

**INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CAMPUS IBIRUBÁ  
CURSO DE AGRONOMIA**

**FELIPE GOBEL**

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE  
CRESCIMENTO NOS CARACTÉRES PRODUTIVOS DO TRIGO**

**Ibirubá, RS, Brasil**

**2024**

**FELIPE GOBEL**

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE  
CRESCIMENTO NOS CARACTÉRES PRODUTIVOS DO TRIGO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Rodrigo Luiz Ludwig

**Ibirubá, RS, Brasil**

**2024**

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradecer a Deus pela vida, pela minha caminhada até aqui.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá por me conceder a oportunidade de estudar em uma escola com ensino público, gratuito e de qualidade, além de disponibilizar área agrícola para a realização deste trabalho.

Ao meu pai, Milton Gobel e minha mãe, Cleusa Gobel por todo apoio, carinho e incentivo para seguir os estudos em busca dos meus objetivos e metas.

Ao amigo e professor Rodrigo Luiz Ludwig, pelas suas colaborações, apontamentos e auxílio durante a realização do estudo.

## RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso  
Curso de Agronomia  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus  
Ibirubá

### INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NOS CARACTÉRES PRODUTIVOS DO TRIGO

FELIPE GOBEL:  
RODRIGO LUIZ LUDWIG:  
Ibirubá/RS, 27 de agosto de 2024

Nos últimos anos a área do trigo no Rio Grande do Sul tem se consolidado por volta dos 1,3 milhão de hectares, sendo observados aumentos na produção e produtividade do trigo. Embora isso seja uma verdade, há necessidade de estudos de técnicas agrícolas que tornem o cultivo de trigo mais atrativo para produtores rurais. Dentre essas técnicas, tem-se a possibilidade da busca por alternativas mais ecologicamente sustentáveis que, por sua vez, diminuam a dependência de insumos não renováveis. Um exemplo dessas práticas são os usos de microrganismos em espécies vegetais, principalmente as bactérias, que são estimuladoras do crescimento ou até mesmo impedidoras do crescimento ou atividade de agentes patogênicos. Todavia, ainda é uma temática com possibilidade de crescimento e expansão de mercado e de pesquisa, sendo assim, estudos para verificar épocas, doses e estádios para sua correta aplicação são importantes. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das bactérias promotoras de crescimento e ação biofúngica nos componentes de produtividade da cultura do trigo em comparação ao manejo químico. Para isto, foi instalado um experimento a campo no IFRS – Campus Ibirubá, entre junho a novembro de 2023. Utilizando a cultivar de trigo TBIO Trunfo, implantada em plantio direto em 20 de junho com espaçamento de 0,17 m, com uma densidade de 330 sementes por m<sup>2</sup>. Utilizou-se o Delineamento de blocos casualizado (DBC), utilizando um protocolo com cinco tratamentos envolvendo um produto com efeito biofúngico (Bombardeiro, da empresa Biotrop) isolado ou associado a fungicidas químicos, contendo quatro repetições: T1 - Testemunha; T2 - Bombardeiro aplicado no Perfilhamento (P) - Elongação do colmo (E) – Florescimento (F); T3- Bombardeiro (P-E-F) +Fungicida químico (P-E-F); T4- Bombardeiro (P) + Fungicida químico (E-F); T5- Fungicida químico (P-E-F). Foram avaliados no experimento as variáveis de emergência (plantas.m<sup>-2</sup>), número de espigas (espigas.m<sup>-2</sup>), estatura de plantas (cm), produtividade, peso de hectolitro e afilhos férteis. Os resultados foram submetidos à análise da variância pelo teste F e quando houve significância foi realizado o teste de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Não houve diferença estatística significativa para as variáveis emergência de plantas, número de espigas e afilhos férteis. Já para altura de plantas, o tratamento químico isolado e químico associado ao biológico em três aplicações, apresentaram as maiores alturas. Enquanto isso, para produtividade e peso hectolitro houve uma tendência semelhante, se sobressaindo as parcelas com tratamento químico isolado, químico + biológico em três aplicações e biológico na primeira aplicação e químico nas duas seguintes. O uso do produto comercial a base de bactérias *Bacillus* acarretou em incremento de altura de plantas, peso de hectolitro e também de produtividade. Entretanto verifica-se que

os produtos biológicos são mais uma ferramenta aliada no ganho de produtividade, porém sem realizar seu uso isolado, acrescentando-se seu uso ao método mais tradicional, que é o controle químico.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum*. *Bacillus*. Biofungicida. Microrganismos.

