

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

Mateus Solanha

**Coinoculação do trigo com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii* associada à redução da adubação nitrogenada**

Curitibanos

2023

Mateus Solanha

**Coinoculação do trigo com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhatai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii* associada à redução da adubação nitrogenada**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia. Orientador: Prof. Sonia Purin da Cruz Ph.D.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Sonia Purin da Cruz, Ph.D.

Curitibanos

2023

Solanha, Mateus

Coinoculação do trigo com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii* associada à redução da adubação nitrogenada / Mateus Solanha ; orientadora, Sonia Purin Da Cruz, 2023.

50 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2023.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Bactérias promotoras de crescimento. 3. Fertilizantes. 4. Microrganismos. I. Da Cruz, Sonia Purin. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia  
Rodovia Ulysses Gaboardi km3  
CP: 101 CEP: 89520-900 - Curitibaanos - SC  
TELEFONE (048) 3721-2176 E-mail: [agronomia.cba@contato.ufsc.br](mailto:agronomia.cba@contato.ufsc.br)

Mateus Solanha

**Coinoculação do trigo com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*,  
*Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii* associada à redução da  
adubação nitrogenada.**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção  
do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo  
Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibaanos, 22 de maio de 2023.



Documento assinado digitalmente  
D.JALMA EUGENIO SCHMITT  
Data: 16/06/2023 20:20:55-0300  
CPF: \*\*\*.180.539-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler  
Coordenador do curso

**Banca examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
Sonia Purin  
Data: 16/06/2023 16:08:23-0300  
CPF: \*\*\*.293.969-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.<sup>a</sup> Sonia Purin da Cruz, *Ph.D.*  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
D.JALMA EUGENIO SCHMITT  
Data: 13/06/2023 15:15:23-0300  
CPF: \*\*\*.180.539-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Dr. Djalma Eugênio Schmitt  
Membro da banca examinadora



Documento assinado digitalmente  
Douglas Adams Weiler  
Data: 13/06/2023 20:31:19-0300  
CPF: \*\*\*.111.820-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Dr. Douglas Adams Weiler  
Membro da banca examinadora

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de aprendizado nessa etapa da vida

A família por estarem sempre juntos nessa caminhada.

A professora Sonia pela oportunidade, paciência e por compartilhar seus conhecimentos sempre de forma prestativa.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período em que me dediquei a este trabalho e luta e aprendizado.

A todos os professores e funcionários da UFSC – Curitibanos, tanto pela disponibilidade em diversos momentos, quanto pela cordialidade.

E a todos que de alguma forma participaram direta ou indiretamente nesse período de estudo.

Obrigado!!!

## RESUMO

No Brasil, o trigo é cultivado principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, mas ainda é necessário importar grandes quantidades para suprir a demanda nacional. O custo de produção do trigo tem aumentado significativamente, principalmente devido ao aumento dos custos com fertilizantes, que representam 25% a 30% do investimento. A inoculação do trigo com bactérias promotoras de crescimento de plantas, como do gênero *Azospirillum*, pode ajudar a reduzir a necessidade de insumos químicos e aumentar a produtividade da cultura. No entanto, a utilização de microrganismos específicos, como *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhatai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii*, ainda é pouco explorada na cultura do trigo. O experimento foi implantado sob delineamento de blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 parcelas. Os tratamentos estudados foram: T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhatai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. As plantas apresentaram diferenças estatísticas nas variáveis altura de planta, número de perfilhos. Os tratamentos T3 e T1 obtiveram médias superiores a os demais, assim a inoculação com *Azospirillum brasilense* obteve média semelhante a o tratamento com 100 %. A inoculação em pós emergência na cultura do trigo com *Azospirillum brasilense*, pode melhorar a altura e o número de perfilho. Apesar da ausência de diferença estatística significativa em relação às demais variáveis, a utilização desses microrganismos na agricultura apresenta um potencial promissor, que justifica a necessidade de futuros estudos.

**Palavras-chave:** Bactérias promotoras de crescimento, Microrganismos, Fertilizantes.

## ABSTRACT

In Brazil, wheat is mainly grown in the states of Rio Grande do Sul and Paraná, but large quantities still need to be imported to meet national demand. The cost of wheat production has significantly increased, mainly due to rising fertilizer costs, which account for 25% to 30% of the investment. Inoculating wheat with plant growth-promoting bacteria, such as the genus *Azospirillum*, can help reduce the need for chemical inputs and increase crop productivity. However, the use of specific microorganisms, such as *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans*, and *Bacillus haynesii*, is still poorly explored in wheat cultivation. The studied treatments were: T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. The plants showed statistical differences in plant height and tiller number variables. Treatments T3 and T1 had higher means than the others, indicating that inoculation with *Azospirillum brasilense* achieved a similar average to the 100% treatment. Post-emergence inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* can improve plant height and tiller number. Despite the absence of statistically significant differences in other variables, the use of these microorganisms in agriculture shows promising potential, justifying the need for future studies.

**Keywords:** Plant growth-promoting bacteria, Microorganisms, Fertilizers.

## LISTA DE FIGURAS

|            |   |    |
|------------|---|----|
| FIGURA 1   | ÁREA DO EXPERIMENTO LOCALIZADA NO INTERIOR DO MUNICÍPIO DE MONTE CARLO -SC NA LOCALIDADE DO TAQUARUÇU ..... | 19 |
| FIGURA 2-  | CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL .....   | 20 |
| FIGURA 3-  | REALIZAÇÃO DA INOCULAÇÃO NAS PLANTAS .....  | 21 |
| FIGURA 4 - | COLETA DE DADOS EM FASE REPRODUTIVA .....   | 22 |
| FIGURA 5-  | REALIZAÇÃO DO CORTE DO TRIGO.....   | 23 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1 -VALORES MÉDIOS DA VARIÁVEL ALTURA DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE TRIGO, EM EXPERIMENTO CONDUZIDO EM MONTE CARLO - SC, NA SAFRA 2022. .... | 24 |
| TABELA 2 - VALORES MÉDIOS DA VARIÁVEL NÚMERO DE PERFILHOS POR PLANTA, EM EXPERIMENTO CONDUZIDO EM MONTE CARLO - SC, NA SAFRA 2022. ....           | 25 |
| TABELA 3- VALORES MÉDIOS DA VARIÁVEL ALTURA DE PLANTAS EM MATURAÇÃO PLENA, EM EXPERIMENTO CONDUZIDO EM MONTE CARLO - SC, NA SAFRA 2022. ....      | 26 |
| TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DA VARIÁVEL NÚMERO DE PERFILHOS EM PLENA MATURAÇÃO, EM EXPERIMENTO CONDUZIDO EM MONTE CARLO - SC, NA SAFRA 2022 ....    | 26 |
| TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DA VARIÁVEL PRODUTIVIDADE, EM EXPERIMENTO CONDUZIDO EM MONTE CARLO - SC, NA SAFRA 2022. ....                            | 27 |
| TABELA 6 - VALORES MÉDIOS DE G DE N / KG DE GRÃOS, EM EXPERIMENTO CONDUZIDO EM MONTE CARLO - SC, NA SAFRA 2022.....                               | 28 |
| TABELA 7 - VALORES MÉDIOS DA % DE N NOS GRÃOS DE GRÃOS, EM EXPERIMENTO CONDUZIDO EM MONTE CARLO - SC, NA SAFRA 2022. ....                         | 28 |
| TABELA 8 - VALORES MÉDIOS DA PORCENTAGEM DE PROTEÍNA NOS GRÃOS, EM EXPERIMENTO CONDUZIDO EM MONTE CARLO - SC, NA SAFRA 2022. ....                 | 29 |
| TABELA 9 - VALORES MÉDIOS DA G DE N ACUMULADO NOS GRÃOS POR HECTARE, EM EXPERIMENTO CONDUZIDO EM MONTE CARLO - SC, NA SAFRA 2022. ....            | 30 |
| TABELA 10 - VALORES MÉDIOS DO PESO DE 1000 GRÃOS, EM EXPERIMENTO CONDUZIDO EM MONTE CARLO - SC, NA SAFRA 2022.....                                | 30 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | 11 |
| 1.1 OBJETIVO GERAL.....   | 12 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....   | 12 |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....  | 13 |
| 2.1 CULTURA DO TRIGO .....  | 13 |
| 2.2 CUSTOS DE PRODUÇÃO DO TRIGO.....  | 14 |
| 2.3 INOCULAÇÃO DO TRIGO COM <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> .....                | 14 |
| 2.4 INOCULAÇÃO DO TRIGO COM <i>PSEUDOMONAS FLUORESCENS</i> .....                | 15 |
| 2.5 MECANISMOS DE PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO POR ESPÉCIES DE <i>BACILLUS</i> ..... | 16 |
| <b>2.5.1 <i>Bacillus aryabhatai</i></b> .....                                   | 17 |
| <b>2.5.2 <i>Bacillus circulans</i></b> .....                                    | 18 |
| <b>2.5.3 <i>Bacillus haynesii</i></b> .....                                     | 18 |
| 2.6 COINOCULAÇÃO .....  | 18 |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....   | 19 |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO .....  | 19 |
| 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....                               | 19 |
| 3.3 AVALIAÇÕES .....  | 21 |
| 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....   | 23 |
| <b>4 RESULTADOS</b> .....   | 24 |
| 4.1 ALTURA DE PLANTA .....  | 24 |
| 4.2 NÚMERO DE PERFILHOS .....   | 24 |
| 4.3 ALTURA DE PLANTAS EM MATURAÇÃO PLENA .....                                  | 25 |
| 4.4 NÚMERO DE PERFILHOS EM MATURAÇÃO PLENA.....                                 | 26 |
| 4.5 PRODUTIVIDADE.....  | 27 |
| 4.6 GRAMAS DE NITROGÊNIO POR QUILOGRAMAS DE GRÃOS .....                         | 27 |
| 4.7 PORCENTAGEM DE NITROGÊNIO NOS GRÃOS .....                                   | 28 |
| 4.8 PORCENTAGEM DE PROTEÍNA NOS GRÃOS.....                                      | 29 |
| 4.9 QUILOGRAMAS DE N ACUMULADO NOS GRÃOS POR HECTARE.....                       | 29 |
| 4.10 PESO DE 1000 GRÃOS.....  | 30 |
| <b>5 DISCUSSÃO</b> .....  | 31 |
| <b>6 CONCLUSÃO</b> .....  | 34 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 35 |
| <b>ANEXOS</b> .....   | 39 |

## 1 INTRODUÇÃO

Estima-se que a cultura do trigo (*Triticum* spp.) chegou ao Brasil por volta de 1.534 em caravanas portuguesas, e hoje o Paraná é o estado que lidera a produção de trigo no Brasil. Em 2022, o Brasil teve uma área cultivada de 3,05 milhões de hectares de trigo e uma produção de 9,55 milhões de toneladas de trigo na safra 2022/23 com a produtividade média de 3.124 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2023). No Brasil, a exploração desta cultura é na panificação e outros alimentos na humana, principalmente, mas também com destino para pastagens, com duplo propósito. Com muitos insumos sendo reajustados pelo equivalente a variação da cotação do dólar, analisar custos é fundamental na hora de decidir o quanto, onde e quando plantar. Nesse sentido, analisar a relação de troca pode auxiliar o produtor na tomada de decisão. Trata-se de um indicador que mensura a capacidade de compra de um insumo com a receita apurada na venda do produto, ou seja, a quantidade de produto agrícola necessária para a aquisição de um determinado insumo (ALVES, 2022).

Sendo assim, a utilização de bactérias associadas a plantas que promovem o seu crescimento tem um grande potencial, pois são capazes de suprir parcial ou totalmente as necessidades nutricionais vegetais, reduzindo assim o uso de fertilizantes nitrogenados e, conseqüentemente, diminuindo os custos de produção. Como forma de fornecimento de N, é possível inocular bactérias fixadoras do gênero *Azospirillum* (HUNGRIA, 2011). No trigo, a bactéria com maior potencial é *Azospirillum brasilense*, que pode gerar diversos e diferentes estímulos para o crescimento das plantas. Essa tecnologia já é disponível comercialmente no Brasil, recomendada pelo Ministério da Agricultura, como um padrão de cultivo que permite reduzir a adubação de cobertura em 25% (HUNGRIA, 2011). No entanto, outras espécies de bactérias e outros métodos de inoculação podem ser uma alternativa para reduzir gastos na adubação.

