Inoculação x Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	22,97	24,66	3,96	5,05	5,31	5,77
CV(%)	6,52	7,38	6,11	8,99	14,78	9,90

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

[1] $y = 0,0155x + 21,73$ ($R^2 = 0,79^{**}$) ** Significativo a 1%.

Fonte: própria autora.

O teor de N encontrado nos grãos foi superior quando não houve inoculação ou com *Azospirillum brasilense* ou com coinoculação *Azospirillum brasilense* mais *Bacillus subtilis*. As bactérias diazotróficas possuem a capacidade de realizar a FBN por meio da enzima nitrogenase, assim disponibilizando maior quantidade do nutriente no solo e, com isso, maior teor nos grãos (RUDNICK *et al.*, 1997). Pinnow *et al.* (2013) observaram que as doses de 80 e 120 kg/ha de N afetaram positivamente o teor de proteína nos grãos, podendo esse ser resultado do aumento de N nos grãos, resultados esse que corroboram com o presente com relação aos tratamentos com adubação nitrogenada. Doses mais elevadas de N quando aplicadas na cultura do trigo em diferentes cultivares podem aumentar o teor de proteína na farinha, e também as enzimas correlacionadas as formadoras de glúten (GUTKOSKI *et al.*, 2011).

Os teores de P nos grãos de trigo na primeira safra apresentaram valores maiores quando houve a coinoculação das duas bactérias (Tabela 4), apesar de não diferir da inoculação isolada com *A. brasilense* ou *B. subtilis*, que por sua vez não diferiram do tratamento com ausência de inoculação. No entanto, na segunda safra, os tratamentos com BPCP não diferiram. Esse resultado se explica pelo fato desses microrganismos solubilizarem parte do P indisponível e deixá-lo na forma disponível para a planta, assim, aumentando a absorção, transporte e quantidade do nutriente nos grãos, embora o teor no solo não tenha sido influenciado por esse fator.

Os teores de potássio nos grãos não tiveram influência dos tratamentos aplicados tanto em 2016 como em 2017 (Tabela 4), ressalta-se que este nutriente, diferentemente do N e do P, se acumula mais na palhada que nos grãos. Bazzo *et al.* (2020) ao utilizarem a cultivar de trigo Quartzo, aplicando doses de N em cobertura nas formas foliar e no solo também observaram que não houve incremento de K nos grãos. A não interferência do N aplicado na concentração de K se explica pelo fato desse nutriente não fazer parte das moléculas de carboidrato nos grãos do cereal e sim por ser fator de coenzimas e no estabelecimento do turgor celular (TAIZ *et al.*, 2017).

Os teores de Ca, Mg e S nos grãos de trigo não foram influenciados pela interação entre a inoculação com BPCP e doses de N e pelo aumento das doses de N, nos dois anos de cultivo (Tabela 5). Os tratamentos com BPCP também não apresentaram efeito nos teores de Ca e Mg nos grãos. Resultados esses que diferem dos encontrados por Coelho *et al.* (2001) em que as doses de N influenciaram os teores desses macronutrientes, para o Mg, cuja concentração se elevou, pois com a

adição de N houve o aumento da quantidade de clorofila nas folhas, assim aumentando o transporte de Mg; os autores observaram que para o Ca também houve incremento do teor nos grãos com a adição de adubação nitrogenada.

O enxofre presente nos grãos de trigo apresentou teores maiores quando houve coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* em 2017; porém, em 2016, não foi verificada a diferença entre os tratamentos com BPCP (Tabela 5). Os teores de S mais elevados promovem o aumento da quantidade de proteínas, principalmente as que possuem mais esse nutriente; regiões onde a dieta humana é deficiente em aminoácidos pode ser decorrente da baixa ingestão de proteínas como também pela deficiência dos solos em S e baixa exportação pelos grãos, com isso se torna importante programas que englobem a implantação de tecnologias que ajudem a planta a absorver mais o S (DUXBURY; LYONS; BRUULSEMA, 2015).

Tabela 5. Teores de Ca, Mg e S nos grãos em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	Ca (g/kg)		Mg (g/kg)		S (g/kg)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação						
Sem	0,54 a	0,51 a	1,74 a	1,35 a	1,42 a	1,69 b
A. brasilense	0,51 a	0,45 a	1,60 a	1,40 a	2,09 a	1,73 b
B. subtilis	0,44 a	0,51 a	1,63 a	1,31 a	1,79 a	1,78 b
A. brasilense + B. subtilis	0,78 a	0,48 a	1,77 a	1,31 a	1,86 a	1,91 a
D.M.S. (5%)	0,38	0,11	0,19	0,16	0,72	0,12
Doses de N (kg/ha)						
0	0,46	0,50	1,75	1,35	1,65	1,82
40	0,40	0,50	1,65	1,33	1,50	1,73
80	0,65	0,53	1,70	1,30	1,89	1,80
120	0,79	0,43	1,64	1,33	1,78	1,74
160	0,54	0,49	1,69	1,42	2,14	1,78
Inoculação x Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	0,57	0,49	1,67	1,34	1,79	1,78
CV(%)	22,75	23,43	8,64	11,99	31,93	6,85

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

Fonte: própria autora.

Estudo realizado por Garvin, Welch e Finley (2006) demonstrou que a agricultura tem buscado sempre o aumento da produtividade de grãos como o trigo, por meio do melhoramento genético, ou seja, o objetivo principal tem sido a busca por

cultivares que apresentem características de maior produtividade no campo. No entanto, esse aumento apresenta uma relação inversa aos teores de micronutrientes como Fe, Zn e do elemento benéfico Se, nos grãos, por isso se torna importante relacionar a nutrição de plantas, qualidade de produtos agrícolas e saúde humana.

Os teores de cobre, ferro e manganês obtidos nos grãos de trigo não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos com BPCP, assim como não foram influenciados por doses de N ou interação entre os fatores estudados, nos dois anos de cultivo (Tabela 6). O resultado encontrado no presente trabalho é semelhante ao encontrado por Espindula *et al.* (2010), em que ao aplicar doses de N em cobertura como fonte utilizada o sulfato de amônio, observaram que não houve influência nas concentrações de Fe nos grãos de trigo cultivar Pioneiro.