## **ABSTRACT**

Completion of course work  
Agronomy Course  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus  
Ibirubá

### **INFLUENCE OF THE USE OF GROWTH-PROMOTING BACTERIA ON THE PRODUCTIVE CHARACTERS OF WHEAT**

AUTHOR: FELIPE GOBEL  
ADVISOR: RODRIGO LUIZ LUDWIG  
Ibirubá/RS, August 27, 2024

In recent years, the wheat area in Rio Grande do Sul has been consolidated to around 1.3 million hectares, with increases in wheat production and productivity being observed. Although this is true, there is a need for studies by agricultural technicians that make wheat cultivation more attractive for rural producers. Among these techniques, there is the possibility of searching for more ecologically sustainable alternatives that, in turn, reduce dependence on non-renewable inputs. An example of these practices is the use of microorganisms in plant species, mainly bacteria, which are growth stimulators or even preventers of the growth or activity of pathogenic agents. However, it is still an area with the possibility of growth and market and research expansion, therefore, studies are important to verify times, doses and stages for its correct application. Thus, the objective of this work was to evaluate the influence of growth-promoting bacteria and biofungicide action on the productivity components of wheat in comparison to chemical management. For this, a field experiment was installed at IFRS – Campus Ibirubá, between June and November 2023. Using the wheat cultivar TBIO Trunfo, implemented in direct planting on June 20th with a spacing of 0.17 m, there is a density of 330 seeds per m<sup>2</sup>. A randomized block design (DBC) was used, using a protocol with five treatments involving a product with a biofungicide effect (Bombardeiro, from the company Biotrop) alone or associated with chemical fungicides, containing four replications: T1 - Control; T2 - Bomber applied to Tillering (P) - Stem elongation (E) – Flowering (F); T3- Bomber (P-E-F) + Chemical fungicide (P-E-F); T4- Bomber (P) + Chemical fungicide (E-F); T5- Chemical fungicide (P-E-F). The variables of emergence (plants.m<sup>-2</sup>), number of ears (cobs.m<sup>-2</sup>), plant height (cm), productivity, hectoliter weight and fertile tillers were evaluated in the experiment. The results were subjected to analysis of variance using the F test and when there was significance, the Scott-Knott mean test was performed at a 5% probability of error. There was no statistically significant difference for the variables plant emergence, number of ears and fertile tillers. As for plant height, the isolated chemical treatment and chemical treatment associated with the biological treatment in three applications, presented the highest heights. Meanwhile, for productivity and hectoliter weight there was a similar trend, with plots with isolated chemical treatment standing out, chemical + biological in three applications and biological in the first application and chemical in the following two. The use of the commercial product based on Bacillus bacteria resulted in an increase in plant height, hectoliter weight and also in productivity. However, it appears that biological products are yet another tool to

increase productivity, but without using them in isolation, adding their use to the more traditional method, which is chemical control.

**Key Words:** *Triticum aestivum*. *Bacillus*. Biofungicide. Microorganisms.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição estadual da produção de trigo no Brasil.....	15
Figura 2 – Balanço de oferta e demanda - trigo - em mil t.....	15
Figura 3 – Principais estádios de desenvolvimento da cultura de trigo conforme a escala de Zadoks, Chang e Konzac (1974) .....	17
Figura 4 – Mapa das regiões homogêneas de adaptação para trigo no Brasil.....	18
Figura 5 – Vista aérea da área experimental.....	24
Figura 6 – Realização de aplicações de produtos químicos na área experimental.....	27
Figura 7 – Avaliação de emergência de plantas.....	28
Figura 8 – Avaliação de altura de plantas e número de espigas.....	29
Figura 9 – Colheita de parcelas.....	30
Figura 10 – Medição de umidade.....	31
Figura 11 – Dados de precipitação, temperatura e radiação durante a realização do experimento.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Avaliação de emergência de plantas por metro quadrado, afilhos férteis e altura de plantas. Ibirubá-RS, 2023.....	33
Tabela 2: Avaliação de número de espigas por metro quadrado, peso de hectolitro e produtividade. Ibirubá-RS, 2023.....	35

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>12</b>
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1.1 A cultura do trigo.....	12
2.1.2 Produção e produtividade nacional de grãos de trigo.....	13
2.1.3 Estádios fenológicos do trigo.....	16
2.1.4 O cultivo do trigo.....	17
2.1.5 O uso de biológicos na cultura do trigo.....	20
2.1.6 Bombardeiro.....	23
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.2.1 Local do experimento.....	24
2.2.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	25
2.2.3 Condução do experimento.....	25
2.2.4 Avaliações.....	28
2.2.5 Análise estatística.....	31
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
<b>3 CONCLUSÃO</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma planta anual de inverno da família Poaceae e gênero *Triticum*. Acredita-se que tenha sido originado por gramíneas silvestres que se desenvolveram nas margens dos rios Tigres e Eufrates por volta de 12.000 anos atrás. Após uma seleção natural e artificial, chegaram-se às características atuais da cultura (SCHEEREN et al., 2015).