Uma alternativa potencial é o método de coinoculação, que consiste em adicionar mais de um microrganismo reconhecidamente benéfico às plantas, visando maximizar a contribuição dos mesmos. Porém, para a cultura tritícola há poucos estudos relacionados a coinoculação no Brasil. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a coinoculação da cultura do trigo com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhatai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii* associados à redução da adubação nitrogenada.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a resposta da cultura do trigo submetida a inoculação e coinoculação com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii*.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os efeitos da coinoculação em relação à altura de plantas e número de perfilhos do trigo.
- Determinar as concentrações de nitrogênio e proteína do grão de trigo.
- Quantificar o rendimento de grãos para expressar a produtividade da cultura do trigo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum*) pertence à família Poaceae e tem grande importância econômica e alimentícia para praticamente toda a população mundial. Através da farinha é possível produzir massas, pães e biscoitos, entre outros. O início do cultivo do trigo foi na Mesopotâmia, numa região chamada pelos historiadores de Crescente Fértil - área que hoje vai do Egito ao Iraque. O trigo chegou no Brasil em 1534, trazido por Martim Afonso de Souza, que desembarcou na capitania de São Vicente. O clima quente dificultou a expansão da cultura. Cartas dos colonizadores registram a falta do trigo e reclamam dos pães preparados com farinha de mandioca. Foi só na segunda metade do Século XVIII que a cultura do trigo começou a se desenvolver no Rio Grande do Sul. A partir da década de 40, as plantações de trigo começaram a expandir no Rio Grande do Sul e no Paraná, que se transformou no principal estado produtor no Brasil (ABITRIGO, 2022).

Em 2022, com uma área cultivada de 3,056 milhões de hectares de trigo e produção de 8,5 milhões de toneladas, o Brasil foi apenas o décimo quinto produtor mundial, depois de China, União Europeia, Índia, Rússia, EUA, Canadá e Austrália, entre outros, que no conjunto entregam uma produção global de 765 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Os 5 maiores produtores são, respectivamente, China (135 milhões de toneladas), União Europeia (134,1 milhões de toneladas), Índia (106 milhões de toneladas), Rússia (81,5 milhões de toneladas), EUA (48,4 milhões de toneladas). Os 10 maiores produtores mundiais, que correspondem a um volume de 643,6 milhões de toneladas, possuem uma participação de 82,6% da produção mundial para a safra 2021/22 (CONAB, 2022).

Brasil teve uma área cultivada de 3,05 milhões de hectares de trigo e uma produção de 9,55 milhões de toneladas de trigo na safra 2022/23 com a produtividade média de 3.124 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2023).

No Brasil a área plantada é de 3,05 milhões de hectares de trigo. Os estados com maior produção de trigo é o Rio Grande do Sul e o Paraná onde juntos expressam 87% da produção nacional. Entretanto, para suprir a demanda nacional de consumo, foi necessária a importação de 7 milhões de toneladas em 2020 (CONAB, 2022).

## 2.2 CUSTOS DE PRODUÇÃO DO TRIGO

Sabe-se que o custo da produção de trigo aumentou significativamente nos últimos anos. Dessa forma, novas tecnologias devem ser introduzidas, visando reduzir o custo de produção sem comprometer o potencial produtivo da cultura. Entre os insumos, os fertilizantes tiveram o maior impacto com aumento de custos, os preços variáveis aumentando em 27,25%, correspondendo por 25% a 30% do investimento. Como a maioria das culturas, os nutrientes de que o trigo mais precisa são N, P e K. O N é o nutriente que mais limita a produtividade e afeta a qualidade final do grão (HUNGRIA, 2011). Segundo os dados do Relatório de Insumos Agropecuários da CONAB a tonelada de ureia em dezembro de 2020 estava custando R\$ 1.940,00, já em dezembro de 2022 passou para R\$ 2.526,00 (EMBRAPA, 2023).

O fertilizante nitrogenado é aplicado em maior quantidade nas culturas, e a fertilização com fertilizantes sintéticos industriais é o método de aplicação de nitrogênio mais prático e comum para as culturas. Mesmo com a disponibilidade de alta solubilidade e rápida absorção, o N ainda é um nutriente com grande potencial de ser perdido no meio ambiente.

## 2.3 INOCULAÇÃO DO TRIGO COM *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

O uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs), como as do gênero *Azospirillum*, pode reduzir a necessidade de aplicação de insumos químicos, diminuir estresses bióticos e abióticos, e aumentar a produtividade da cultura. Inoculantes contendo *Azospirillum*, além de proporcionar a fixação de nitrogênio atmosférico, produzem fito-hormônios que melhoram o crescimento radicular e, conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes, aumentando a resistência à seca e deixando as plantas mais vigorosas e produtivas (HUNGRIA, 2011).

Estudos realizados pela EMBRAPA com a cultura do trigo indicam que a inoculação com *Azospirillum* resulta em incremento significativo médio no rendimento de grãos da ordem de 14%. Entretanto, Hungria (2011) destaca que o incremento de produtividade decorrente da inoculação em trigo pode estar relacionado a estirpe da bactéria utilizada, sendo que as estirpes Ab-V1, Ab-V5, Ab-V6 e Ab-V8 foram as mais efetivas, resultando em um incremento na produtividade de 312 a 423 kg ha<sup>-1</sup>, ou de 13% a 18% em comparação com o controle não inoculado.

Piccinin *et al.* (2013) demonstraram que pode ser benéfica a inoculação com fornecimento da metade da dose de nitrogênio em cobertura recomendada, devido a inabilidade

do microrganismo fornecer 100% da real necessidade da planta por nitrogênio, como é visto na soja inoculada com *Bradyrhizobium*. Entretanto, também observaram que a inoculação de sementes de trigo com *A. brasilense* associada à adubação nitrogenada incrementou a produção da massa de grãos, sendo que não ocorreu efeito da inoculação nos tratamentos sem fornecimento de nitrogênio (PACENTCHUK; NOVAKOWISKI; SANDINI 2011).

Para a cultura do trigo, o único microrganismo que possui registro e recomendação comercial pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) até o presente momento é *Azospirillum brasilense*. A maioria dos inoculantes encontrados no mercado são líquidos e devem ter uma população mínima de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) sendo a concentração mínima de  $1,0 \times 10^9$  por grama ou mililitro.

A aplicação de *A. brasilense* incrementa o peso de mil grãos, independentemente do modo de aplicação e da dose do inoculante, o que foi observado por Didonet *et al.* (2000). Estes resultados sugerem que na presença de N no solo, *A. brasilense* propiciou à cultura alocar fotoassimilados em benefício do enchimento de grãos (PEREIRA *et al.*, 2016). Assim, o manejo de inoculação do trigo com *Azospirillum brasilense* pode incrementar o rendimento da produtividade da cultura do trigo.

#### 2.4 INOCULAÇÃO DO TRIGO COM *PSEUDOMONAS FLUORESCENS*

A inoculação do trigo com *Pseudomonas fluorescens* é uma técnica utilizada para aumentar a resistência da planta a doenças e melhorar o seu crescimento. *P. fluorescens* é uma bactéria do solo que é conhecida por produzir compostos antifúngicos e estimulantes do crescimento das plantas (SAUBIDET *et al.*, 2002). Apesar da perspectiva de utilização de rizobactérias com o propósito de bioproteção e crescimento vegetal, ainda é imprescindível o fornecimento de nutrientes para a cultura uma vez que a inoculação das bactérias não substitui a adubação, porém pode promover melhor absorção e utilização dos nutrientes disponíveis (SAUBIDET *et al.*, 2002). Segundo Oliveira *et al.* (2012), *Pseudomonas fluorescens* também é capaz auxiliar na solubilização de P retido nas argilas do solo e melhorar a nutrição fosfatada de algumas plantas.

Pereira (2018) realizou um experimento a campo com coinoculação do trigo com *Pseudomonas* e *Azospirillum* e observou que a inoculação aumentou o número de perfilhos em 12% em relação a testemunha. Em experimento *in vitro* e em condições de campo com a cultura

do trigo. Castro *et al.* (2007) observaram que cepas de *Pseudomonas fluorescens* foram eficientes promovendo aumento na produção de matéria seca em 10%.

Santos *et al.* (2019) observaram que a coinoculação favoreceu em 15% o peso de 1000 grãos de trigo, que teve valores superiores a testemunha em todos os tratamentos e desta forma tanto a inoculação quanto a coinoculação foram benéficas à produção de trigo. Para a cultura do trigo há poucos estudos relacionados à utilização de *P. fluorescens* na cultura, desta forma, é importante a realização de mais estudos.

## 2.5 MECANISMOS DE PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO POR ESPÉCIES DE *BACILLUS*

As bactérias do gênero *Bacillus* podem ser encontradas em diversos nichos ambientais, incluindo a rizosfera das plantas, onde colonizam as raízes e formam biofilmes. Esses biofilmes são compostos por células microbianas envoltas por uma matriz exopolissacarídica, formando verdadeiros micro-ecossistemas. A estrutura do biofilme e as características e quantidades do exopolissacarídica produzidas pelas bactérias são influenciadas pela natureza e concentração dos nutrientes disponíveis (BARRETO, 2009). O gênero *Bacillus* tem a capacidade de colonizar as raízes das plantas, formando um biofilme ao redor da raiz, podendo produzir metabólitos que estimulam os fitormônios vegetais e a solubilização e mobilização de nutrientes no solo, induzindo o crescimento das raízes e promovendo o melhor desenvolvimento de plantas (KILIAN *et al.*, 2000).

Pesquisas com *Bacillus* constataram a liberação de ácidos orgânicos para disponibilização de fósforo no solo, além de melhoria na absorção de P (LATEF *et al.*, 2020). Um dos principais mecanismos bioquímicos envolvidos na solubilização de P é produção de ácidos orgânicos como acetato, láctico, oxálico, tartárico, succínico e principalmente o ácido glucônico que atuam dissolvendo diretamente o material fosfático e/ou quelando cátions que acompanham o ânion fósforo (CHEN *et al.*, 2006).

As espécies *Bacillus* podem também produzir enzimas, como celulasas, amilases e proteases, que ajudam na decomposição da matéria orgânica no solo e melhoram a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Além disso, podem produzir enzimas hidrofílicas extracelulares que degradam polissacarídeos; antibióticos lipopeptídicos, da família surfactina, bacitracina e polimixina, e são consideradas agentes de controle biológico por promover o desenvolvimento de plantas e prevenir doenças no solo (RAGAZZOSÁNCHEZ *et al.*, 2011).

Alguns estudos indicam que os *Bacillus* promovem a regulação e produção de hormônios e reguladores vegetais. Assim, reduzem os efeitos dos estresses abióticos nas plantas, os mecanismos que promovem o crescimento vegetal e a regulação de fitohormônios, causam uma melhoria na absorção tanto de macronutrientes quanto de micronutrientes, e a promoção de efeitos antagônicos sobre os patógenos (RAMÍREZ *et al.*, 2019). Alguns estudos indicam que os *Bacillus* são capazes de produzir fitormônios como auxinas, citocininas e giberelinas. Auxinas são produzidas a partir do metabolismo das bactérias e exercem influência no crescimento, divisão, expansão e diferenciação de células e tecidos vegetais, além de promover o crescimento da raiz (LAVENUS *et al.*, 2013). Por outro lado, as citocininas, derivadas de purinas, são responsáveis por promover e participar da divisão celular e crescimento primário da raiz (GLICK, 2014). Por fim, as giberelinas são um amplo grupo de hormônios sintetizados por bactérias, que estimulam o sistema radicular, favorecendo a absorção de nutrientes e facilitando o crescimento da parte aérea (WONG *et al.*, 2015).

#### 2.5.1 *Bacillus aryabhatai*

Segundo Ramesh *et al* (2014), a inoculação com *Bacillus aryabhatai* aumentou a biomassa da planta em 40,8 %, respectivamente na cultura do trigo. Os resultados também indicam que a inoculação aumentou o zinco solúvel no meio, o que pode ser atribuído à produção de ácidos orgânicos pelas cepas de *B. aryabhatai*.