Tabela 6. Teores de Cu, Fe, Mn e Zn nos grãos em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	Cu (mg/kg)		Fe (mg/kg)		Mn (mg/kg)		Zn (mg/kg)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação								
Sem	29,20 a	13,67 a	213,38 a	109,07 a	46,70 a	56,73 a	35,80 a	40,53 b
A. brasilense	30,20 a	14,73 a	231,67 a	137,53 a	74,30 a	56,20 a	32,70 a	42,33 ab
B. subtilis	30,70 a	15,87 a	118,21 a	279,13 a	59,40 a	62,00 a	31,40 a	42,80 ab
A. brasilense + B. subtilis	32,40 a	15,93 a	179,11 a	136,73 a	63,60 a	67,20 a	31,70 a	46,20 a
D.M.S. (5%)	6,84	4,95	274,25	189,69	35,55	11,11	8,10	4,47
Doses de N (kg/ha)								
0	31,13	15,00	162,05	201,67	62,00	59,33	30,25	42,75 ^[1]
40	29,25	14,92	112,44	206,58	49,63	63,66	29,75	42,17
80	30,38	15,83	127,91	171,58	63,13	57,17	37,25	41,08
120	33,00	15,50	131,84	118,75	58,63	58,42	33,25	42,00
160	29,38	14,00	156,23	129,50	71,63	64,42	34,00	46,83
Inoculação x Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	30,63	15,05	138,09	165,62	61,00	60,53	32,90	42,97
CV(%)	17,77	33,54	29,32	31,40	22,38	18,70	19,57	10,61

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

[1] $y = 0,0006x^2 - 0,0717x + 43,2014$ ($R^2 = 0,90^*$ e $PM = 59,8$ kg/ha de N)*Significativo a 5%.

Fonte: própria autora.

O Zn é o micronutriente que mais comumente verifica-se deficiência na cultura do trigo, tanto em cultivos em solos ácidos como em alcalinos. Para os tratamentos com BPCP, houve diferença no teor de Zn nos grãos apenas em 2017, notou-se que

a coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* promoveu maior deste micronutriente em relação ao controle sem inoculação. Em 2017, o teor de Zn se ajustou a função quadrática e aumentou até a dose estimada de 59,8 kg/ha de N (Tabela 6). Hotz e Brown (2004) estimam que um quinto da população mundial não ingere quantidades suficientes desse nutriente. Com isso, o uso tecnologias como a inoculação de bactérias em cereais pode contribuir para o aumento de Zn nos grãos e consequentemente na alimentação humana.

4.3 Análises biométricas, índice de clorofila foliar (ICF) e componentes de produção

Ressalta-se que não foram constatados efeitos significativos da interação entre a inoculação com BPCP e doses de N e pelo aumento das doses de N para o índice de clorofila foliar (ICF), altura de planta e número de espigas de trigo por metro, nos dois anos de cultivo (Tabela 5). Estes resultados podem ser explicados pelo baixo efeito das doses de N na nutrição de plantas, que provavelmente se deve ao cultivo irrigado; cultivo após soja, que apresenta palhada com baixa relação C/N, e em solo com sistema plantio direto estabilizado.

A leitura indireta do índice de clorofila foliar (ICF) tem uma correlação entre o teor de clorofila e o teor de N presente na folha, sendo assim, quanto maior esse valor de leitura significa que a planta muito provavelmente terá uma taxa fotossintética adequada para o seu desenvolvimento. Na safra de 2017, não houve diferença entre os tratamentos; porém, em 2016 (Tabela 7), observou-se que todos os tratamentos inoculados independente da dose de N apresentaram maior ICF, sendo que apenas a inoculação com *A. brasilense* foi superior ao controle sem inoculação. Isso se deve ao fato de os microrganismos auxiliarem na absorção de maior quantidade de N e de outros nutrientes por meio do aumento do volume de raízes. De acordo com Saubinet, Fatta e Barneix (2002), o inoculante não substitui totalmente a adubação nitrogenada, no entanto, possui um papel importante na melhoria e aproveitamento do N que está sendo fornecido pelo solo ou até mesmo na eficiência da adubação.

A altura das plantas é um indicativo de bom desenvolvimento da cultura, no entanto o crescimento elevado pode causar acamamento, por isso esse dado se torna importante ao ser analisado. Em 2016, a inoculação com *Bacillus subtilis* proporcionou maior a altura do trigo, independente da dose de N aplicada. Contudo, no ano de 2017,

tal efeito não foi constatado (Tabela 7), provavelmente devido as melhores condições edafoclimáticas do segundo ano de cultivo. Esta bactéria supracitada classificada como promotora de crescimento de plantas é capaz de influenciar o crescimento e desenvolvimento das plantas por meio da síntese e excreção de fitormônios como citocinina, ácido abscísico (ABA), ácido indol acético (AIA) e equilíbrio hormonal de giberelinas, todos esses processos melhoram o desenvolvimento e crescimento do vegetal (SANTOYO; OROZCO-MOSQUEDA; GOVINDAPPA, 2012).

Tabela 7. Índice de clorofila foliar (ICF), altura de planta e número de espigas de trigo por metro em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	ICF		Altura de planta (cm)		Nº de espigas por metro	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação						
Sem	54,18 b	49,77 a	91,40 bc	97,29 a	111,80 c	151,47 b
<i>A. brasilense</i>	60,52 a	49,54 a	89,69 c	96,27 a	129,20 b	161,07 ab
<i>B. subtilis</i>	58,79 ab	49,91 a	96,11 a	97,82 a	139,55 ab	170,80 ab
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	57,63 ab	51,26 a	93,31 b	96,40 a	149,80 a	179,87 a
D.M.S. (5%)	4,71	3,15	2,76	3,92	14,85	25,18
Doses de N (kg/ha)						
0	54,74	50,05	92,01	98,14	131,69	161,60
40	58,36	50,64	92,88	97,17	130,75	171,33
80	56,83	50,67	93,22	95,89	133,44	171,33
120	60,71	49,48	92,35	96,56	138,50	159,67
160	58,26	49,77	92,67	96,97	128,56	165,17
Inoculação x Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	57,78	50,12	92,63	96,95	132,59	165,80
CV(%)	8,30	7,50	3,55	4,12	13,38	15,48

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

Fonte: própria autora.

Observa-se que em ambos os cultivos o número de espigas por metro foi quantitativamente superior em relação ao tratamento não inoculado, quando se realizou a coinoculação das duas bactérias (*A. brasilense* e *B. subtilis*) (Tabela 7). Esse resultado é semelhante ao observado por Dobbelaere *et al.* (2001) em que o trigo ao ser inoculado com *Azospirillum* sp. apresentou aumento no número de espigas produzidas e, consequentemente, na produtividade de grãos da cultura.

Não se constatou efeito significativo para interação entre a inoculação com BPCP e doses de N sobre comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga de trigo (Tabela 8).