A planta de trigo é dividida em raízes, colmo, folhas e inflorescência. O sistema radicular é fasciculado, mas pode apresentar crescimento das raízes adventícias. As folhas, que se desenvolvem após a emissão do coleóptilo, são compostas por bainha, lâmina, lígula e um par de aurículas. O caule é do tipo colmo, geralmente oco e cilíndrico, e tem entre 4 e 7 entrenós. Na fase de enchimento de grãos, os nutrientes armazenados no colmo e nas folhas são extremamente relevantes, pois são transportados até a espiga, o que ajuda a encher o grão. A inflorescência é composta de várias espiguetas, que contêm os grãos. Esses são pequenos, secos e indeiscentes, do tipo cariopse (SCHEEREN et al., 2015).

Este tipo de grão tem grande relevância econômica em todo o mundo, sendo amplamente empregado na alimentação humana, como farinha, pão, massas, entre outros. A alimentação de animais também é relevante, uma vez que é empregado em diversas dietas em bovinos, suínos, aves e outros animais.

A cultura do trigo é uma das principais fontes de renda nas lavouras de inverno e desempenha um papel crucial na rotação de culturas, já que sua palhada contribui para o controle de plantas invasoras, redução da erosão e aprimoramento dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (CONAB, 2017).

No Brasil, a área semeada de trigo na safra 2024 foi de 3,06 milhões de hectares, com produtividade esperada de 2.917 Kg.ha<sup>-1</sup> e produção de 8,95 milhões de toneladas (CONAB, 2024). Já no estado do Rio Grande do Sul, o maior produtor de trigo do país, estão sendo cultivados 1,34 milhão de hectares de trigo, o equivalente a 43,7 % da área brasileira, resultando em uma produção esperada de cerca de 4,18 milhões de toneladas, com uma produtividade de 3.120 kg.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2024).

Embora sejam observados aumentos na produção e produtividade de trigo nos últimos anos, é de conhecimento que há um aumento constante na procura por esse grão, que está relacionado ao aumento populacional global.

Neste sentido, para contornar tal problema, Nunes (2009) cita que o estudo de técnicas agrícolas pode tornar o cultivo de trigo mais atrativo aos agricultores, proporcionando aumentos de produtividade e, ao mesmo tempo, reduções nos custos de produção da cultura.

Junto a isso, há uma elevada busca por alternativas mais ecologicamente corretas de produção, diminuindo a dependência de insumos não renováveis ou que podem ser potencialmente prejudiciais ao meio ambiente. Uma das maneiras de garantir essa sustentabilidade é interagindo com microorganismos que estão ligados a diversos tipos de culturas (SOUSA, 2007).

Dentre essas técnicas agrícolas, a utilização de microorganismos em espécies vegetais vem se destacando cada vez mais entre os pesquisadores, possibilitando um importante ganho ecológico e econômico em áreas agrícolas, tendo assim, um papel fundamental no processo de conquista da sustentabilidade na agricultura (CARDOSO e ANDREOTE, 2016).

De maneira direta, as bactérias estimulam o crescimento por permitirem uma maior oferta de nutrientes e um balanço hormonal mais equilibrado (LUGTEMBERG et al., 2009). Ocorre quando os microorganismos agem impedindo o crescimento ou a atividade de algum agente patogênico na planta hospedeiro (CHUNG et al., 2008).

A grande maioria de experimentos realizados no Brasil e na Argentina relataram benefícios, como crescimento das plantas e/ou aumento da produtividade, com a inoculação de *Azospirillum* (CASSÁN e GARCIA DE SALAMONE, 2008). Outras bactérias também possuem potencial de utilização na cultura do trigo, como *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus*, *B. licheniformis* e *Pseudomonas fluorescens*.