Em experimento *in vitro*, Mehmood *et al.* (2012) utilizou NaCl para estudar estresse hídrico e percebeu que a salinidade diminuiu o crescimento do trigo. A inoculação com *Bacillus aryabhatai* aumentou a porcentagem de germinação (48%), comprimento da raiz (76%), comprimento da parte aérea (75%), biomassa fresca (79%) e biomassa seca (87%) em relação ao controle sem inoculação sob nível de NaCl 2M. Os resultados dos experimentos demonstraram a capacidade de *Bacillus aryabhatai* em aumentar a tolerância ao estresse abiótico quando inoculada em plantas de trigo sob ambiente salino. Shama *et al* (2014) observaram um aumento significativo no peso da matéria seca da parte aérea do trigo o aumento foi de 47,0 %, em relação ao controle não inoculado. No entanto, na cultura do trigo, não houve diferença significativa no peso das sementes com a inoculação.

### 2.5.2 *Bacillus circulans*

Segundo Latef *et al.* (2020) em estudos realizados a campo com plantas de milho, os autores identificaram um aumento significativo no conteúdo de cobre nas raízes em comparação com as plantas controle. A inoculação com *Bacillus circulans* auxiliou na absorção de Cu nas raízes em comparação com as plantas não inoculadas, onde o cobre é um elemento essencial para as plantas.

Foi observado por Mehta *et al.* (2014) um aumento significativo na germinação de sementes (22,32%), comprimento do caule (15,91%), comprimento da raiz (25,10%), peso seco do caule (52,92%) e peso seco da raiz (31,4%), da biomassa de caule (22,22%) em relação ao controle na cultura do tomate. Elbagory (2023), observou a campo que a coinoculação com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas koreensis* e *Bacillus circulans* favoreceu o aumento da estatura da planta e rendimento de grãos em 16,95% e 17,66% respectivamente em relação a testemunha, desta forma a coinoculação foram benéficas a produção de trigo.

### 2.5.3 *Bacillus haynesii*

Para a cultura do trigo há poucos estudos relacionados à *Bacillus haynesii*. No ano de 2019, ensaios confirmaram a capacidade de uma espécie *Bacillus* geneticamente similar a *Bacillus haynesii* de regular o crescimento do trigo, mostrando um incremento significativo na altura da parte aérea (26%), comprimento da raiz (40%), peso seco da parte aérea (48%) e diâmetro do caule (55%) (VALENZUELA *et al.*, 2019). No entanto, não foram encontrados estudos de inoculação com *Bacillus haynesii* na cultura do trigo, tornando a pesquisa nesse sentido um fator importante, para avaliar os possíveis efeitos da inoculação deste microrganismo na cultura

## 2.6 COINOCULAÇÃO

A coinoculação é uma técnica consolidada que visa potencializar os benefícios de microrganismos para as culturas agrícola. Ela consiste em utilizar mais de um microrganismo, como *A. brasilense* para fixação biológica de hospedeiro e síntese de fito-hormônios, e *P. fluorescens* para solubilização de fosfatos, o que favorece o crescimento das raízes e disponibilidade do nutriente. Essa combinação é ideal para maximizar a absorção de nutrientes pela planta, considerando especialmente a baixa mobilidade de P no solo. Além de reduzir a quantidade de adubos químicos necessários, a coinoculação pode ajudar a reduzir os custos da lavoura (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2014; SANDINI *et al.*, 2019).

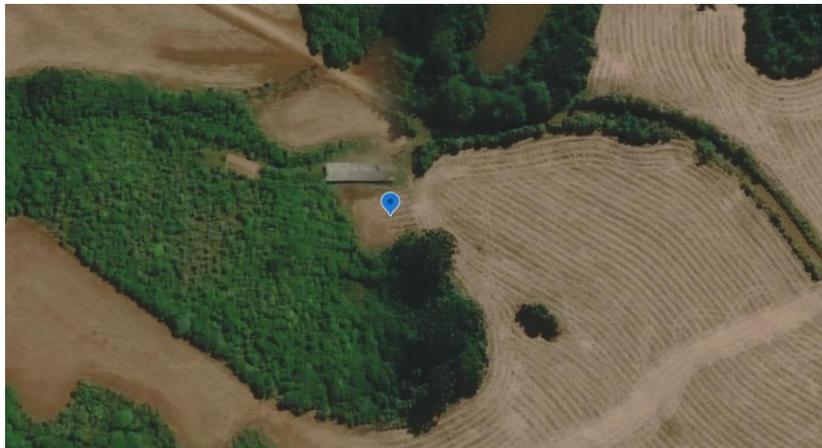
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido entre os dias 10/07/2022 e 06/12/2022 na localidade do Taquaruçu no município de Monte Carlo - SC. A fazenda se localiza a  $27^{\circ}09'32,2''$ S de latitude e a  $50^{\circ}51'05,5''$ O de longitude e uma altitude média de 884m (Figura 1). O solo onde foi conduzido o experimento é de textura argilosa. A região possui estações bastante definidas, com temperaturas médias entre  $15^{\circ}\text{C}$  e  $25^{\circ}\text{C}$  durante todo o ano.

Em todas as safras de verão desde 2017 até 2019 foram semeadas cultivares de milho. Já no ano de 2020 foi semeado soja e no ano de 2021 foi semeado milho. Nos invernos desses anos foram semeadas plantas de cobertura como aveia branca e mistura de sementes. No ano de implantação do experimento foi realizado o cultivo de nabo entre a colheita do milho e o plantio de trigo. No inverno de 2022 foi realizado o cultivo de trigo utilizando-se a variedade Audaz da Biotrigo.

Figura 1 Área do experimento localizada no interior do município de Monte Carlo - SC na localidade do Taquaruçu.

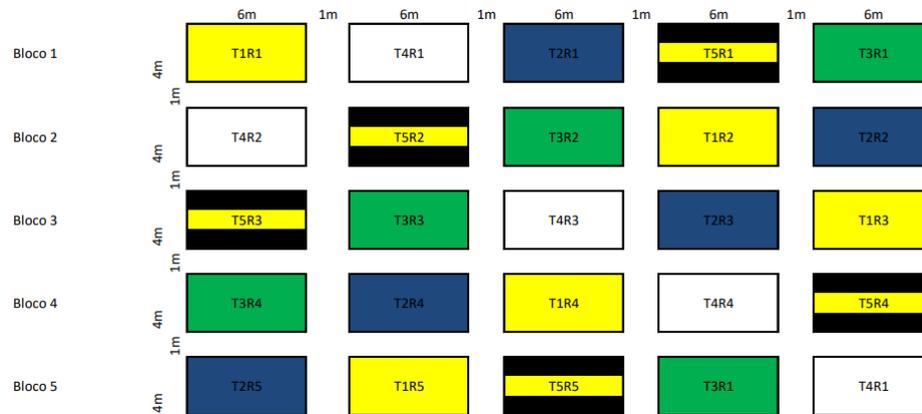


Fonte: Google Earth

#### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi implantado sob delineamento de blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 parcelas. As parcelas tiveram uma dimensão de  $6,0 \times 4,0$  m, com uma área total de  $24 \text{ m}^2$ . Os blocos e parcelas estavam separados a 1m um do outro (Figura 2).

Figura 2- Croqui da área experimental



Fonte: Autor 2022

T1: Tratamento com 100% da dose recomendada de nitrogênio.

T2: Tratamento com 50% da dose recomendada de nitrogênio.

T3: Tratamento com 50% de adubação nitrogenada com a inoculação de *Azospirillum brasiliense*, realizando a aplicação de calda com inoculante em uma dose de 160 ml ha<sup>-1</sup> de *Azospirillum brasiliense* em um volume total de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

T4: Tratamento com 50% de adubação nitrogenada com a coinoculação de *Azospirillum brasiliense* + *Pseudomonas fluorescens*, realizado a aplicação de calda com a presença de inoculante em uma dose de 160 ml ha<sup>-1</sup> de *Azospirillum brasiliense* e 62 ml ha<sup>-1</sup> de *Pseudomonas fluorescens* com um volume total de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

T5: Tratamento com 50% de adubação nitrogenada com a coinoculação de *Azospirillum brasiliense* + Mix de *Bacillus aryabhatai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*, realizado a aplicação de calda com a presença de inoculante em uma dose de 160 ml ha<sup>-1</sup> de *Azospirillum brasiliense* e 160 ml ha<sup>-1</sup> de *Bacillus* com um volume total de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

Os procedimentos de inoculação e coinoculação (Figura 3) foram realizados em pós-emergência, quando as plantas se encontravam em V3. Os inoculantes de *Azospirillum brasiliense* Ab- V5 e Ab-V6 e *Pseudomonas fluorescens* BRM 32111 que foram utilizados são cepas da EMBRAPA. Já *Bacillus aryabhatai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii* são parte do produto comercial denominado de Bioasis, fabricado pela empresa Biotrop do Brasil. A preparação da calda ocorreu em um local arejado e sombreado, no momento de realização da

aplicação, a fim de manter a viabilidade das bactérias. Foram utilizados 480 ml de calda sobre cada parcela, e o volume foi aplicado com pulverizador manual. As parcelas do T1 e T2 receberam uma aplicação somente com água.

Figura 3- Realização da inoculação das plantas



Fonte: autor 2022

Para adubação de base do trigo se utilizou de uma análise de solo (Anexos A a G), foram aplicados  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de MAP (12% de nitrogênio amoniacal e 54% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  cloreto de potássio. Para a cultura do trigo recomenda-se  $44 \text{ kg de N ha}^{-1}$  em cobertura, nesse caso foi utilizada a ureia estabilizada com NBPT com 44% de N, assim utilizando-se  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ . As parcelas do tratamento T1 receberam 100% de nitrogênio em cobertura e de T2 a T5 receberam metade da dose recomendada.

### 3.3 AVALIAÇÕES

No decorrer do experimento, as avaliações e coletas de dados foram feitas em duas ocasiões, a primeira quando as plantas estavam no começo da fase reprodutiva, e a segunda quando as plantas estavam em maturação plena.

No dia 7 outubro de 2022, foi realizada a primeira coleta de dados, assim foi mensurada a altura de 5 plantas através de uma trena, juntamente foi realizada a contagem dos perfilho das mesmas plantas de forma manual (Figura 4).

Figura 4 - Coleta de dados em fase reprodutiva



Fonte: autor 2022

Quando as plantas se encontraram em maturação plena, no dia 6 de dezembro de 2022, foram feitas as coletas referentes a componentes de produção e produtividade. Em um primeiro momento foram coletadas aleatoriamente 5 plantas respeitando-se 1 m de extremidade de cada parcela como área de bordadura para a avaliação de número de perfilhos e altura.

Em segundo momento, foram coletadas todas as plantas dentro da área útil de cada parcela (Figura 5), excluindo-se 1 m de cada extremidade. Todas as plantas colhidas passaram pelo processo de trilhagem, visando separar os grãos da parte aérea. Posteriormente, as amostras obtidas em cada parcela foram pesadas, para determinar seu rendimento. Após isso foram separadas em subamostras de aproximadamente 200 gramas de grãos de cada parcela, que foram secas em uma estufa de circulação de ar forçada, para correção da umidade a 13%. Os valores obtidos foram extrapolados, assim determinando os valores de produtividade de grãos, que são expressos em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Figura 6- Realização do corte do trigo



Fonte: Autor 2022.

Em seguida, foi realizada a trituração dos grãos com auxílio de um liquidificador para fins de análises de N. As análises de nitrogênio dos grãos foram realizadas no Laboratório de Química da UFSC, através do método de Kjeldahl (TEDESCO *et al.*, 1995).