O comprimento de espiga não apresentou diferença entre os tratamentos com ou sem inoculação de bactérias em ambos os cultivos (Tabela 8). No entanto, no primeiro ano a adubação nitrogenada interferiu nesse quesito, pois o incremento da dose de N aumentou o comprimento da espiga até a dose estimada de 91,3 kg/ha de N. O tamanho da espiga pode sofrer incremento quando se incrementa a absorção de N, além de não ser influenciado pela inoculação do trigo com *A. brasilense* em Latossolo Vermelho distrófico no Cerrado brasileiro (GALINDO *et al.*, 2017).

Tabela 8. Comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga de trigo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	Comprimento da espiga (cm)		Nº de espiguetas por espiga		Nº de grãos por espiga	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação						
Sem	7,99 a	7,84 a	15,30 a	13,12 a	36,20 b	32,53 a
<i>A. brasilense</i>	7,93 a	8,00 a	15,57 a	13,49 a	36,90 ab	33,53 a
<i>B. subtilis</i>	8,01 a	8,01 a	15,68 a	13,51 a	37,64 ab	33,80 a
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	8,06 a	8,10 a	15,89 a	13,59 a	38,57 a	34,33 a
D.M.S. (5%)	0,24	0,41	0,67	0,67	2,33	1,92
Doses de N (kg/ha)						
0	7,74 ⁽¹⁾	8,16	15,05 ⁽²⁾	13,35	36,39 ⁽³⁾	33,42
40	8,06	8,14	15,66	13,60	37,19	34,33
80	8,11	7,88	16,13	13,53	38,99	33,17
120	8,06	7,86	15,70	13,34	37,48	33,42
160	8,01	7,96	15,46	13,32	36,57	33,42
Inoculação x Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	8,00	8,00	15,60	13,43	37,33	33,55
CV(%)	3,61	5,28	5,12	5,06	7,45	5,84

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

(1) $y = -0,00004x^2 + 0,0073x + 7,77$ ($R^2 = 0,9153^{**}$ e PM = 91,3 kg/ha) ** Significativo a 1%.

(2) $y = -0,0001x^2 + 0,0207x + 15,06$ ($R^2 = 0,9030^{**}$ e PM = 103,5 kg/ha) ** Significativo a 1%.

(3) $y = -0,0003x^2 + 0,0497x + 36,23$ ($R^2 = 0,7696^{**}$ e PM = 82,8 kg/ha) ** Significativo a 1%.

Fonte: própria autora.

A quantidade de espiguetas por espiga de trigo foi semelhante para os tratamentos com inoculação, coinoculação ou sem inoculação nos dois anos de cultivo (Tabela 8), isso pode ser devido ao fato de esta avaliação ter alta herdabilidade genética. Contudo, em 2016, o incremento da dose de N aumentou o número de espiguetas por espiga até a dose estimada de 103,5 kg/ha de N. Benett *et al.* (2011) também verificaram que o aumento da adubação nitrogenada em cobertura teve efeito positivo sobre o número de espiguetas por espiga de trigo no Cerrado.

No ano de 2016, os tratamentos com inoculação isolada ou combinada com BPCPs apresentaram maior quantidade de grãos por espiga (Tabela 8). Neste mesmo ano, o aumento da dose de N aumentou o número de grãos por espiga até a dose estimada de 82,8 kg/ha de N. Essa resposta também foi reportada por Pereira *et al.* (2017), em que ao inocular com *A. brasilense* em sementes do cultivar CD116 de trigo e ao aplicar 60 kg/ha de N, observaram maiores valores para esse componente de produção, logo a aplicação de N contribuiu significativamente no total de grãos produzidos, o que terá reflexo na produtividade de grãos.

A massa hectolétrica, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de trigo não foram influenciadas pela interação entre a inoculação com BPCP e doses de N (Tabela 9).

Diversos autores apontam que o trigo de boa qualidade deve apresentar elevada massa hectolétrica, sendo assim, este é um bom indicador de rendimento no processo de extração da farinha e também por ser um dos principais critérios para quantificar o valor de sua comercialização (CÔRREA *et al.*, 2006). As massas hectolétricas e de 100 grãos não foram influenciadas pelos tratamentos com inoculação com BPCP e pelas doses de N (Tabela 9). Isso pode ser decorrente da alta disponibilidade de N no solo proveniente do cultivo antecessor de soja. Resultado semelhante foi constatado por Nunes *et al.* (2015) ao inocular o cultivar de trigo BRS264 em um Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa com *A. brasilense* e testar o efeito de doses de N.

Tabela 9. Massa hectolétrica, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de trigo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	Massa hectolétrica (kg/100 L)		Massa de 100 grãos (g)		Produtividade de grãos (kg/ha)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação						
Sem	76,40 a	77,50 a	3,54 a	3,30 a	3502 c	4066 b
<i>A. brasilense</i>	76,11 a	79,84 a	3,58 a	3,44 a	4037 bc	4556 ab
<i>B. subtilis</i>	76,89 a	78,58 a	3,49 a	3,42 a	4397 ab	4982 a
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	75,66 a	80,52 a	3,56 a	3,43 a	4947 a	5152 a
D.M.S. (5%)	3,00	3,04	0,21	0,17	656,8	660,3
Doses de N (kg/ha)						
0	77,84	79,35	3,60	3,37	4162	4555
40	76,26	78,86	3,58	3,41	4086	4917
80	76,14	79,05	3,56	3,45	4475	4904
120	75,43	78,86	3,40	3,34	4262	4493
160	75,67	79,43	3,57	3,35	4122	4576
Inoculação x Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	76,27	79,11	3,54	3,38	4221	4689
CV(%)	4,70	4,92	7,07	6,13	18,59	14,35

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

Fonte: própria autora.

A maior produtividade de grãos do trigo foi constatada para coinoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis*, tanto em 2016 quanto em 2017, sendo superior em relação a controle (sem inoculação), porém sem diferir da inoculação com *A. brasilense* (Tabela 9). O aumento da produtividade do trigo no Cerrado utilizando *Azospirillum brasilense* também foi constatado por Galindo *et al.* (2021), em que houve o incremento de 5,9% com relação ao tratamento sem aplicação de bactérias.

A inoculação de sementes com *A. brasilense* associado à redução da adubação nitrogenada na cultura do trigo pode aumentar a produtividade e matéria seca (MUMBACH *et al.*, 2017). Além disso, a bactéria *B. subtilis* pode promover o aumento da produtividade por aumentar a fixação de nitrogênio, solubilização de nutrientes, síntese de fitormônios e melhoria das condições do solo (DIAZ, 2018).