Ao melhorar a eficiência no campo, é possível utilizar a aplicação dessas bactérias por meio de pulverização nos estádios vegetativos da cultura. Essa opção tem se mostrado mais prática e eficiente, já que não há um dos principais problemas que afetam a inoculação da semente, que é a incompatibilidade com inseticidas, fungicidas e herbicidas, que podem causar danos prejudiciais (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Todavia, ainda é uma área com possibilidade de crescimento e expansão de mercado e de pesquisa, sendo assim, importante estudos para verificar épocas, doses e estádios para sua correta aplicação. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das bactérias promotoras de crescimento e efeito biofungicida nos

componentes de produtividade da cultura do trigo em comparação e consorcio ao tratamento químico em diferentes estádios de desenvolvimento.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1.1 A cultura do trigo**

O trigo é uma cultura anual de inverno, sendo que a grande maioria de suas cultivares são destinadas à produção de grãos (SANTOS et al., s/a), tendo como exceção as cultivares de duplo propósito (forragem e grão). É pertencente à classe Liliopsida, ou seja, é uma monocotiledônea; à ordem Poales e à família Poaceae, mais comumente conhecida como a família das gramíneas.

O trigo é uma planta da família das gramíneas, é uma das primeiras espécies a serem cultivadas pelo homem, devido à grande variedade de cultivares, o trigo pode ser cultivado em todas as partes do mundo (FORNASIERI FILHO, 2008). A planta de trigo é dividida em raízes, colmo, folhas e inflorescência. O sistema radicular é fasciculado, mas pode apresentar crescimento das raízes adventícias. Apresenta colmos eretos, alta capacidade perfilhamento, inflorescência do tipo espiga e flores do tipo espiguetas, além de um fruto seco do tipo cariopse ou grão, o qual é um amiláceo. As folhas, que se desenvolvem após a emissão do coleóptilo, são compostas por bainha, lâmina, lígula e um par de aurículas. O caule é do tipo colmo, geralmente oco e cilíndrico, e tem entre 4 e 7 entrenós. Na fase de enchimento de grãos, os nutrientes armazenados no colmo e nas folhas são extremamente relevantes, pois são transportados até a espiga, o que ajuda a encher o grão. A inflorescência é composta de várias espigas, que contêm os grãos. Esses são pequenos, secos e indeiscentes, do tipo cariopse (SCHEEREN et al., 2015).

Estima-se que o início do cultivo do trigo tenha ocorrido a cerca de 10 mil anos a.C., na Mesopotâmia, região chamada pelos historiadores de Crescente Fértil e onde atualmente se encontram o Egito e o Iraque (ABITRIGO, s/a). A partir daí a cultura foi sendo disseminada para as demais partes do mundo.

A cultura do trigo representa, aproximadamente, 30% da produção mundial de grãos (CAIERÃO, 2014). Todavia, a sua importância não se deve apenas às altas quantidades produzidas mundialmente, mas também pelo destino desta produção, que é principalmente para a alimentação humana. Após a moagem dos grãos, produz-se a farinha de trigo, que é a base para a produção de pães, massas, biscoitos, bolos, etc.

Ainda, cabe destacar que este cereal é usado na elaboração de produtos não alimentícios (misturas adesivas ou de laminação para papéis ou madeiras, colas, misturas para impressão, agentes surfactantes, embalagens solúveis ou comestíveis, álcool, antibióticos, vitaminas, fármacos, cosméticos, etc.); bem como na alimentação animal, na forma de forragem, de grão ou na composição de ração (DE MORI e IGNACZAK, 2011 apud CAIERÃO, 2014).

### **2.1.2 Produção e produtividade nacional de grãos de trigo**

O trigo chegou ao Brasil no ano de 1534, sendo trazido por Martin Afonso de Souza, que desembarcou na capitania de São Vicente do Sul, região pertencente hoje a São Paulo (BIOTRIGO, s/a). No entanto, a cultura só adquiriu importância econômica em meados do século XVII, quando fora semeada também no Rio Grande do Sul (ROSSI e NEVES, 2004 apud PINTO et al., in OLIVEIRA NETO e SANTOS, 2017).

Já no século XIX, houve a disseminação da ferrugem, doença que se alastrou nas lavouras de trigo, fato que, juntamente com a abertura dos portos e com a intensificação do contrabando na região do Rio da Prata, contribuiu para o quase desaparecimento da cultura do trigo no Brasil (PINTO et al., in OLIVEIRA NETO e SANTOS, 2017).