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística através do programa SISVAR. Estes dados foram analisados através da ANOVA, e caso observadas diferenças estatísticas ( $Pr < F_c = 0,10$ ), as diferenças entre os tratamentos foram avaliadas através do teste de Scott-Knott ( $p < 0,10$ ).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ALTURA DE PLANTA

Em relação à altura, foram observadas diferenças estatísticas com base no resultado da ANOVA, ( $Pr > F_c = 0,0881$ ; Anexo H). As plantas com 100% da dose de nitrogênio; T2: 50% da dose de nitrogênio e com T3: 50% da dose de nitrogênio + *Azospirillum brasilense* apresentaram as maiores médias (71,66; 75,42 e 74,85 cm respectivamente), enquanto os tratamentos T4: 50% da dose recomendada de nitrogênio + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% da dose recomendada de nitrogênio + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii* não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios de altura de plantas de trigo, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022.

| Tratamento | Altura da parte aérea |
|------------|-----------------------|
| T1         | 71,66 a2*             |
| T2         | 75,42 a2              |
| T3         | 74,85 a2              |
| T4         | 64,30 a1              |
| T5         | 68,05 a1              |
| Média      | 71,12                 |
| CV%        | 9,5                   |

\*: Médias seguidas pela mesma combinação de letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte: Autor, 2023.

### 4.2 NÚMERO DE PERFILHOS

Em relação a variável de número de perfilhos por planta, com base no resultado da ANOVA, foram observadas diferenças estatísticas ( $Pr > F_c = 0,0103$ ; Anexo I). T2: 50% da dose de nitrogênio e com T3: 50% da dose de nitrogênio + *Azospirillum brasilense* apresentaram as maiores médias (4,60 e 3,83 perfilhos por plantas respectivamente), enquanto os tratamentos As plantas com 100% da dose de nitrogênio; T4: 50% da dose recomendada de nitrogênio + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% da dose recomendada de

nitrogênio + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii* não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios de número de perfilhos por planta, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022.

| <b>Tratamento</b> | <b>Número de perfilhos</b> |
|-------------------|----------------------------|
| T1                | 3,00 a1*                   |
| T2                | 4,60 a2                    |
| T3                | 3,83 a2                    |
| T4                | 3,20 a1                    |
| T5                | 3,00 a1                    |
| Média             | 3,53                       |
| CV%               | 19,7                       |

\*: Médias seguidas pela mesma combinação de letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte: Autor, 2023.

#### 4.3 ALTURA DE PLANTAS EM MATURAÇÃO PLENA

Foram observadas diferenças entre tratamentos ( $Pr > F_c = 0,0108$ ; Anexo J). T1, T2 e T3 apresentaram as maiores médias (82,63; 82,84 e 85,84 cm respectivamente), enquanto os tratamentos T4 e T5 não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 3).

Tabela 3- Valores médios de altura de plantas em maturação plena, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022.

| <b>Tratamento</b> | <b>Altura</b> |
|-------------------|---------------|
| T1                | 82,63 a2*     |
| T2                | 82,84 a2      |
| T3                | 85,84 a2      |
| T4                | 78,50 a1      |
| T5                | 79,06 a1      |
| Média             | 82,05         |
| CV%               | 3,88          |

\*: Médias seguidas pela mesma combinação de letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte: Autor, 2023.

#### 4.4 NÚMERO DE PERFILHOS EM MATURAÇÃO PLENA

Em relação a variável de número de perfilhos em maturação plena por planta, com base no resultado da ANOVA. Não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos ( $Pr > F_c = 0,1017$ ; Anexo K; Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios de número de perfilhos em plena maturação, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022

| <b>Tratamento</b> | <b>Número de perfilhos</b> |
|-------------------|----------------------------|
| T1                | 3,32 a1*                   |
| T2                | 3,60 a1                    |
| T3                | 3,90 a1                    |
| T4                | 3,32 a1                    |
| T5                | 2,85 a1                    |
| Média             | 3,44                       |
| CV%               | 16,36                      |

\*: Médias seguidas pela mesma combinação de letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte: Autor, 2023.

#### 4.5 PRODUTIVIDADE

A variável produtividade não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ( $Pr > F_c = 0,2487$ ; Anexo L). A média geral dos tratamentos foi  $3.244,66 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios da produtividade, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022.

| <b>Tratamento</b> | <b>Produtividade</b> |
|-------------------|----------------------|
| T1                | 2.698,56 a1*         |
| T2                | 3.416,97 a1          |
| T3                | 3.344,09 a1          |
| T4                | 3.224,07 a1          |
| T5                | 3.588,49 a1          |
| Média             | 3.244,66             |
| CV%               | 18,54                |

\*: Médias seguidas pela mesma combinação de letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhatai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte: Autor, 2023.

#### 4.6 GRAMAS DE NITROGÊNIO POR QUILOGRAMAS DE GRÃOS

Com base no resultado da ANOVA, não foram observadas diferenças estatísticas ( $Pr > F_c = 0,7802$ ; Anexo M). A média geral dos tratamentos foi  $22,90 \text{ g de N / kg de grãos}$  (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios de g de N / kg de grãos, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022.

| <b>Tratamento</b> | <b>g de N / kg de grãos</b> |
|-------------------|-----------------------------|
| T1                | 22,54 a1*                   |
| T2                | 22,90 a1                    |
| T3                | 23,34 a1                    |
| T4                | 23,26 a1                    |
| T5                | 22,46 a1                    |
| Média             | 22,90                       |
| CV%               | 5,93                        |

\*: Médias seguidas pela mesma combinação de letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte: Autor, 2023.

#### 4.7 PORCENTAGEM DE NITROGÊNIO NOS GRÃOS

Com base no resultado da ANOVA, a porcentagem de N nos grãos não apresentou diferenças estatísticas ( $Pr > F_c = 0,7802$ ; Anexo N). A média geral dos tratamentos foi 2,29% de N nos grãos (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores médios da porcentagem de N nos grãos de grãos, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022.

| <b>Tratamento</b> | <b>% de N nos grãos</b> |
|-------------------|-------------------------|
| T1                | 2,25 a1*                |
| T2                | 2,29 a1                 |
| T3                | 2,33 a1                 |
| T4                | 2,32 a1                 |
| T5                | 2,24 a1                 |
| Média             | 2,29                    |
| CV%               | 5,93                    |

\*: Médias seguidas pela mesma combinação de letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte: Autor, 2023.

#### 4.8 PORCENTAGEM DE PROTEÍNA NOS GRÃOS

Não foram observadas diferenças estatísticas ( $Pr > F_c = 0,7944$ ; Anexo O) e a média geral dos tratamentos foi 12,74% de proteína nos grãos (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores médios da porcentagem de proteína nos grãos, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022.

| <b>Tratamento</b> | <b>% de proteína nos grãos</b> |
|-------------------|--------------------------------|
| T1                | 12,55 a1*                      |
| T2                | 12,73 a1                       |
| T3                | 12,97 a1                       |
| T4                | 12,93 a1                       |
| T5                | 12,48 a1                       |
| Média             | 12,74                          |
| CV%               | 5,95                           |

\*: Médias seguidas pela mesma combinação de letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhatai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte: Autor, 2023.

#### 4.9 QUILOGRAMAS DE N ACUMULADO NOS GRÃOS POR HECTARE

Em relação a essa variável, não foram observadas diferenças estatísticas ( $Pr > F_c = 0,3769$ ; Anexo P). A média geral dos tratamentos foi 74,65 kg de N acumulado por ha<sup>-1</sup> nos grãos (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores médios de kg de N acumulado nos grãos por hectare, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022.

| <b>Tratamento</b> | <b>kg de N acumulado nos grãos por hectare</b> |
|-------------------|--|
| T1                | 61,05 a1*                                      |
| T2                | 78,99 a1                                       |
| T3                | 77,97 a1                                       |
| T4                | 75,29 a1                                       |
| T5                | 79,95 a1                                       |
| Média             | 74,65  |
| CV%               | 21,96  |

\*: Médias seguidas pela mesma combinação de letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte: Autor, 2023.

#### 4.10 PESO DE 1000 GRÃOS

O peso de 1000 grãos da cultura não apresentou diferenças estatísticas, com base no resultado da ANOVA ( $Pr > F_c = 0,1545$ ; Anexo Q). A média geral dos tratamentos foi 37,29 g (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores médios do peso de 1000 grãos, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022.

| <b>Tratamento</b> | <b>Peso de 1000 grãos</b> |
|-------------------|---------------------------|
| T1                | 36,65 a1*                 |
| T2                | 37,84 a1                  |
| T3                | 37,50 a1                  |
| T4                | 36,17 a1                  |
| T5                | 38,29 a1                  |
| Média             | 37,29                     |
| CV%               | 3,74                      |

\*: Médias seguidas pela mesma combinação de letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte: Autor, 2023.

## 5 DISCUSSÃO

A utilização de microrganismos é uma prática que tem sido empregada com sucesso em diversas culturas, e pode permitir uma redução parcial ou total de certos nutrientes para as plantas. Na cultura da soja a adubação nitrogenada é totalmente eliminada com a aplicação de inoculantes (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001). Em gramíneas como milho e trigo, o uso de *A. brasilense* pode reduzir o uso de fertilizantes nitrogenado em 25% na adubação de cobertura, economizando custos e mantendo a produtividade em relação ao uso de fertilizantes (HUNGRIA, 2011).

Desse modo, a utilização de microrganismos promotores de crescimento tem sido estudada em relação à cultura do trigo. Pouquíssimos trabalhos com *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii*, foram encontrados na literatura mundial e no âmbito nacional são praticamente inexistentes. Isto reforça a importância e a necessidade de se realizar trabalhos nesse sentido, não somente para a cultura do trigo, mas para diversas outras de importância comercial. A geração de dados oriundos de pesquisas como esta permite gerar informações importantes para estudos futuros.

Entre os dados avaliados neste experimento, a altura da planta foi uma medida do grau de desenvolvimento da cultura e resposta de crescimento. Essa resposta está diretamente relacionada a fatores ambientais, como disponibilidade de água, nutrientes, , exposição à luz e temperatura. Quanto mais próximo dos níveis ótimos de elementos essenciais para o crescimento da planta, melhor a cultura responderá ao crescimento (PEIXOTO, 2020).

Outros trabalhos mostram que a coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* na cultura do trigo proporcionou um maior número de perfilhos em comparação com a testemunha (PEREIRA *et al.*, 2018). Os resultados analisados neste trabalho apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos durante a fase de desenvolvimento da cultura e na colheita. A avaliação de altura de planta tanto em pleno florescimento e na colheita apresentou diferenças entre os tratamentos com T1, T2 e T3 apresentando maiores valores que T4 e T5. O tratamento com *Azospirillum brasilense* apresentou média parecida com o T1 onde se utiliza 100% da adubação nitrogenada.

A avaliação de contagem de número de perfilhos e altura durante o desenvolvimento foram as variáveis que obtiveram diferença estatística. Também foi observado diferença estatística na variável altura de plantas em maturação plena. Porém, nenhum tratamento de inoculação foi capaz de refletir ganhos de estatura em comparação a testemunha.

A produtividade média foi de 3.244,66 kg ha<sup>-1</sup>, abaixo da média nacional de 3.600 kg ha<sup>-1</sup> e pouco abaixo da média para o estado de Santa Catarina na safra 20/21, que foi de 3.320

kg ha<sup>-1</sup> (EPAGRI, 2021). Desse modo, um dos fatores prejudiciais para a cultura durante o experimento ocorreu no mês de novembro, com algumas geadas fora de época, o que prejudicou o desenvolvimento das espigas da cultura.

A ocorrência de geada na fase de espigamento ou florescimento do trigo pode ocasionar danos muito severos, havendo redução no número de grãos por espiguetas e, conseqüentemente, por espiga. Os danos por geada podem ser observados quando a temperatura durante a floração, é menor do que - 1 °C. Além disso, quando ocorrem geadas muito intensas na fase de florescimento, os danos são totais e as perdas irreversíveis. Também, com -2 °C ou temperaturas inferiores, ocorrem sérios prejuízos no enchimento de grãos. Temperatura de 0°C (zero graus Celsius), ou menor, indica possibilidade de danos em lavouras de trigo, principalmente naquelas localizadas nas "baixadas" de campo. As baixas temperaturas prejudicam a atividade das bactérias no solo, assim podendo ter afetado nos resultados esperados.