As BPCPs apresentam múltiplos mecanismos de atuação no crescimento de plantas, como a produção e secreção de fitormônios como o (ácido indol-3-acético (AIA), citocininas, giberelinas e etileno); de reguladores de crescimento de plantas

(ácido abscísico, óxido nítrico e de poliaminas como espermidina, espermina); aumento na disponibilidade de nutrientes, solubilização do fosfato, na atividade da redutase do nitrato e na eficiência de uso do N; biocontrole de doenças; proteção das plantas contra estresse salino, hídrico e elementos tóxicos do solo; além de FBN (TEIXEIRA FILHO; GALINDO, 2019).

Não houve efeito do aumento de doses de N na produtividade de grãos de trigo irrigado após a soja (Tabela 9), porém se observou incrementos na produtividade de grãos de trigo de 7% do tratamento com dose zero em relação à aplicação de 80 kg/ha de N, tanto em 2016 como em 2017. Indicando assim que esta seria a dose de N em cobertura mais interessante, pensando também na manutenção ou reposição do N exportado.

O aumento das doses de N pouco influenciou a produtividade de grãos de trigo, sendo coerentes assim, com os resultados obtidos de ICF, componentes biométricos e para grande maioria dos componentes de produção para doses de N, nos dois anos de cultivo. Provavelmente pelo fato dos resultados obtidos com as inoculações com BPCP terem sido positivos e em partes pelo cultivo antecessor da soja, a qual apresenta palhada com baixa relação C/N. Além disso, o cultivo irrigado e a área em sistema plantio direto estabilizado podem ter contribuído para obtenção destes resultados, os quais podem viabilizar ainda mais o cultivo do trigo irrigado na região de Cerrado, visto que o N é um dos insumos que mais encarecem o custo de produção da cultura (TEIXEIRA FILHO *et al.*, 2010).

4.4 Atributos químicos do solo

Os atributos químicos do solo, teores de P e M.O. e pH não foram afetados pelas doses de N e nem pela interação entre a inoculação com BPCP e doses de N (Tabela 10).

O teor de P no solo encontrado em 2016 e 2017 não apresentaram diferença no que se refere à inoculação ou não com BPCP (Tabela 10). De acordo com o Boletim técnico n°100 (RAIJ *et al.*, 1997), as médias são consideradas como teor médio, porém nota-se que ao iniciar o experimento esse valor era de 20 mg/dm³ de P. Sendo assim, as práticas agrícolas durante os dois anos auxiliaram no incremento desse nutriente, esse resultado pode ter sido incrementado pela safra anterior com soja e inoculação das mesmas bactérias. De acordo com Guimarães *et al.* (2017) esses

microrganismos possuem a capacidade de solubilizar parte do P insolúvel no solo, transformando assim em gás carbônico e ácido carbônico que solubiliza fosfatos de cálcio e magnésio.

Tabela 10. Atributos químicos de fósforo, matéria orgânica (M.O.) e pH do solo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	P (mg/dm ³)		M.O. (g/dm ³)		pH (CaCl ₂)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação						
Sem	31,60 a	29,40 a	25,10 b	24,30 a	5,21 ab	5,22 a
<i>A. brasilense</i>	38,60 a	37,00 a	27,40 a	26,30 a	5,39 a	5,36 a
<i>B. subtilis</i>	37,80 a	36,00 a	28,00 a	26,40 a	5,17 ab	5,18 a
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	39,70 a	37,70 a	29,00 a	27,40 a	5,15 b	5,19 a
D.M.S. (5%)	27,04	32,25	2,30	3,30	0,23	0,20
Doses de N (kg/ha)						
0	43,00	31,25	28,25	25,38	5,31	5,23
40	35,13	32,00	27,13	26,50	5,21	5,17
80	45,25	46,63	28,00	26,25	5,28	5,29
120	29,50	32,25	26,63	26,25	5,20	5,35
160	31,75	36,00	26,88	26,13	5,15	5,16
Inoculação x Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	36,93	35,03	27,38	26,10	5,23	5,24
CV(%)	28,21	27,45	6,67	10,04	3,57	3,06

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

Fonte: própria autora.

A matéria orgânica (M.O.) encontrada após a safra de 2016 apresentou teores mais elevados quando houve a inoculação, já no ano seguinte esse resultado não se repetiu (Tabela 10). Ao confrontar com os teores de M.O. no início do experimento em que o valor era 24 g/dm³, notou-se que praticamente não houve muita alteração desse quesito no solo, isso provavelmente se deve ao fato de que após alguns anos de cultivo, o teor de matéria orgânica se estabiliza em torno de 25 a 30 g/dm³ em solos argilosos, e em teores mais baixos em solos de textura média ou arenosa (RONQUIM, 2010).

O pH no solo é um componente de extrema importância, pois determina se é necessário a correção da acidez do solo, essa podendo ser realizada por meio da aplicação de calcário. No ano de 2016, esse atributo foi maior quando houve

inoculação com *Azospirillum brasilense*, diferindo apenas do tratamento com coinoculação (Tabela 10). Os valores médios de 5,23 e 5,24 para os anos de 2016 e 2017 respectivamente, são considerados solos de média acidez (RAIJ *et al.*, 1997).

Os teores de K, Ca e Mg no solo também não foram influenciados pelas doses de N e nem pela interação entre a inoculação com BPCP e doses de N após o cultivo de trigo em 2016 e 2017 (Tabela 11).

Tabela 11. Atributos químicos de potássio, cálcio e magnésio no solo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	K (mmol _e /dm ³)		Ca (mmol _e /dm ³)		Mg (mmol _e /dm ³)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação						
Sem	3,82 a	3,77 a	27,70 a	27,80 a	22,00 a	22,20 a
A. brasilense	4,69 a	3,78 a	31,10 a	31,80 a	23,30 a	23,80 a
B. subtilis	3,95 a	3,88 a	29,70 a	30,00 a	21,50 a	21,80 a
A. brasilense + B. subtilis	3,70 a	3,71 a	31,30 a	31,30 a	23,10 a	23,20 a
D.M.S. (5%)	2,07	1,52	6,84	6,01	5,07	4,79
Doses de N (kg/ha)						
0	3,86	3,43	32,00	27,88	24,75	22,88
40	4,68	3,68	29,63	29,63	22,50	21,00
80	4,00	3,65	30,00	30,25	22,75	22,00
120	3,53	4,15	29,25	34,13	21,00	25,63
160	3,39	4,03	28,88	29,25	21,38	22,25
Inoculação X Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	3,92	3,79	29,95	30,23	22,48	22,75
CV(%)	8,38	31,88	18,17	15,80	17,92	16,74

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

Fonte: própria autora.