Porém, a partir de 1940, a cultura começa novamente a se expandir no Rio Grande do Sul, após incentivos do governo (EMBRAPA, s/a). Assim, no final da década de 50, houve o surgimento e fortalecimento de diversas cooperativas agrícolas baseadas na produção do cereal, fato esse que deixou um legado muito grande no desenvolvimento da própria agricultura no estado do Rio Grande do Sul, com reflexos até os dias de hoje (BESTÉTTI et al., in OLIVEIRA NETO e SANTOS, 2017). Segundo

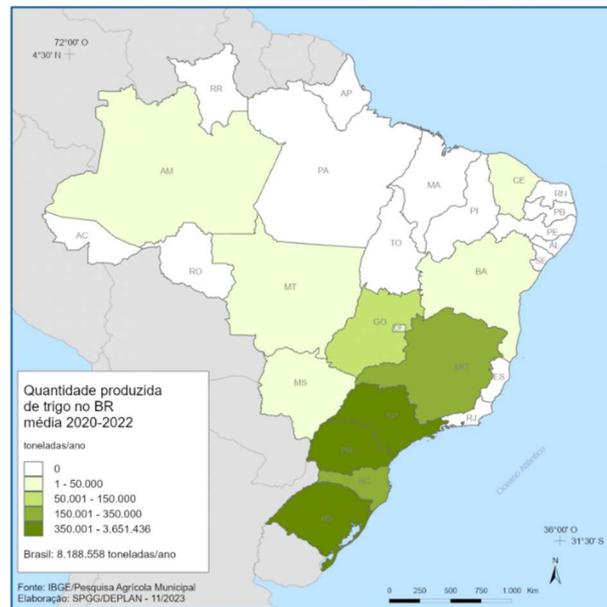
os mesmos autores, essas cooperativas eram as responsáveis por intermediar a compra da produção pelo governo.

Altas produções nacionais de trigo foram mantidas até o ano de 1990, quando houve a liberalização do mercado e menores incentivos do governo; e com a assinatura do Mercosul em 1994, o Brasil passou a importar trigo da Argentina, dos Estados Unidos e do Canadá a preços reduzidos (PINTO et al., in OLIVEIRA NETO e SANTOS, 2017).

Sabe-se que a Argentina, devido às privilegiadas condições de solo e clima, desde esta época até hoje, consegue produzir trigo com custos extremamente baixos e, amparada pelos acordos do Mercosul, consegue exportar o cereal a preços inferiores aos custos de produção do trigo brasileiro (EMBRAPA, s/a). Assim, num problema que perdura até os dias de hoje, os produtores nacionais passaram a conviver com esta competição, tendo impactos na lucratividade. Muitos deixaram a atividade, mantendo a lavoura em pousio no inverno ou utilizando apenas culturas de cobertura; outros foram obrigados a melhorar seus índices produtivos e/ou reduzir custos para manter a atividade rentável.

Já no início dos anos 2000, com a desvalorização do real frente às moedas estrangeiras e um esforço conjunto de toda a cadeia do trigo no país, o segmento voltou a se reerguer e, em poucos anos, voltou a atingir patamares elevados de produção, superando 6 milhões de toneladas colhidas no ano de 2003 em todo o Brasil (BESTÉTTI et al., in OLIVEIRA NETO e SANTOS, 2017). Desde então, até hoje, com exceção de alguns anos com adversidades climáticas, a produção nacional de trigo tem se mantido acima dos 5 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

E esta produção está concentrada na Região Sul; porém, nos últimos anos, houve uma expansão do trigo mais ao norte do país, como se pode ver na Figura 1.

**Figura 1 – Distribuição estadual da produção de trigo no Brasil.**

Fonte: IBGE (2022)

Como maior estado produtor nacional, destaca-se o Rio Grande do Sul, com uma produção esperada aproximadamente de 4,18 milhões de toneladas, seguido pelo Paraná, com 3,07 milhões de toneladas (dados esperados para a safra de 2024) (CONAB, 2024).

Entretanto, a demanda interna pelo trigo é de aproximadamente 11 milhões de toneladas de grãos todo ano (CONAB, 2024). Isto faz com a importação seja prática necessária (Figura 2), sendo a Argentina o principal país de origem.

**Figura 2 – Balanço de oferta e demanda - trigo - em mil toneladas.**

SAFRA	ESTOQUE INICIAL	PRODUÇÃO	IMPORTAÇÃO	SUPRIMENTO	CONSUMO	EXPORTAÇÃO	ESTOQUE FINAL
2018	2.387,4	5.427,6	6.738,6	14.553,6	11.360,8	582,9	2.609,9
2019	2.609,9	5.154,7	6.676,7	14.441,3	11.860,6	342,3	2.238,4
2020	2.238,4	6.234,6	6.007,8	14.480,8	11.599,0	823,1	2.058,7
2021	2.058,7	7.679,4	6.080,1	15.818,2	11.849,8	3.045,9	922,5
2022*	922,5	10.554,4	4.514,2	15.991,1	11.894,1	2.656,6	1.440,4
2023*	1.440,4	8.096,8	5.800,0	15.337,2	11.943,6	2.800,0	593,6
2024**	jun/24	93,6	9.065,3	6.000,0	15.158,9	12.493,1	665,8
	jul/24	593,6	8.955,8	6.000,0	15.549,4	11.892,0	1.657,4

Fonte: CONAB (2024)

Quanto à produtividade nacional do trigo, esta encontra-se em plena evolução em nosso país, sendo que está sendo projetada uma produtividade de 3.120 kg.ha<sup>-1</sup>

na safra 2024 (CONAB, 2024). Em contrapartida, o potencial da cultura pode chegar, a campo, em rendimentos superiores a 5.500 kg.ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2020).