A respeito da variável proteína do grão, a média obtida no presente experimento apresentou variação entre 12,48 a 12,97%. De acordo com Mandarino (1994), o teor de proteína dos grãos de trigo pode variar em função da cultivar, sendo possível observar teores de proteína variando de 7% a 17%. Resultados semelhantes foram encontrados por D'Almeida *et al.* (2019) que estudaram oito genótipos e os teores proteicos dos grãos maduros variaram entre 10,2 e 15,1 %.

Os tratamentos analisados não apresentaram diferença significativa entre as médias correspondentes ao teor de proteínas. Os valores de proteína nos grãos apresentaram variação entre 12,48 a 12,97% e estão em conformidade com o observado por outros autores. De acordo com Depraetere *et al.* (2014), o teor de proteína no grão de trigo para o início do processo de malteação é 11% podendo chegar a 13% (FALTERMAIER *et al.*, 2014).

Em relação ao peso de mil grãos, a média obtida no presente experimento (37,29 g) foi dentro da faixa de variação encontrada por Carvalho *et al.* (2015), que encontraram valores entre 16,27 e 32,77 g para 13 amostras de trigo. Segundo Mandarino (1994), o peso de mil grãos é um parâmetro utilizado para avaliar a qualidade e produtividade do trigo, sendo um importante indicador na diferenciação de cultivares. Esse índice também pode identificar problemas durante a formação dos grãos.

Alguns fatores podem influenciar a resposta da cultura à inoculação, e um deles é o método de aplicação do inoculante. Vieira Neto *et al.* (2008) observaram que a aplicação via

sulco do inoculante mostrou-se uma prática viável, em razão da semelhança dos resultados obtidos com a aplicação tradicional via semente. Por outro lado, Pereira et al. (2017), observaram que a aplicação de *A. brasilense* via no de trigo apresentou um incremento de produtividade significativamente superior quando comparado aos modos de aplicação via sulco ou em pulverização foliar, tanto com meia dose de N ou com dose total.

Outro fator é o genótipo em questão. Em estudo realizado por Zem *et al.* (2012), os autores observaram que a um efeito da inoculação com *A. brasilense* depende do genótipo do trigo, sendo possível identificar cultivares responsivas positiva e negativamente à inoculação. Feldmann (2014) também observou que o efeito da inoculação no trigo depende do seu genótipo, assim tendo cultivares que respondem ou não a inoculação.

Na janela de entre a colheita do milho grão e o plantio do trigo foi cultivado nabo forrageiro, e isso pode ter influenciado os resultados. A influência do nabo forrageiro na produtividade do trigo cultivado em sucessão do milho já foi registrada por outros autores. Kochhann *et al.* (2003) observaram que o cultivo do nabo forrageiro após o milho-grãos proporciona um significativo aumento de produtividade da cultura do trigo, já que promove condições de maior fertilidade e, com isso, o trigo seria menos dependente das bactérias introduzidas.

Mesmo apresentando poucas variáveis com resultados significativos, recomenda-se a condução de novos estudos para ampliar o conhecimento sobre o tema em questão. Recomenda-se, em novos testes, reduzindo ainda mais a adubação nitrogenada, para que os benefícios à cultura do trigo sejam evidenciados. A utilização de microrganismos tem se mostrado uma excelente alternativa para diversas culturas e o seu estudo em outras culturas devem ser estimulado, especialmente na cultura do trigo. Dessa maneira, a inoculação e a coinoculação são técnicas que podem ser utilizadas em estudos como mecanismo para obter uma maior redução de adubação, bem como aumento da produtividade do trigo.

## 6 CONCLUSÃO

A inoculação em pós emergência na cultura do trigo com *Azospirillum brasilense*, pode melhorar a altura e o número de perfilhos. Apesar da ausência de diferença estatística significativa em relação às demais variáveis, a utilização desses microrganismos na agricultura apresenta um potencial promissor, que justifica a necessidade de futuros estudos.

## REFERÊNCIAS

- A BAIIRAGI,; GHOSH, K S.; SEN, S K; RAY, A K. Evaluation of the nutritive value of *Leucaena leucocephala* leaf meal, inoculated with fish intestinal bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus circulans* in formulated diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. **Aquaculture Research**, [S.L.], v. 35, n. 5, p. 436-446, abr. 2004. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01028.x>.
- ALVES, J. R. **Custo de Produção Safra 2021/22**. Disponível em: [https://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cepa/Artigos/Custo de Producao Safra 2021 22.pdf](https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/Artigos/Custo_de_Producao_Safra_2021_22.pdf).
- ANA CERON (Santa Catarina). **Santa Catarina espera aumento de 18% na safra de trigo**. 2021. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/09/01/santa-catarina-espera-aumento-de-18-na-safra-de-trigo/>. Acesso em: 14 fev. 2023.
- ANTIL, S. et al. On the potential of *Bacillus aryabhatai* KMT-4 against *Meloidogyne javanica*. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 31, n. 1, p. 1-9, 2021.
- BANERJEE, A.; BREIG, S. J. M.; GÓMEZ, A.; SÁNCHEZ-ARÉVALO, I.; GONZÁLEZ-FAUNE, P.; SARKAR, S.; BANDOPADHYAY, R.; VUREE, S.; CORNEJO, J.; TAPIA, J. Optimization and Characterization of a Novel Exopolysaccharide from *Bacillus haynesii* CamB6 for Food Applications. **Biomolecules**, [S.L.], v. 12, n. 6, p. 834, 15 jun. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/biom12060834>.
- BARRETO, M. M. **FORMAÇÃO DE BIOFILME POR RIZOBACTÉRIAS ISOLADAS DE PLANTAS DO SEMI-ÁRIDO BAIANO**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Ba, 2009. Cap. 1.
- BERND, L. P.; SOUZA, T. M.; OLIVEIRA, M. A. de; ONO, E. Y. S.; ZUCARELI, C.; HIROOKA, E. Y.. Inoculação de *Pseudomonas fluorescens* e adubação NPK na composição química e contaminação fungo-fumonisina de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 18, n. 12, p. 1274-1280, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1274-1280>.
- BRZEZINSKI, C. R.; ZUCARELI, C.; HENNING, F. A.; ABATI, J.; PRANDO, A. M.; HENNING, A. A. Nitrogênio e inoculação com *Azospirillum* na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal Of Agricultural And Environmental Sciences**, [S.L.], v. 57, n. 3, p. 257-265, 2014. Editora Cubo. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.aol391>.
- CARVALHO, P. T.; BELEIA, Adelaide del Pino. Alterações físico-químicas e atividade enzimática de trigo com germinação pré-colheita. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 524-531, jul-set, 2015.
- CASTRO, S. S. et. al. Effects of inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria on resident rhizosphere microorganisms. **Federation of European Microbiological Societies**, ed. 276, pag 1-11, 2007.
- CHEN, Y.P. REKHA, P.D. ARUN, A.B. SHEN, F.T. LAI, W.-A. & YOUNG, C.C. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. **Applied Soil Ecology**, v. 34, p. 33– 41, 2006.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Análise mensal trigo. Brasília: 2020.** Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-domercado-agropecuaria-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-detrito/item/download/41464\\_8ad72d682a811690d9c63ecd1ef80693](https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-domercado-agropecuaria-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-detrito/item/download/41464_8ad72d682a811690d9c63ecd1ef80693).

Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do trigo** / organizadores Aroldo Antonio de Oliveira Neto e Candice Mello Romero Santos. – Brasília: Conab, 2017. 218 p. Disponível também em: <http://www.conab.gov.br>

DALL'AGNOL, A. **A cultura do trigo no Brasil.** Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2021/07/05/a-cultura-do-trigo-no-brasil/>.

D'ALMEIDA, C. T. S. et al. Monitoramento da oxidação dos tióis proteicos em grãos de trigo imaturos e de diferentes aptidões tecnológicas. **Semear**, v. 1, n. 1, p. 31-42, ago/dez, 2019.

DOS SANTOS, L. A. L.; DO NASCIMENTO, P. C. F.; FEY, R. PRODUÇÃO AGROECOLÓGICA DE MILHO E TRIGO CO-INOCULADOS COM *Pseudomonas fluorescens* E *Azospirillum brasilense*. **JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**, v. 1, n. 9, 2019.

ELBAGORY, M. Reducing the Adverse Effects of Salt Stress by Utilizing Compost Tea and Effective Microorganisms to Enhance the Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.) **Plants. Agronomy**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 823, 11 mar. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy13030823>.

FAGES, J. et al. Effects of inoculation with *Bacillus circulans* and *Azospirillum lipoferum* on crop-yield in field grown maize. **Symbiosis**, 1990.

FELDMANN, N. A. **Cultivares de trigo submetidas à inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e à aplicação de nitrogênio em quatro ambientes.** 2014.

FUKAMI, J, NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Acessando métodos de inoculação de milho e trigo com *Azospirillum brasilense*. **AMB Express**, 6(1):1-13, 2016.

GLICK, B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. **Microbiological research**, v. 169, n. 1, p. 30–39, 2014.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Inoculação multifuncional para pastagens com braquiárias. **Embrapa Soja-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2021

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAÚJO, R. S. Inoculation of *Brachiaria spp.* with the plant growth promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: an environment friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 221(1): 125-131, 2016. 10.1016/j.agee.2016.01.024

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: **Embrapa Soja**, 2011. 38 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

KILIAN, M.; et al. FZB24 *Bacillus subtilis* mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. **Pflanzen-schutz Nachrichten Bayer**, v1. p. 72-93. 2000.

LATEF, Arafat Abdel Hamed Abdel; ZAID, Abbu; ABO-BAKER, Abo-Baker Abd-Elmoniem; SALEM, Wesam; ALHMAD, Mona Fawzy Abu. Mitigation of Copper Stress in

Maize by Inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Bacillus circulans*. **Plants**, [S.L.], v. 9, n. 11, p. 1513, 8 nov. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/plants9111513>.

LAVENUS, J.; GOH, T.; ROBERTS, I.; GUYOMARC'H, S.; LUCAS, M.; DE SMET, I.; FUKAKI, H.; BEECKMAN, T.; BENNETT, M.; LAPLAZE, L. Lateral root development in *Arabidopsis*: fifty shades of auxin. **Trends in plant science**, v. 18, n. 8, p. 450–458, 2013.

MAURYA, A. et al. Biofilm formation and extracellular polymeric substance (EPS) production by *Bacillus haynesii* and influence of hexavalent chromium. **Bioresource Technology**, v. 352, p. 127109, maio 2022. ISSN 0960-8524. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852422004382>. Acesso em: 26 abril. 2023.

MARIANO, B. R. C. **Produtividade do feijoeiro em resposta a inoculação de bactérias hidrocapacitoras sob déficit hídrico**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.

MANDARINO, J. M. G. Lipídios do Trigo . In: \_\_\_\_\_. Aspectos Importantes para a qualidade do trigo. LONDRINA EMBRAPA: CNPSO, 1994. Cap 5, p. 15.

MEHMOOD, S.; KHAN, A. A.; SHI, F.; TAHIR, M.; SULTAN, T.; MUNIS, M. F. H.; KAUSHIK, P.; ALYEMENI, M. N.; CHAUDHARY, H. J. Alleviation of Salt Stress in Wheat Seedlings via Multifunctional *Bacillus aryabhatai* PM34: an in-vitro study. **Sustainability**, [S.L.], v. 13, n. 14, p. 8030, 19 jul. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su13148030>

MEHTA, P.; WALIA, A.; KULSHRESTHA, S.; CHAUHAN, A.; SHIRKOT, C. K. Efficiency of plant growth-promoting P-solubilizing *Bacillus circulans* CB7 for enhancement of tomato growth under net house conditions. **Journal Of Basic Microbiology**, [S.L.], v. 55, n. 1, p. 33-44, 25 jan. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jobm.201300562>.

MENDES, M. C.; ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V.; ZOCHE, J. C.; WALTER, A. L. B.. Avaliação da eficiência agronômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-Pr, v. 4, n. 3, p. 95-110, 01 set. 2011.