O teor de potássio verificado no solo após cada cultivo foi em média 3,92 mmol_e/dm³ em 2016 e 3,79 mmol_e/dm³ em 2017 (Tabela 11), esses valores são considerados altos pois estão entre 3,1 e 6,0 mmol_e/dm³ (RAIJ *et al.*, 1997). Pode se notar que a ação das bactérias no solo não apresentou interferência no teor desse nutriente.

Para os teores de Ca e Mg não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados e nem no que se refere ao ano de cultivo (Tabela 11). Esses valores são considerados altos de acordo com Raij *et al.* (1997), mesmo com teores mais elevados é importante perceber se a planta apresentará algum sintoma de

toxicidade, porém para Ca e Mg isso é raro. O cálcio é um nutriente que deve estar disponível para a planta em quantidade adequada, pois ele é um componente da parede celular e com isso auxilia na resistência ao estresse climático e à doenças; e o magnésio é um nutriente que constitui a molécula de clorofila além de realizar síntese de proteínas e contribuir com o desenvolvimento do sistema radicular (TAIZ *et al*, 2017).

Os teores de $S-SO_4^-$ e Mn, H+Al e V (%) do solo também não foram influenciados pelas doses de N e nem pela interação entre a inoculação com BPCP e doses de N após o cultivo de trigo em 2016 e 2017 (Tabela 12).

Os teores de enxofre (S) e manganês (Mn) do solo não apresentaram diferenças em relação aos tratamentos com BPCP (Tabela 12). A média geral para o teor de S nos dois anos é considerada média, entretanto para o teor de Mn são considerados altos (RAIJ *et al.*, 1997), no entanto a cultura não apresentou sintomas de toxicidade.

Tabela 12. Teores de $S-SO_4^-$ e Mn, H+Al e saturação por bases (V %) do solo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	S- SO_4^- (mg/dm ³)		Mn (mg/dm ³)		H+Al (mmol _c /dm ³)		V (%)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação								
Sem	5,70 a	5,20 a	96,63 a	95,71 a	32,20 a	31,90 ab	62,20 a	62,50 a
<i>A. brasilense</i>	6,00 a	6,10 a	91,97 a	91,54 a	31,70 a	31,50 b	64,40 a	64,80 a
<i>B. subtilis</i>	4,90 a	5,00 a	104,45 a	105,29 a	37,20 a	37,30 a	59,50 a	59,90 a
<i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	4,90 a	4,80 a	102,45 a	102,30 a	37,90 a	37,30 a	60,40 a	60,90 a
D.M.S. (5%)	2,59	2,18	15,93	16,62	6,87	5,79	8,66	6,38
Doses de N (kg/ha)								
0	4,88	5,75	96,33	100,41	34,75	34,50	63,63	60,88
40	5,25	5,13	104,15	100,78	34,25	36,13	61,88	60,13
80	6,13	5,50	105,53	101,69	34,50	35,13	62,13	61,25
120	5,75	5,00	98,19	96,44	33,88	31,75	61,00	66,63
160	4,88	5,00	102,67	94,24	36,38	35,00	59,50	61,25
Inoculação X Doses de N	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média Geral	5,38	5,28	102,38	98,71	34,75	34,50	61,63	62,03
CV(%)	25,12	21,80	15,23	13,38	15,71	13,35	11,17	8,18

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

Fonte: própria autora.

A acidez potencial é constituída pela somatória do H+Al do solo, extraídos com soluções de sais tamponadas ou misturas de sais neutros com solução tampão (PEECH, 1965). No primeiro ano de cultivo, todos os tratamentos apresentaram teores estaticamente semelhantes, enquanto no segundo ano a inoculação com *Azospirillum brasilense* proporcionou menor acidez potencial no solo, porém sem diferir do controle sem inoculação com BPCP (Tabela 12).

A saturação por bases (V) constatada no solo após os cultivos de trigo nos dois anos não diferiu entre os tratamentos com BPCP. A média geral de saturação por bases em 2016 foi 61,63% e em 2017 foi 62,13% (Tabela 12), esses valores são considerados médios (RAIJ *et al*, 1997), e um pouco inferiores ao V% do início do experimento em que a saturação de base correspondia a 68%, essa diminuição se explica pela exportação de bases trocáveis acumulados nos grãos colhidos.

Os teores Fe, Zn, Cu e B no solo também não foram influenciados pelas doses de N e nem pela interação entre a inoculação com BPCP e doses de N após o cultivo de trigo em 2016 e 2017 (Tabela 13).

Tabela 13. Teores de Fe, Zn, Cu e B no solo em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e de doses de N. Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Ano	Fe (mg/dm ³)		Zn (mg/dm ³)		Cu (mg/dm ³)		B (mg/dm ³)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Inoculação								
Sem	15,00 a	14,90 a	2,82 a	1,10 a	6,47 a	6,45 a	0,15 ab	0,15 a
A. <i>brasilense</i>	15,20 a	16,10 a	1,72 a	1,77 a	5,99 a	5,96 a	0,13 b	0,14 a
B. <i>subtilis</i>	16,40 a	15,80 a	2,83 a	1,45 a	6,44 a	6,32 a	0,15 ab	0,16 a
A. <i>brasilense</i> + B. <i>subtilis</i>	17,60 a	17,80 a	1,80 a	1,81 a	6,64 a	6,65 a	0,18 a	0,18 a
D.M.S. (5%)	4,87	5,25	4,64	0,88	0,90	0,88	0,05	0,05
Doses de N (kg/ha)								
0	15,50	14,00	1,65	1,36	6,49	6,41	0,14	0,17
40	16,00	16,38	3,19	1,33	6,35	6,31	0,15	0,18
80	16,63	17,63	1,75	1,96	6,38	6,59	0,15	0,15
120	15,63	16,00	1,28	1,63	6,01	6,05	0,16	0,14
160	16,50	16,75	3,60	1,39	6,70	6,36	0,15	0,14
Inoculação X Doses de N	ns	Ns	Ns	Ns	Ns	ns	ns	Ns
Média Geral	16,05	16,15	2,29	1,53	6,39	6,35	0,15	0,16
CV(%)	24,13	25,82	26,93	26,59	9,98	11,02	27,12	24,10

Nota: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns= não significativo para o teste aplicado.

Fonte: própria autora.