Todavia, deve-se salientar que o reestabelecimento do setor tritícola no início dos anos 2000 veio acompanhado de um grande incremento na produtividade do trigo, gerado pelo uso de material genético de ponta, maquinário moderno e adequação do pacote tecnológico (BESTÉTTI et al., in OLIVEIRA NETO e SANTOS, 2017); e que este incremento em produtividade está sendo buscado anualmente pelo melhoramento genético, onde as empresas, antes de lançarem um novo material a campo, testam se este é mais produtivo que os já presentes.

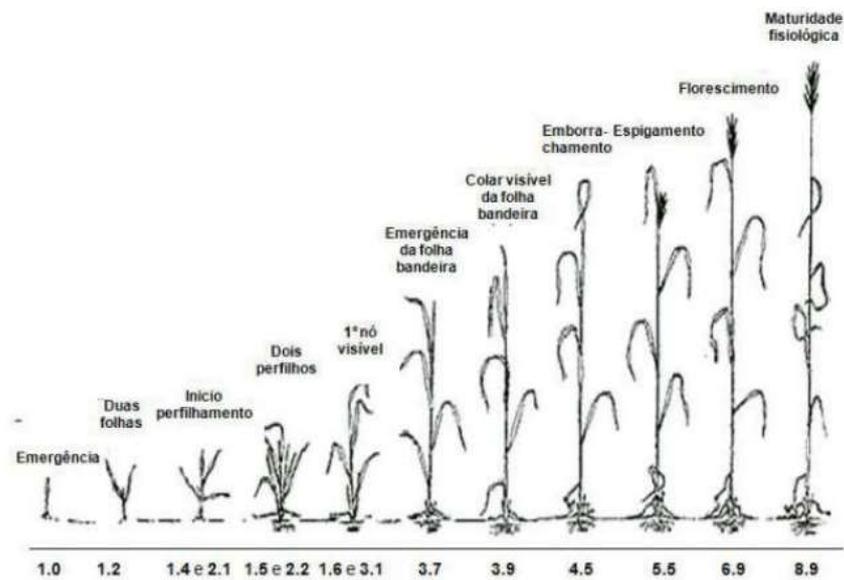
### **2.1.3 Estádios fenológicos do trigo**

Usualmente, os estádios de desenvolvimento mais conhecidos do trigo são (por ordem cronológica): plântula, afilhamento, alongamento, emborrachamento, espigamento, florescimento, grão em estado leitoso, grão em massa, grão em maturação fisiológica e grão maduro (SCHEEREN et al., 2015).

No entanto, em trabalhos científicos, foram descritas diversas escalas de desenvolvimento, sendo mais divulgadas as escalas de Feekes, proposta em 1940, modificada por Large (1954); e a de Zadoks, Chang e Konzac (1974) (Figura 3) (SCHEEREN et al., 2015). Segundo os mesmos autores, a escala de Feekes, modificada por Large, traz os estádios de forma mais resumida e usual; ao passo que a de Zadoks, Chang e Konzac proporciona uma visão mais detalhada de cada estágio, sendo assim mais recomendada para o uso em trabalhos científicos, pois está dividida em 10 etapas e, cada uma, em 10 subetapas.

Desta forma, esta última escala é constituída por dois dígitos, sendo que o primeiro corresponde ao estágio principal de desenvolvimento, iniciando com a fase de germinação (estádio 0) e finalizando com a fase de maturidade fisiológica dos grãos (estádio 9), e o segundo formado pela subdivisão do estágio principal (FORNASIERI FILHO, 2018 apud BEVILACQUA, 2019).

**Figura 3** – Principais estádios de desenvolvimento da cultura de trigo conforme a escala de Zadoks, Chang e Konzac (1974).