OLIVEIRA, M. A. et al. Desempenho agronômico do milho sob adubação mineral e inoculação das sementes com rizobactérias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.16, n.10, p.1040–1046, 2012

PICCININ, G. G., Braccini, A. L., de Moraes Dan, L. G., Bazo, G. L., Hossa, K. R., & Ponce, R. M. (2013). Rendimento e desempenho agronômico da cultura do trigo em manejo com *Azospirillum brasilense*. **Agrarian**, 6(22), 393–401. Recuperado de <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1931>

PEIXOTO, C. P. (coord.). **Curso de fisiologia vegetal (teoria e prática)**. Cruz das Almas: UFRB, 2020, 218 p. Disponível em: <https://www2.ufrb.edu.br/mapeneo/documentos?download=5:curso-fisiologia-vegetal>. Acesso em 17 de março de 2023.

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**, [S.L.], v. 40, n. 1, p. 105-113, 9 jan. 2019. Revista de Ciências Agrárias. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA16089>.

PEREIRA, Y. D. **CRESCIMENTO DE PLANTAS DE TRIGO INOCULADAS COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM CONDIÇÕES DE RESTRIÇÃO HÍDRICA**. 2018. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2018.

PILONETTO, R. F. et al. O uso de *Bacillus subtilis* no cultivo de trigo em Curitibanos-SC. 2017.

QUAL a produtividade do trigo 2022. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/mundo-agro/agropedia/produtividade-trigo#:~:text=Quantas%20sacas%20de%20trigo%20por,75%20a%2093%20por%20hectare..> Acesso em: 16 fev. 2023.

RAAIJMAKERS, J. M.; BONSALE, R. F.; WELLER, D. M. Effect of Population Density of *Pseudomonas fluorescens* on Production of 2,4-Diacetylphloroglucinol in the Rhizosphere of Wheat. *Phytopathology*, [S.L.], v. 89, n. 6, p. 470-475, jun. 1999. Scientific Societies. <http://dx.doi.org/10.1094/phyto.1999.89.6.470>

RADONS, A. F. S. **Avaliação da aplicação de *Bacillus subtilis* na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.)**.

RAGAZZO-SÁNCHEZ, J. A.; ROBLES-CABRERA, A.; LOMELÍ-GONZÁLEZ, L.; LUNASOLANO, G.; CALDERÓN-SANTOYO, M. Selección de cepas de *Bacillus spp.* productoras de antibióticos aisladas de frutos tropicales. **Revista Chapingo**. Serie horticultura, v. 17, n. SPE1, p. 5–11, 2011.

RAMESH, A.; SHARMA, S. K.; SHARMA, M. P.; YADAV, N.; JOSHI, O. P. Inoculation of zinc solubilizing *Bacillus aryabhatai* strains for improved growth, mobilization and biofortification of zinc in soybean and wheat cultivated in Vertisols of central India. **Applied Soil Ecology**, [S.L.], v. 73, p. 87-96, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.08.009>.

RIO GRANDE DO SUL. Pedro Luiz Scheeren. Embrapa. **Efeito do frio em trigo**. 2000. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_co57.htm#:~:text=Quando%20ocorre%20geada%20na%20fase,menor%20do%20que%20%E2%80%93%201%20%C2%BAC..](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co57.htm#:~:text=Quando%20ocorre%20geada%20na%20fase,menor%20do%20que%20%E2%80%93%201%20%C2%BAC..) Acesso em: 12 fev. 2023.

RODRIGUES, L. FOS *et al.* Características agrônômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 31-37, 2014.

SHARMA, S. K.; YADAV, N.; JOSHI, O. P.. Phosphorus Mobilization from Native Soil P-Pool upon Inoculation with Phytate-Mineralizing and Phosphate-Solubilizing *Bacillus aryabhatai* Isolates for Improved P-Acquisition and Growth of Soybean and Wheat Crops in Microcosm Conditions. *Agricultural Research*, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 118-127, 15 maio 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40003-014-0105-y>.

SILVA, D. R. Avaliação de *Bacillus Subtilis*, *Trichoderma*, e *Azospirillum* na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). 2017.

VALENZUELA-RUIZ, V.; ROBLES-MONTOYA, R. I.; PARRA-COTA, F. I.; SANTOYO, G.; OROZCO-MOSQUEDA, M. C.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, R.; SANTOS-

VILLALOBOS, S. Draft genome sequence of *Bacillus paralicheniformis* TRQ65, a biological control agent and plant growth-promoting bacterium isolated from wheat (*Triticum turgidum* subsp. durum) rhizosphere in the Yaqui Valley, Mexico. **3 Biotech**, [S.L.], v. 9, n. 11, p. 235-242, nov. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13205-019-1972-5>

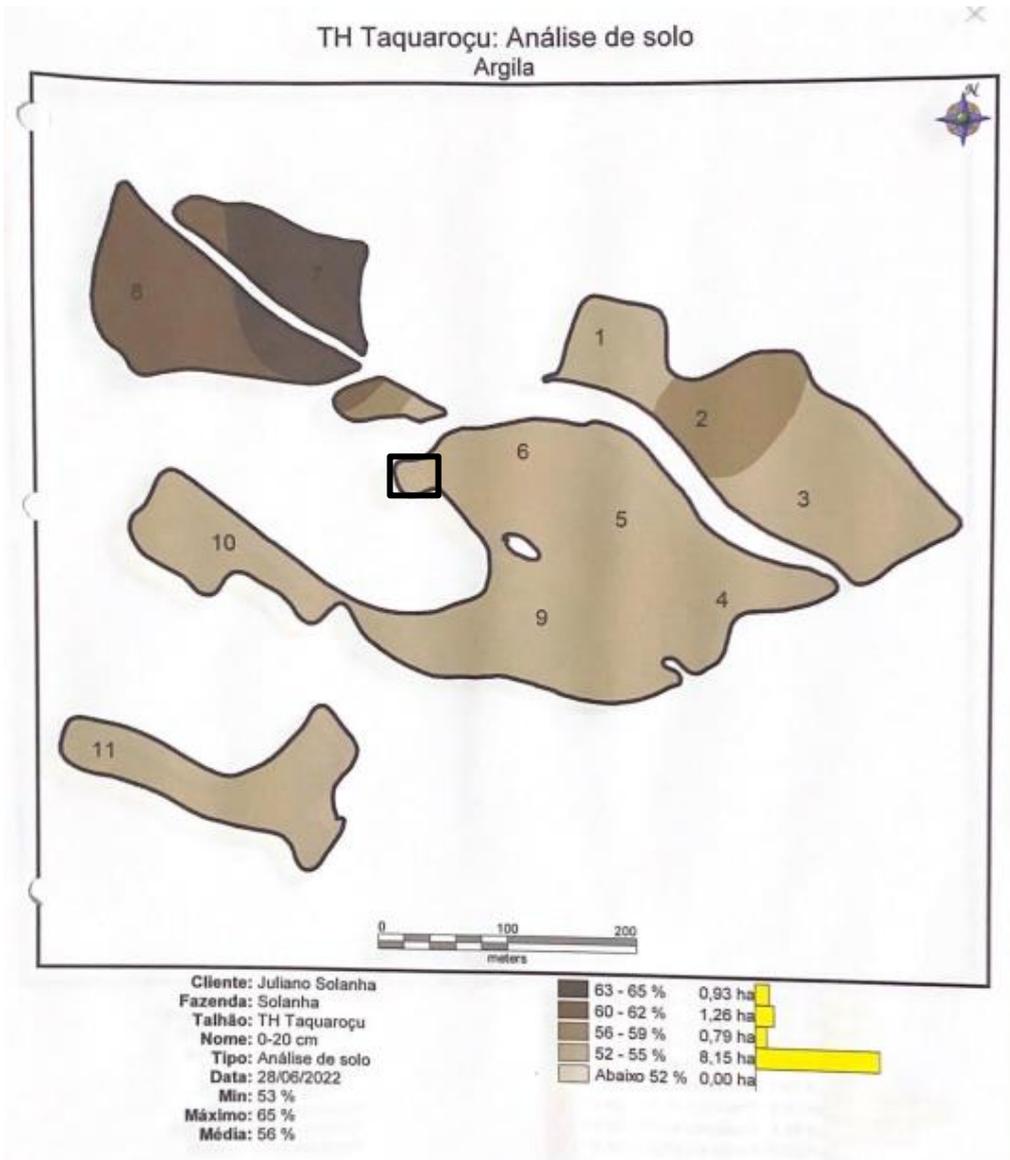
VIEIRA NETO, S. A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; MENEZES, J. F. S.; SILVA, A. G.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 861-870, abr. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832008000200040>.

ZEM, G. et al. Resposta de cultivares de trigo à inoculação com *Azospirillum brasilense* em Passo Fundo, ano 2012. 2013.

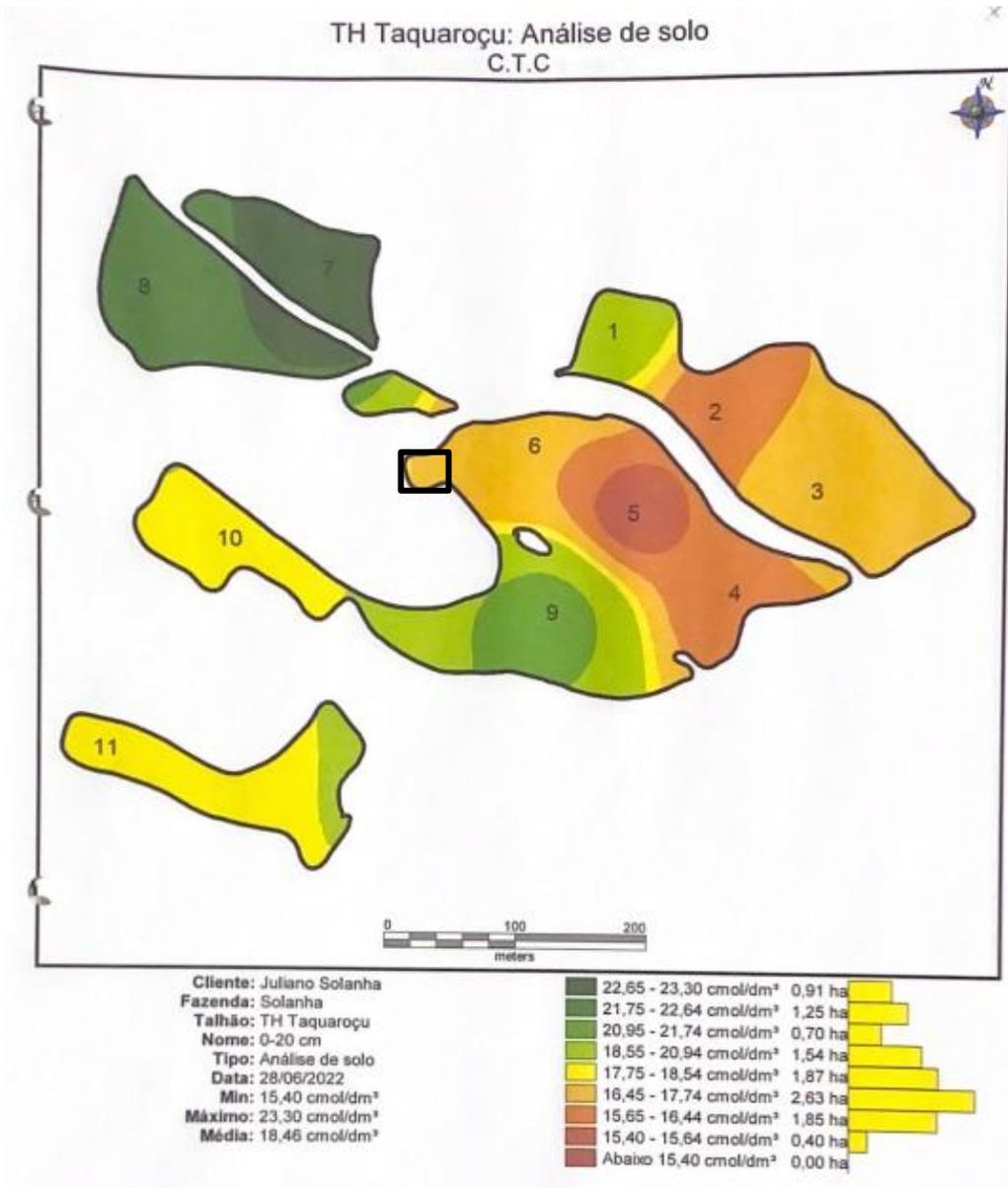
WONG, W. S.; TAN, S. N.; GE, L.; CHEN, X.; YONG, J. W. H. The Importance of Phytohormones and Microbes in Biofertilizers. In: *Bacterial Metabolites in Sustainable Agroecosystem. Sustainable Development and Biodiversity*. [s.l.] Springer, Cham, 2015. p. 105–158.