Para os teores de Fe, Zn e Cu no solo não houve diferença significativa entre os tratamentos com BPCP nos dois anos de cultivo de trigo (Tabela 13), para estes três micronutrientes catiônicos os teores são considerados altos (RAIJ *et al.*, 1997). Os solos tropicais possuem elevado teor de Fe devido à sua formação de origem e o intemperismo e o zinco é um nutriente que deve ter disponibilidade adequada, pois os teores nos solos tropicais normalmente são baixos e este é necessário na formação da auxina, contribuindo para o aumento do volume celular (TAIZ *et al.*, 2017).

Em 2016, o teor de B no solo foi maior quando foi realizado a coinoculação com *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense* diferindo da inoculação apenas com *A. brasilense*, no entanto, esses teores ainda são considerados baixos (RAIJ *et al.*, 1997). Esse nutriente é um nutriente importante visto que na quantidade adequada ajuda a evitar o chochamento dos grãos e consequente baixa qualidade e produtividade de grãos de trigo.

Os resultados obtidos para os atributos químicos do solo (Tabelas 10, 11, 12 e 13) após os cultivos de trigo, ajudam a entender as respostas dos tratamentos com BPCP e de doses de N na nutrição de plantas, componentes de produção e produtividade de grãos de trigo irrigado cultivado após soja em sistema plantio direto estabilizado.

De maneira geral, os resultados do presente estudo evidenciam o potencial do uso da prática de manejo com inoculação de BPCPS, que tem baixo custo, fácil aplicabilidade e pode trazer benefícios ao sistema solo-planta, no que refere a absorção de nutrientes e nutrição da planta, com reflexo na produtividade e na qualidade do grão, o que é importante no caso do trigo, que é alimento básico para grande parte da população mundial.

5 CONCLUSÕES

Os teores foliares de P, K, Ca, Fe e Zn foram maiores quando houve a coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis*.

Os grãos apresentaram acréscimo nos teores de N, P, S e Zn com a coinoculação de *A. brasilense* e *B. subtilis*, assim a utilização desses inoculantes podem influenciar também nos subprodutos do trigo como a farinha e dessa forma contribuir para que o consumo diário de proteína e nutrientes seja mais adequado para a saúde humana.

A inoculação com *A. brasilense* propiciou um valor de pH mais alto e reduziu a acidez potencial do solo.

A coinoculação de sementes de trigo com *A. brasilense* e *B. subtilis* aumentou o número de espigas por metro, a quantidade de grãos por espiga no primeiro ano de cultivo e, conseqüentemente, a produtividade de grãos de trigo irrigado no Cerrado nas duas safras avaliadas, independentemente da dose de N aplicada em cobertura.

O teor de S foliar aumentou nos dois anos em função do incremento de doses de N, enquanto, os teores de Ca foliar e de N e Zn nos grãos aumentaram em apenas um dos cultivos.

O incremento de doses de N isoladamente ou associado ao uso de BPCP, pouco influenciou nos atributos químicos do solo, componentes biométricos e de produção e produtividade de grãos de trigo.

A adubação nitrogenada de cobertura do trigo irrigado após cultivo da soja em sistema plantio direto consolidado pode ser reduzida, sendo recomendada a adoção da coinoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis* para um cultivo mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. A. C. D. **Potencial de *Bacillus* spp. no controle de estresses biótico e abiótico e na promoção de crescimento de tomateiro.** 2017. 89 f. Dissertação de mestrado (Agronomia – Proteção de plantas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio e Mesquita Filho” – UNESP, Botucatu, 2017.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AHMAD, M.; AHMAD, I.; HILGER, T. H.; NADEEM, S. M.; AKHTAR, M. F.; JAMIL, M.; HUSSAIN, A.; ZAHIR, Z. A. Preliminary study on phosphate solubilizing *Bacillus subtilis* strain Q3 and *Paenibacillus* sp. strain Q6 for improving cotton growth under alkaline conditions. **PeerJ**, [s. l.], v. 6, p. e5122, 2018.
- BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. (ed.). **Handbook of plant nutrition.** London: CRC, 2015.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.
- BAZZO, J. H. B.; DA COSTA SAPUCAY, M. J. L.; FRANZONI, I.; ZUCARELI, C. Adubação nitrogenada de cobertura via solo e foliar na produtividade e composição mineral de grãos de trigo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, [s. l.], v. 36, n. 70, p. 181-194, 2020.
- BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; ARF, O. Aplicação foliar e em cobertura de nitrogênio na cultura do trigo no cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 829-838, 2011.
- BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. Trigo: do plantio à colheita. **Embrapa Trigo-Livro técnico (INFOTECA-E)**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015.
- CASSAN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, Issy les Moulineaux Cedex, v. 45, n. 1, p. 28-35, 2009.
- CHAGAS, J.; FRONZA, V.; SOARES SOBRINHO, J.; SUSSEL, A.; ALBRECHT, J. **Tecnologia de produção de trigo sequeiro no Cerrado do Brasil Central.** Embrapa Trigo-Documents (INFOTECA-E). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1133483>. Acesso em: 15 abr. 2021.

CHEN, L.; LI, K.; SHANG, J.; WU, Y.; CHEN, T.; WANYAN, Y.; WANG, E.; TIAN, C.; CHEN, W.; CHE, W.; MI, G.; SUI, X. Plant growth-promoting bacteria improve maize growth through reshaping the rhizobacterial community in low-nitrogen and low-phosphorus soil. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, p. 1-14, 2021.

COELHO, M. A. D. O.; SOUZA, M. A. D.; RIBEIRO, A. C.; SEDIYAMA, C. S. Composição mineral e exportação de nutrientes pelos grãos do trigo irrigado e submetido a doses crescentes e parceladas de adubo nitrogenado. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 48, n.275 p. 81-94, 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO -CONAB. Brasília, DF, 2020. Disponível em: www.conab.gov.br/historico-mensal-de-trigo. Acesso em: 29 jan. de 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica das safras**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 1 maio 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Brasília, DF, v. 7, safra 20/21, n.7, sétimo levantamento, abr. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 23 abr. 2021.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; BOTELHO, F. M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, p. 665-670, 2006.

DE BONA, F. D.; DE MORI, C.; WIETHÖLTER, S. Manejo nutricional da cultura do trigo. **Embrapa Trigo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

DE SOUZA MOREIRA, F. M.; DA SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A.; DE CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 1, n. 2, p. 74-74, 2010.