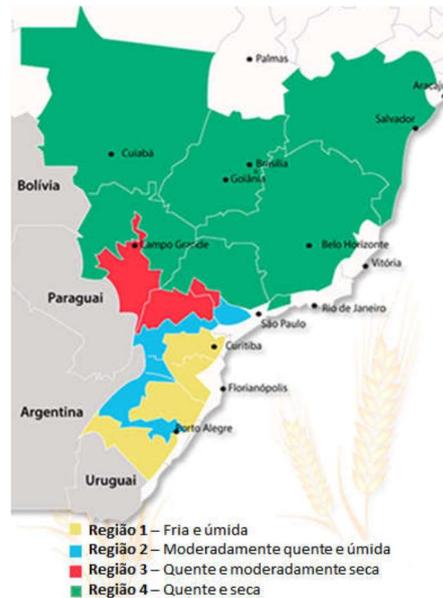


Fonte: FORNASIERI FILHO (2018 apud BEVILACQUA, 2019)

#### 2.1.4 O cultivo do trigo

Devido a sua plasticidade de adaptação, o trigo é cultivado tanto em regiões subtropicais quanto tropicais (PASINATO et al., 2014). E em nosso país, isto não é diferente, sendo que a cultura se estende do Sul até o Nordeste. Assim, o Brasil foi dividido em quatro regiões tritícolas (CUNHA et al., 2016 apud BEVILACQUA, 2019), conforme ilustra a Figura 4.

**Figura 4** – Mapa das regiões homogêneas de adaptação para trigo no Brasil.



Fonte: CUNHA et al. 2016 apud BEVILACQUA, 2019

Porém, deve-se destacar que o rendimento e a qualidade de grãos são fortemente influenciados pelas condições climáticas de cada região ao longo da safra. Os principais riscos nas regiões subtropicais estão relacionados ao excesso de chuva após a maturação fisiológica e o período de colheita, e à ocorrência de geadas e déficit hídrico no florescimento, as quais comumente ocorrem nessas regiões (PASINATO et al., 2014). Já nas regiões tropicais, segundo os mesmos autores, os riscos mais importantes estão relacionados à umidade e à temperatura do ar elevadas durante o período de florescimento e enchimento de grãos.

Desta forma, a época de semeadura de cada local deve seguir o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) para trigo, sendo que este zoneamento é fornecido anualmente pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e visa diminuir os riscos relacionados a fenômenos ambientais adversos. Segundo dados encontrados no site do MAPA, no item Gestão de Riscos, subitem Risco Agropecuário, para a safra 2024/24, a recomendação de semeadura de trigo no município de Ibirubá, local de realização do presente trabalho, foi entre os dias 21/05 e 20/07. Neste período, para o Grupo I de cultivares, ao qual faz parte a utilizada neste experimento, o risco climático foi de 40% entre os dias 21/05 a 31/05, 30% entre os dias 01/06 a 10/06 e de 20% nas datas entre 11/06 a 20/07 (BRASIL, 2024).

Quanto à escolha da cultivar a ser implantada, esta é uma etapa fundamental para o sucesso produtivo. De preferência, deve-se optar por cultivares mais novas,

consideradas modernas, visto que estas geralmente possuem vantagens produtivas em relação às com mais tempo no mercado.

Neste sentido, conforme Caierão et al., (2014), consideram-se cultivares de trigo modernas aquelas que apresentam elevado rendimento de grãos; resistência/tolerância às principais doenças – principalmente ferrugem da folha, giberela e brusone; estatura de planta baixa e/ou resistência ao acamamento; resistência/tolerância à germinação em pré-colheita, à debulha natural e à seca ou calor; além de aptidão industrial definida.

Quanto à sementeira da cultura do trigo, esta deve ser preferencialmente em linha, a partir do uso de semeadoras, e com um espaçamento entre linhas de 0,17 a 0,20 m (SANTOS et al., 2014). Segundo os mesmos autores, a profundidade de sementeira varia entre 2 a 5 cm, conforme a umidade presente no solo; enquanto que a densidade de sementeira varia conforme a cultivar.

Já sobre a adubação, esta deve ser feita realizada conforme a recomendação do Manual de Adubação e Calagem de cada região. Cabe salientar que, segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul (2016), quando a adubação nitrogenada superar os 20 kg de N.ha<sup>-1</sup>, esta quantia deve ser aplicada na sementeira e o restante em cobertura, entre os estádios de afilhamento e alongamento do colmo (estádios 2.20 a 3.30 da escala de Zadoks, Chang e Konzac (1974)).