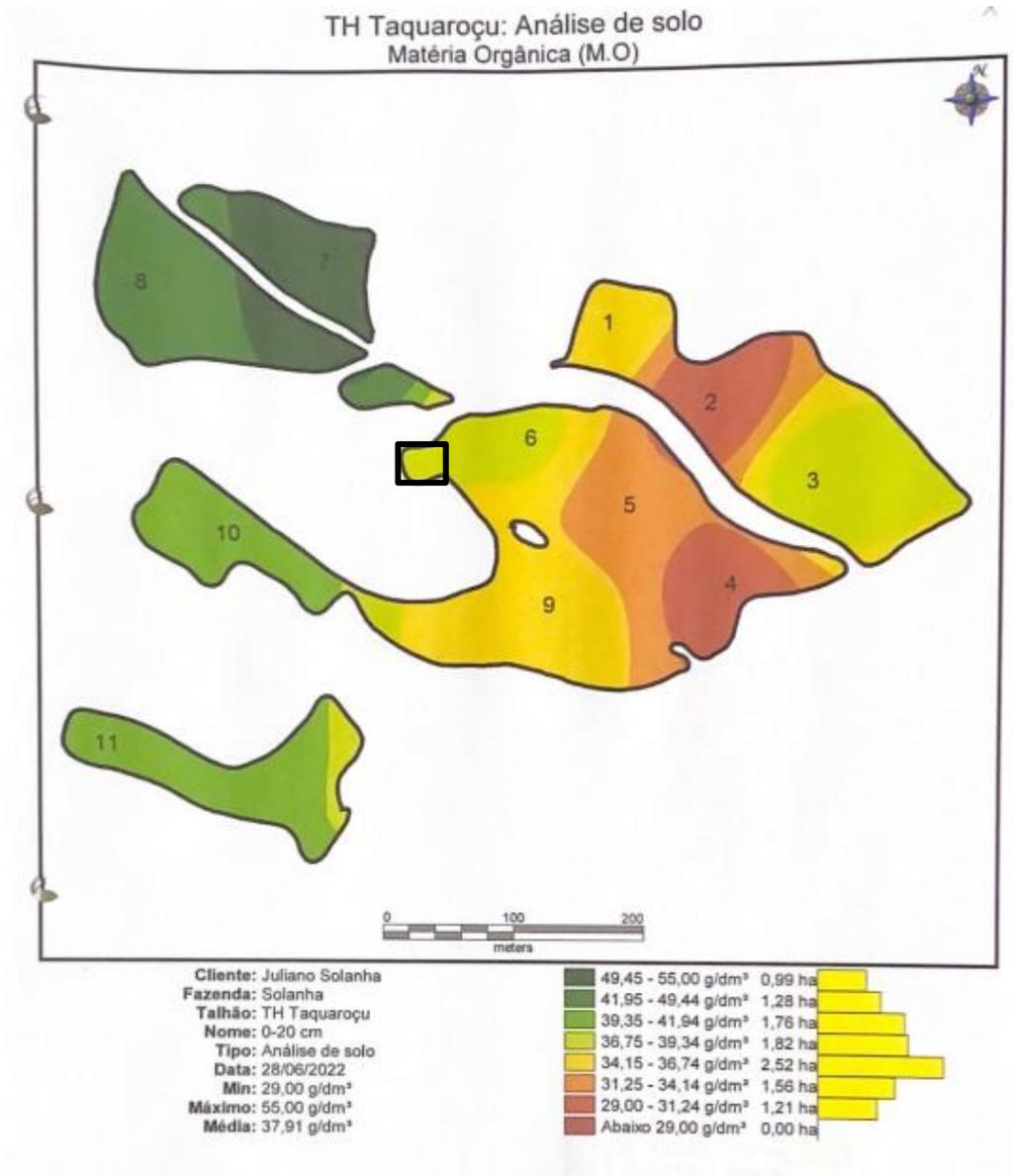
## ANEXOS

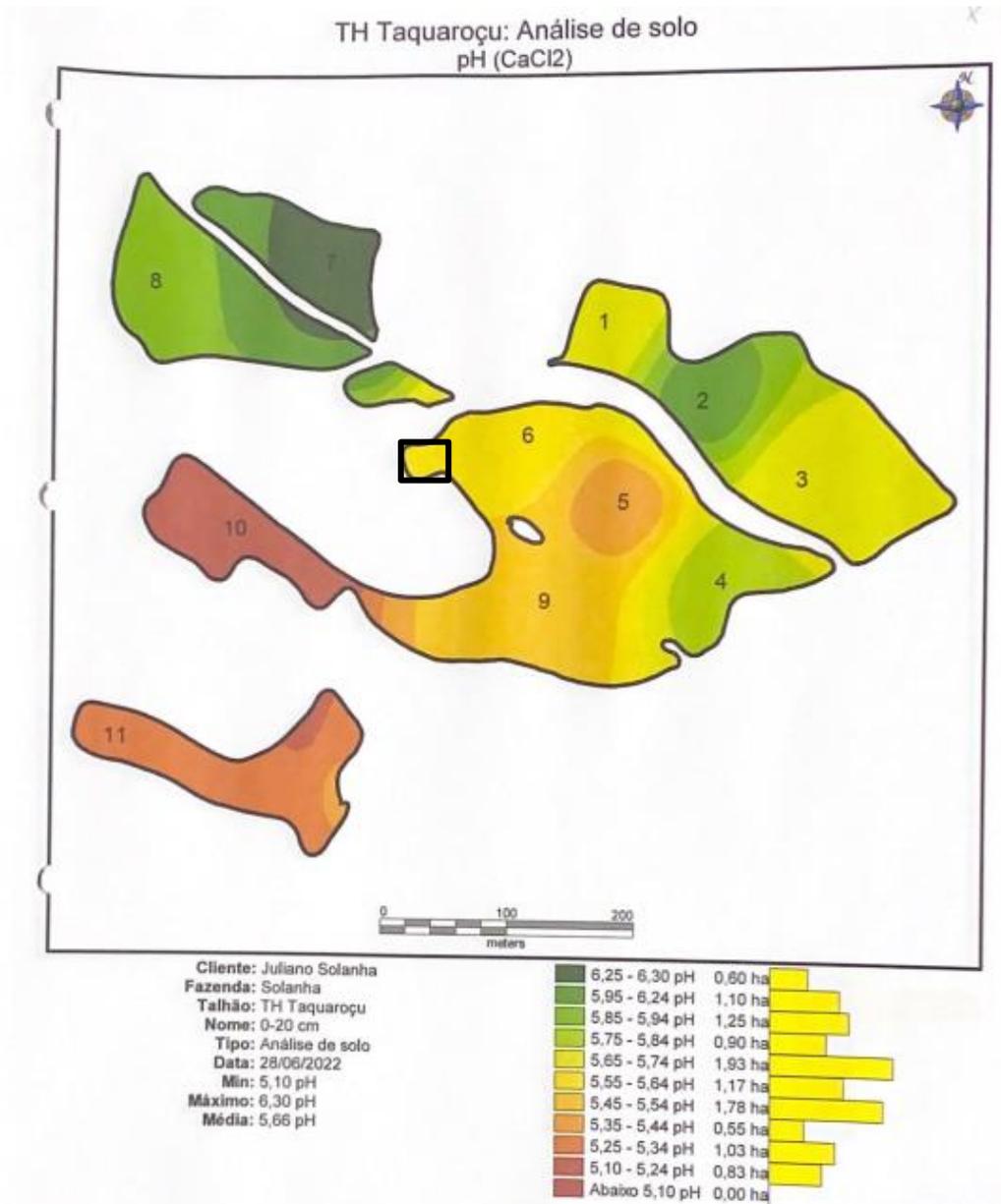
### ANEXO A



**ANEXO B**





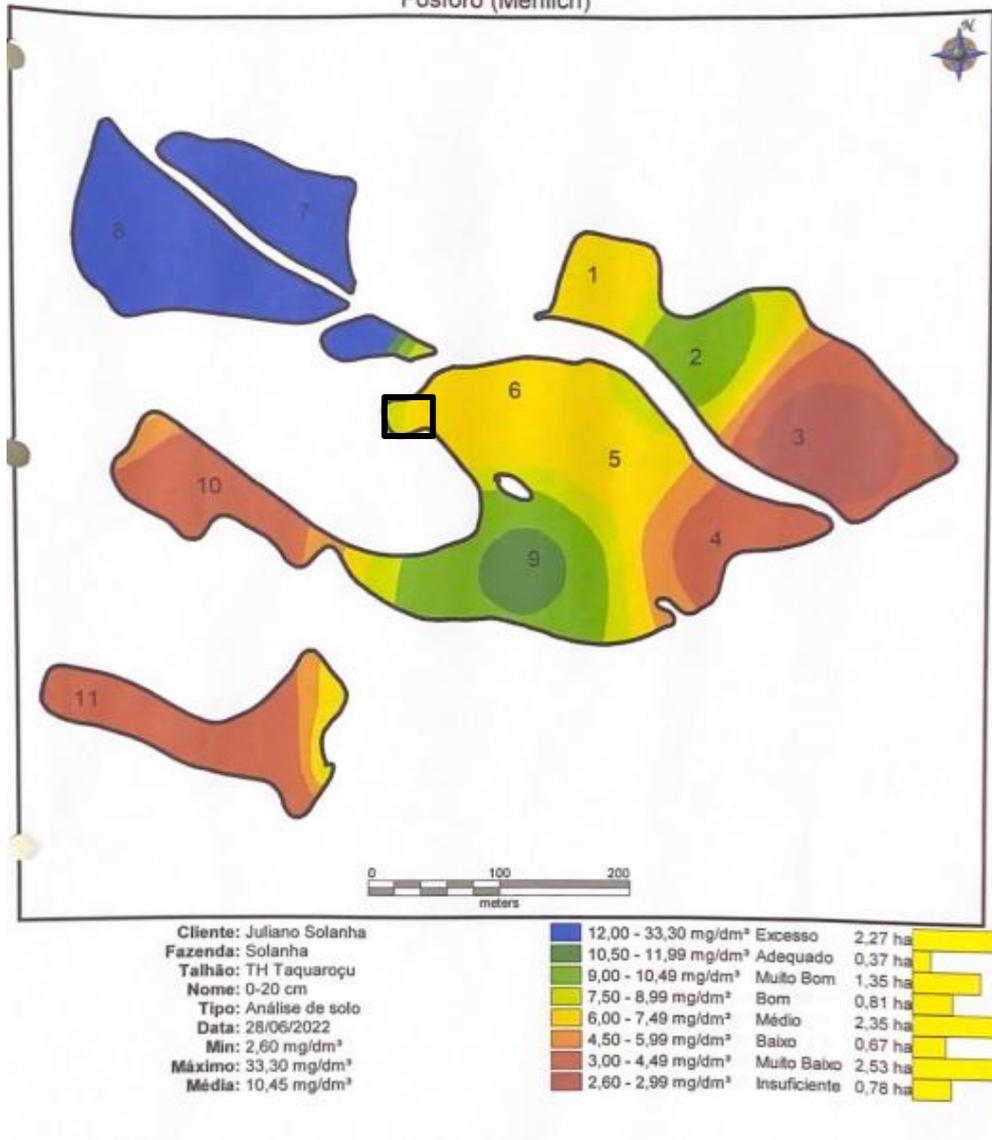


**ANEXO E**

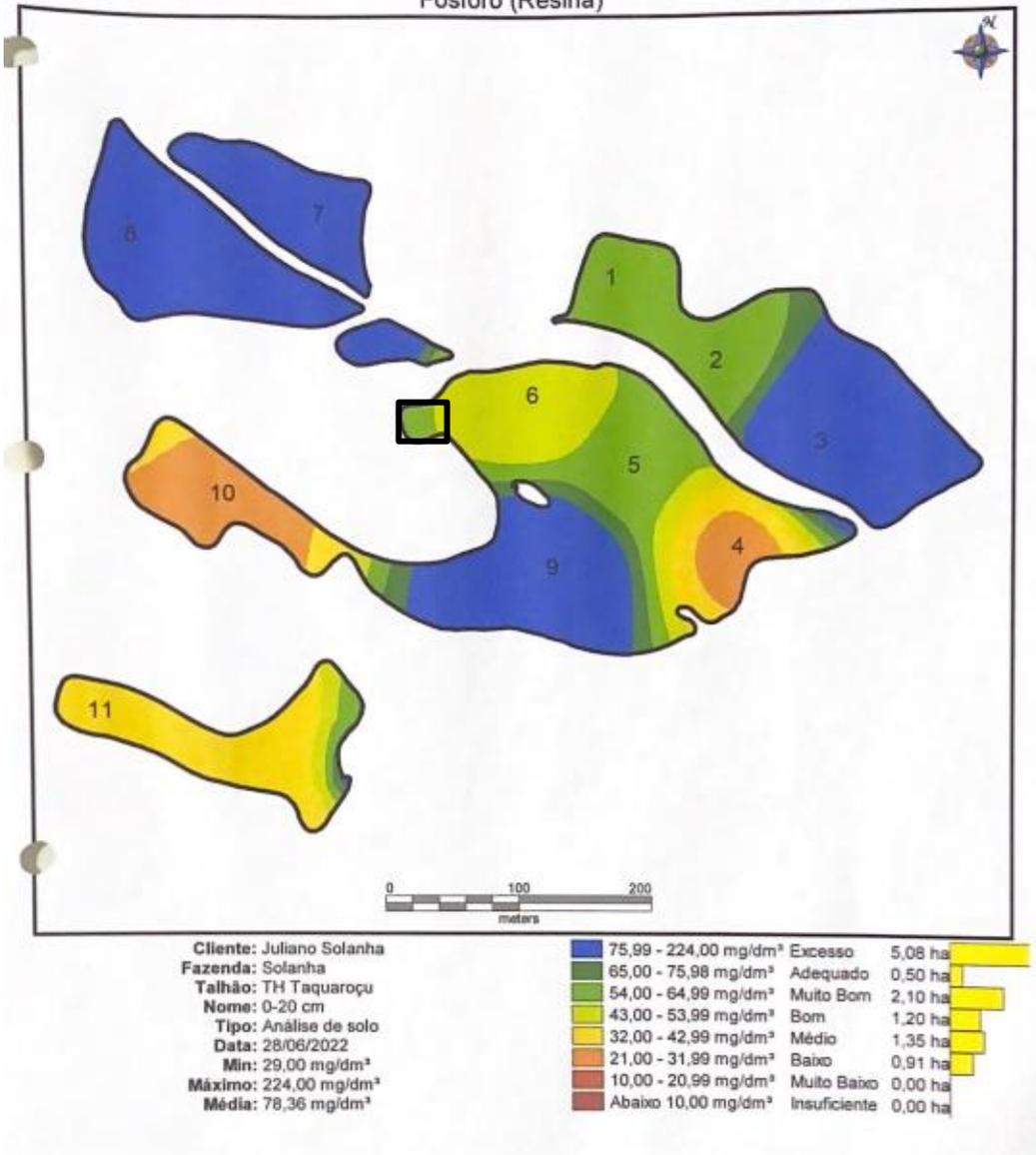


**ANEXO F**

TH Taquaroçu: Análise de solo  
Fósforo (Mehlich)



TH Taquaroçu: Análise de solo  
Fósforo (Resina)



**ANEXO H** – Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável Altura em desenvolvimento, em 07/10/2022, em experimento conduzido em Monte Carlo -SC, no ano de 2022.

| <b>FV</b>              | <b>GL</b> | <b>SQ</b>   | <b>QM</b> | <b>Fc</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
|------------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------------|
| <b>TRATAMENTO</b>      | 4         | 327,221     | 65,444    | 2,104     | 0,1072          |
| <b>REPETIÇÃO</b>       | 4         | 173,126400  | 43,281600 | 0,948     | 0,4618          |
| <b>ERRO</b>            | 16        | 730,158600  | 45,634912 |           |                 |
| <b>Total corrigido</b> | 24        | 1350,930400 |           |           |                 |
| <b>CV (%) = 9,5</b>    |           |             |           |           |                 |
| <b>Média geral =</b>   |           | 71,128      |           |           |                 |

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Autor, 2023.

**ANEXO I** – Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável número de perfilho em desenvolvimento, em 07/10/2022, em experimento conduzido em Monte Carlo -SC, no ano de 2022.

| <b>FV</b>              | <b>GL</b> | <b>SQ</b> | <b>QM</b> | <b>Fc</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| <b>TRATAMENTO</b>      | 4         | 9,3267    | 2,334     | 4,738     | 0,0103          |
| <b>REPETIÇÃO</b>       | 4         | 6,96      | 1,74      | 3,536     | 0,0299          |
| <b>ERRO</b>            | 16        | 7,873     | 0,492     |           |                 |
| <b>Total corrigido</b> | 24        | 24,16     |           |           |                 |
| <b>CV (%) = 19,70</b>  |           |           |           |           |                 |
| <b>Média geral =</b>   |           | 3,56      |           |           |                 |

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Autor, 2023.

**ANEXO J** – Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável Altura em plena maturação, em 06/12/2022, em experimento conduzido em Monte Carlo -SC, no ano de 2022.

| <b>FV</b>   | <b>GL</b> | <b>SQ</b> | <b>QM</b> | <b>Fc</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| <b>TRATAMENTO</b>   | 4         | 190,128   | 47,532    | 4.682     | 0.0108          |
| <b>REPETIÇÃO</b>  | 4         | 267,496   | 66,874    | 6,587     | 0,0025          |
| <b>ERRO</b>   | 16        | 162,449   | 10,153    |           |                 |
| <b>Total corrigido</b>  | 24        | 2,505     |           |           |                 |
| <b>CV (%) = 3,88</b>  |           |           |           |           |                 |
| <b>Média geral = 82,05</b>  |           |           |           |           |                 |
| FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor tabela f; Pr: p valor; CV: coeficiente de variação. Fonte: Autor, 2023. |           |           |           |           |                 |

**ANEXO K** – Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável número de perfilhos em plena maturação, em 06/12/2022, em experimento conduzido em Monte Carlo -SC, no ano de 2022.

| <b>FV</b>   | <b>GL</b> | <b>SQ</b>   | <b>QM</b> | <b>Fc</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
|---|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------------|
| <b>TRATAMENTO</b>   | 4         | 2,932       | 0,7335    | 2,317     | 0,1017          |
| <b>REPETIÇÃO</b>  | 4         | 10,96       | 2,74      | 8,654     | 0,0006          |
| <b>ERRO</b>   | 16        | 5,066       | 0,3166    |           |                 |
| <b>Total corrigido</b>  | 24        | 2299768,337 |           |           |                 |
| <b>CV (%) = 16,36</b>   |           |             |           |           |                 |
| <b>Média geral = 3,44</b>   |           |             |           |           |                 |
| FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor tabela f; Pr: p valor; CV: coeficiente de variação. Fonte: Autor, 2023. |           |             |           |           |                 |

**ANEXO L** Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável produtividade kg ha<sup>-1</sup>, em 06/12/2022, em experimento conduzido em Monte Carlo -SC, no ano de 2022.

| <b>FV</b>              | <b>GL</b> | <b>SQ</b>    | <b>QM</b> | <b>Fc</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