DIAZ, P. A. E. **Bacillus spp. como promotores de crescimento na cultura do algodão**. 2018. 61 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

DOBBELAERE, S.; CROONRNBORGHS, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLERO-MELLADO, J.; AGUIRRE, J.F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Functional Plant Biology**, Clayton, v. 28, n. 9, p. 871-879, 2001.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGHS, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 36, n. 4, p. 284-297, 2002.

DÖBEREINER, Johanna. Influência da cana-de-açúcar na população de *Beijerinckia* do solo. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 19, p. 251-258, 1959.

DUXBURY, J.; LYONS, G.; BRUULSEMA, T. A saúde humana depende dos nutrientes do Solo. **Informações Agronômicas**, São Carlos, n. 150, p. 6-8, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Embrapa Soja. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/trigo1>>. Acesso em 13 de jul. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Adubação. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/publicacoes/sist-prod/trigo-sul02/trigo2-3.htm>>. Acesso em: 22 de jul 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2018. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 4. ed. Brasília, DF: Embrapa, 353 p.

ESPINDULA, M. C.; CAMPANHARO, M.; ROCHA, V. S.; MONNERAT, P. H.; FAVARATO, L. F. Composição mineral de grãos de trigo submetidos a doses de sulfato de amônio e trinexapac-etil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, DF, v. 40, n. 4, p. 513-520, 2010.

FALKER Automação Agrícola. **Manual of Electronic Chlorophyll Meter**; (ClorofiLOG/CFL 1030); Falker Automação Agrícola: Porto Alegre, Brazil, 2008. (In Portuguese)

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Perspectivas de cosechas y situación alimentaria. **Informe trimestral mundial**, [s. l.], n. 1, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/es/c/CA3696ES/>. Acesso em: 20 agosto de 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FRANK, A. B.; BAUER, A. Temperature, nitrogen, and carbon dioxide effects on spring wheat development and spikelet numbers. **Crop Science**, Hoboken, v. 36, n. 3, p. 659-665, 1996.

GALINDO, F. S. Desempenho agrônômico do milho e do trigo em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses e fontes de nitrogênio. 2015, 153 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2015.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Wheat yield in the Cerrado as affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 52, p. 794-805, 2017.

GALINDO, F. S.; BELLOTTE, J. L. M.; SANTINI, J. M. K.; BUZETTI, S.; ROSA, P. A. L.; JALAL, A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Zinc use efficiency of maize-wheat cropping after inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 120, n. 2, p. 205-221, 2021.

GARVIN, DAVID F.; WELCH, ROSS M.; FINLEY, JOHN W. Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentration of US hard red winter wheat germplasm. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 86, n. 13, p. 2213-2220, 2006.

GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; SOUZA, A. K. P.; BULEGON, L. G.; OFFEMANN, L. C.; INAGAKI, A. M. Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal: da FBN à regulação hormonal, possibilitando novas aplicações. **Ciências Agrárias: Ética do Cuidado, Legislação e Tecnologia Na Agropecuária**, Marechal Candido Rondon, p. 193-212, 2017.

GUTKOSKI, L. C.; KLEIN, B.; COLUSSI, R.; SANTETI, T. A. S. Effect of nitrogen fertilization on the technological characteristics of wheat. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 17, n. 1, p. 116-122, 2011.

HOTZ, C.; BROWN, K. H. (Ed.). Assessment of the risk of zinc deficiency in populations. **Food and Nutrition Bulletin**, Thousand Oaks, v. 25, n. 1, p. S130-S162, 2004. (Supplement, n. 2).

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 2011.

HUSSAIN, A.; ZAHIR, Z. A.; ASGHAR, H. N.; IMRAN, M.; AHMAD, M.; HUSSAIN, S. Integrating the potential of *Bacillus* sp. Az6 and organic waste for zinc oxide bio-activation to improve growth, yield and zinc content of maize grains. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, Faisalabad, v. 57, n. 1, 2020.

LEMONS, J. M.; GUIMARÃES, V. F.; VENDRUSCOLO, E. C.; SANTOS, M. F.; OFFEMANN, L. C. Resposta de cultivares de trigo à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, e à adubação nitrogenada em cobertura. **Científica**, Jaboticabal v. 41, n. 2, p. 189-198, 2013.

LEONCIO, M. da R. **Isolamento e caracterização de rizobactérias do alho (*Allium sativum*) e promoção de crescimento do milho (*Zea mays*)**. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/157128>. Acesso em: 20 mar. 2021.

MAJEED, A.; ABBASI, M. K.; HAMEED, S.; IMRAN, A.; RAHIM, N. Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria from wheat rhizosphere and their effect on plant growth promotion. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 6, p. 198, 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Brasil projeções do agronegócio 2018/19 a 2028/2029**. 10. ed. Brasília, DF, 2019.

Disponível em:

http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/Projecao_do_Agronegocio_2018_2019_a_2028_29.pdf. Acesso em: 03 de jul. 2021.

MUMBACH, G. L.; KOTOWSKI, I. E.; SCHNEIDER F. J. A.; MALLMANN, M. S.; BONFADA, E. B.; PORTELA, V. O.; BONFADA, E. B.; KAISER, D. R. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017.

NICHOLSON, W. L.; MUNAKATA, N.; HORNECK, G.; MELOSH, H. J.; SETLOW, P. Resistance of *Bacillus* endospores to extreme terrestrial and extraterrestrial environments. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, Washington, v. 64, n. 3, p. 548-572, 2000.

NOZAKI, M. de H.; LORENZATTO, R.; MANCINI, M. Efeito do *Azospirillum* spp. em associação com diferentes doses de adubação mineral na cultura do trigo. **Ensaios e Ciências Biológicas Agrárias e da Saúde**, [s. l.], v. 17, n. 6, 2013.

NUNES, P. H. M. P.; AQUINO, L. A.; SANTOS, L. P. D. D.; XAVIER, F. O.; DEZORDI, L. R.; ASSUNÇÃO, N. S. Produtividade do trigo irrigado submetido à aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, p. 174-182, 2015.

PARDO-DIAZ, S.; ROMERO-PERDOMO, F.; MENDOZA-LABRADOR, J.; DELGADILLO-DURAN, D.; CASTRO-RINCON, E.; SILVA, A. M.; ROJAS-TAPIAS, D. F.; CARDOSO, E.J.B.N.; ESTRADA-BONILLA, G. A. Endophytic PGPB Improves Plant Growth and Quality, and Modulates the Bacterial Community of an Intercropping System. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, Lausanne, v. 5, 2021.

PEECH, M. Exchange acidity. In: BLACK, C. A. ed. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 905-913.