|------------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------------|
| <b>TRATAMENTO</b>      | 4         | 2173880,802  | 543470,20 | 1,501     | 0,2487          |
| <b>REPETIÇÃO</b>       | 4         | 341073,219   | 85268,304 | 1,310     | 0,9142          |
| <b>ERRO</b>            | 16        | 5792439,102  | 362027,44 |           |                 |
| <b>Total corrigido</b> | 24        | 8307393,1245 |           |           |                 |

**CV (%) = 18,54**

**Média geral = 3244,366**

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Autor, 2023.

**ANEXO M** – Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável Gramas de Nitrogênio por quilogramas de grãos, em 07/02//2023, em experimento conduzido em Monte Carlo -SC, no ano de 2022.

| <b>FV</b>              | <b>GL</b> | <b>SQ</b> | <b>QM</b> | <b>Fc</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| <b>TRATAMENTO</b>      | 4         | 3,218076  | 0,804519  | 0437      | 0,7802          |
| <b>REPETIÇÃO</b>       | 4         | 6,453618  | 1,613404  | 0,876     | 0,5000          |
| <b>ERRO</b>            | 16        | 29,475632 | 1,842227  |           |                 |
| <b>Total corrigido</b> | 24        | 39,147325 |           |           |                 |

**CV (%) = 5,93**

**Média geral = 22,90**

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Autor, 2023.

**ANEXO N** – Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável Porcentagem de nitrogênio nos grãos, em 07/02//2023, em experimento conduzido em Monte Carlo -SC, no ano de 2022.

| <b>FV</b>              | <b>GL</b> | <b>SQ</b> | <b>QM</b>    | <b>Fc</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
|------------------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------------|
| <b>TRATAMENTO</b>      | 4         | 0,032181  | 1225400,320  | 0437      | 0,7802          |
| <b>REPETIÇÃO</b>       | 4         | 0,064536  | 17855731,200 | 0,876     | 0,5000          |
| <b>ERRO</b>            | 16        | 0,294756  | 1218680,320  |           |                 |
| <b>Total corrigido</b> | 24        | 0,391473  |              |           |                 |

**CV (%) = 5,93**

**Média geral = 2,2902**

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Autor, 2023.

**ANEXO O** – Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável Porcentagem de proteína nos grãos, em 07/02//2023, em experimento conduzido em Monte Carlo -SC, no ano de 2022.

| <b>FV</b>              | <b>GL</b> | <b>SQ</b> | <b>QM</b> | <b>Fc</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| <b>TRATAMENTO</b>      | 4         | 0,957766  | 0,239442  | 0,416     | 0,7944          |
| <b>REPETIÇÃO</b>       | 4         | 2,087317  | 0,521829  | 0,908     | 0,4830          |
| <b>ERRO</b>            | 16        | 9,200100  | 0,575006  |           |                 |
| <b>Total corrigido</b> | 24        | 12,245184 |           |           |                 |

**CV (%) = 5,95**

**Média geral = 12,74**

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Autor, 2023.

**ANEXO P** – Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável Gramas de N acumulado nos grãos por hectare, em 07/02//2023, em experimento conduzido em Monte Carlo -SC, no ano de 2022.

| <b>FV</b>              | <b>GL</b> | <b>SQ</b>   | <b>QM</b>  | <b>Fc</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
|------------------------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------------|
| <b>TRATAMENTO</b>      | 4         | 1216,621786 | 304,155446 | 1,131     | 0,3769          |
| <b>REPETIÇÃO</b>       | 4         | 257,891035  | 64,472759  | 0,240     | 0,9117          |
| <b>ERRO</b>            | 16        | 4301,994245 | 268,874640 |           |                 |
| <b>Total corrigido</b> | 24        | 5776,507066 |            |           |                 |

**CV (%) = 21,96**

**Média geral = 74,65**

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Autor, 2023.

**ANEXO Q** – Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável peso de 1000 grãos, em 07/02//2023, em experimento conduzido em Monte Carlo -SC, no ano de 2022.

| <b>FV</b>              | <b>GL</b> | <b>SQ</b> | <b>QM</b> | <b>Fc</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| <b>TRATAMENTO</b>      | 4         | 15,006817 | 3,751704  | 1,929     | 0,1545          |
| <b>REPETIÇÃO</b>       | 4         | 5,673159  | 1,418290  | 0,729     | 0,5849          |
| <b>ERRO</b>            | 16        | 31,111085 | 1,944443  |           |                 |
| <b>Total corrigido</b> | 24        | 51,791062 |           |           |                 |

**CV (%) = 3,74**

**Média geral = 37,29**

**FV:** fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Autor, 2023.