PEREIRA, L. C., PIANA, S. C., BRACCINI, A. L., GARCIA, M. M., FERRI, G. C., FELBER, P. H., MARTELLI, D. C. V.; BIANCHESSI, P. A.; DAMETTO, I. B. Rendimento do trigo (*Triticum aestivum*) em resposta a diferentes modos de inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 105-113, 2017.

PEREIRA, N. C. M.; GALINDO, F. S.; GAZOLA, R. P. D.; DUPAS, E.; ROSA, P. A. L.; MORTINHO, E. S. Corn yield and phosphorus use efficiency response to phosphorus rates associated with plant growth promoting bacteria. **Frontiers in Environmental Science**, [s. l.], v. 8, p. 40, 2020.

PICCININ, G. G.; BRACCINI, A. L.; DE MORAIS DAN, L. G.; BAZO, G. L.; HOSSA, K. R.; PONCE, R. M. Rendimento e desempenho agrônomo da cultura do trigo em manejo com *Azospirillum brasilense*. **Agrarian**, [s. l.], v. 6, n. 22, p. 393-401, 2013.

PINNOW, C.; BENIN, G.; VIOLA, R.; SILVA, C. L. D.; GUTKOSKI, L. C.; CASSOL, L. C. Qualidade industrial do trigo em resposta à adubação verde e doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 72, p. 20-28, 2013.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. Á. D.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, p. 34-41, 2013.

RADONS, A. F. S. **Avaliação da aplicação de *Bacillus subtilis* na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.)**. 2017. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/4178>. Acesso em: 05 dez. 2020.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.

RAIJ B. VAN, ANDRADE J. C., CANTARELLA H. AND QUAGGIO J. A. 2001. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 285 p.

RAIMUNDO, K. F.; SILVA, T. A. R.; SILVA, A.M.; SAKAI, O. A. Efficiency of ethanol and hexane extraction of sunflower oil from seeds of plants inoculated with *Azospirillum Brasilense* and fertilized with sewage sludge **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**. Paranaguá, v. 5, n.7, p. 291-01, .2020

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology advances**, New York, v. 17, n. 4-5, p. 319-339, 1999.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Brasília, DF: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

ROSA, P. A. L.; GALINDO, F. S.; OLIVEIRA, C. E. D. S.; JALAL, A.; MORTINHO, E. S.; FERNANDES, G. C.; MAREGA, E.M. R.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Inoculation with Plant Growth-Promoting Bacteria to Reduce Phosphate Fertilization Requirement and Enhance Technological Quality and Yield of Sugarcane. **Microorganisms**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 192, 2022.

RUDNICK, P.; MELETZUS, D.; GREEN, A.; HE, L.; KENNEDY, C. Regulation of nitrogen fixation by ammonium in diazotrophic species of proteobacteria. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 29, n. 5-6, p. 831-841, 1997.

SAMPAIO, F. A. R.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DA SILVA OLIVEIRA, C. E.; JALAL, A.; BOLETA, E. H. M.; DE LIMA, B. H.; ROSA, P. A.L.; GALINDO, F. S.; DE SOUZA, J. S. Nitrogen supply associated with rhizobacteria in the first productive cycle of Marandu grass. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, [s. l.], p. 1-11, 2021.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

SANTOYO, G.; OROZCO-MOSQUEDA, M. D. C.; GOVINDAPPA, M. Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *Pseudomonas*: a review. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 22, n. 8, p. 855-872, 2012.

SAUBIDET, M. I.; FATTA, N.; BARNEIX, At. J. The effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on growth and nitrogen utilization by wheat plants. **Plant and Soil**, The Hague, v. 245, n. 2, p. 215-222, 2002.

SGOBI, M. A. **Acúmulo de matéria seca, extração e exportação de nutrientes de cultivares de trigo inoculados com *Azospirillum brasilense***. 2016, 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

SIVASAKTHI, S.; USHARANI, G.; SARANRAJ, P. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR)-*Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 9, n. 16, p. 1265-1277, 2014.

TAHIR, H.A.S.; WU, H.; RAZA, W.; HANIF, A.; WU, L. COLMAN, M.V.; GAO, X. Plant growth promotion by volatile organic compounds produced *Bacillus subtilis* SYST2. **Frontiers in Microbiology**, London, v. 8, p. 171, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TARRANT, J. J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 24, n. 8, p. 967-980, 1978.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S. ; TARSITANO, M. A. A. ; BERTOLIN, D. C. ; COLOMBO, A. de S. ; NASCIMENTO, V. Análise econômica da adubação nitrogenada em trigo irrigado sob plantio direto no cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, p. 446-453, 2010.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S. Inoculação de bactérias com foco na fixação biológica de nitrogênio e promoção de crescimento vegetal. In: SEVERIANO, E.C.; MORAES, M. F.; PAULA, A. M. (org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2019. v. 10, p. 577-648.

TEJO, D. P.; DOS SANTOS FERNANDES, C. H. Estudo sobre os impactos da adoção de métodos de adubação nitrogenada no desenvolvimento do trigo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, [s. l.], v. 37, n. 73, p. 26-45, 2021.

- XU, Q.; PAN, W.; ZHANG, R.; LU, Q.; XUE, W.; WU, C.; SONG, B.; DU, S. Inoculation with *Bacillus subtilis* and *Azospirillum brasilense* Produces Absciscic Acid That Reduces Irt1-Mediated Cadmium Uptake of Roots. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 66, n. 20, p. 5229-5236, 2018.
- YASMIN, S.; ZAKA, A.; IMRAN, A.; ZAHID, M.A.; YOUSAF, S.; RASUL, G.; ARIF, M.; MIRZA, M.S. Plant growth promotion and suppression of bacterial leaf blight in rice by inoculated bacteria. **PloS One**, New York, v. 11, p. 7, 2016.
- YANCHEVSKAYA, T. G., GRITS, A. N., KOLOMIETS, E. I., ROMANOVSKAYA, T. V., YARULLINA, L. G., IBRAGIMOV, R. I., TSVETKOV, V. O. Stimulation of Cellular Mechanisms of Potato Antivirus Resistance by the Action of a Preparation Based on *Bacillus subtilis* Bacteria. **Applied Biochemistry and Microbiology**, New York, v. 54, n. 3, p. 324-330, 2018.
- ZHANG, J. H.; HUSSAIN, S.; ZHAO, F.T.; ZHU, L. F.; CAO, X. C.; YU, S.M.; JIN, Q. Y. Effects of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* on nitrogen transformation and enzyme activity in the rice rhizosphere. **Journal of Soils and Sediments**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 1453-1465, 2018.