Quanto aos cuidados com doenças, estes devem começar no momento de escolha da área de onde será cultivado o trigo. Recomenda-se fazer a sementeira em uma área onde não havia trigo no ano anterior, visando uma rotação de culturas, pois esta rotação minimiza o inóculo inicial de muitas doenças, principalmente das manchas foliares. Cabe destacar também que a rotação de culturas possui vários outros benefícios ao trigo, como uma menor incidência de pragas e plantas daninhas.

Outro ponto importante no controle de doenças é o uso de cultivares resistentes. Entretanto, segundo Reis et al. (2019), ainda não foram desenvolvidas cultivares resistentes a todas as doenças. Assim, outras técnicas, como a produção de sementes livres de patógenos e seu tratamento com fungicidas, a eliminação de plantas voluntárias e o uso do controle químico via pulverização na parte aérea, são de extrema relevância (REIS et al., 2019).

Para o controle de giberela (*Giberella zae*), por exemplo, faz-se necessária a aplicação de fungicidas na parte aérea (mais precisamente nas espigas) quando as

condições ambientais favoráveis à doença coincidirem com a floração, ou seja, quando houver precipitação pluvial por no mínimo 48 horas consecutivas e temperaturas entre 20 e 25 °C (EMBRAPA TRIGO, 2004). Deve-se destacar que esta aplicação deve ser realizada antes do período de precipitação, pra quando esta ocorrer a planta já estar protegida. Porém, é importante ressaltar que a aplicação de fungicidas na parte aérea deve ser tratada como uma medida emergencial, não como a primeira nem como a única medida de controle, pois sua utilização de forma isolada não é tão eficiente como aliada às demais medidas.

Quanto às pragas da cultura do trigo, há um número relativamente pequeno, mas merecem destaque os pulgões, a lagarta-do-trigo, o coró-do-trigo e o percevejo-barriga-verde (MARSARO JUNIOR et al., 2014). A forma de controle mais usual é o químico; todavia, devem ser utilizados apenas produtos registrados para tal no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; e recomenda-se que, preferentemente, sejam empregados produtos com um menor efeito tóxico sobre inimigos naturais das pragas (MARSARO JUNIOR et al., 2014).

Já quanto ao controle de plantas daninhas, este se faz necessário anualmente. As principais plantas daninhas que competem com o trigo são o azevém (*Lolium multiflorum*), a aveia preta (*Avena strigosa*) e a nabiça (*Raphanus sativus*); e os herbicidas constituem-se no método mais utilizado para o controle destas (VARGAS, 2014). Entretanto, conforme o mesmo autor, assim como para doenças e também para pragas, o controle químico deve ser visto como uma ferramenta adicional, e não como o único método para diminuir os prejuízos com plantas daninhas.

### **2.1.5 O uso de biológicos na cultura do trigo**

As bactérias que estimulam o crescimento de plantas (BPCP) são capazes de gerar diversos benefícios, que podem estar diretamente ou indiretamente ligados aos vegetais (VEJAN, 2016). Podem estimular o crescimento e o desenvolvimento das plantas através de mecanismos diretos e/ou indiretos, convivendo de forma associada nas superfícies radiculares, como a rizosfera e filosfera, e também nos tecidos internos de vegetais de diferentes espécies (HUNGRIA et al., 2010).

Ainda são produzidos fitormônios que estimulam o crescimento radicular, aprimorando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (DOORNBOS et al., 2012). As bactérias possuem a habilidade de fomentar o crescimento das plantas de diversas maneiras, incluindo o aumento da atividade da nitrato redutase durante o crescimento endofítico das plantas (CASSÁN et al., 2008), a capacidade de fixação biológica de N (HUERGO et al., 2008) e a solubilização de fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004).

Os gêneros mais estudados de BPCP são: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum* e *Rhizobium* (ARAÚJO, 2008). Existem, dentre as bactérias que podem gerar a fixação de N<sub>2</sub> na planta, o que produz auxinas. O principal é o ácido indolacético (AIA) e as giberelinas, que estimulam o crescimento vegetal, das raízes, aumentando a absorção de água e nutrientes (BASHAN et al., 2004).

Além disso, produzem fitormônios que estimulam o crescimento radicular, melhorando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (DOORNBOS et al. 2012). De acordo com Barassi et al. (2008), a injeção de *Azospirillum brasilense* proporciona diversos benefícios, como aprimorar os parâmetros fotossintéticos, incluindo os níveis de clorofila e condutância estomática, otimizar o uso da água, aumentar a produção de biomassa, melhorar a elasticidade da parede celular, aumentar a altura das plantas e aumentar a produtividade.

A maneira mais comum de disponibilizar as BPCP para as culturas agrícolas é por meio da inoculação de sementes. Essa técnica requer alguns cuidados, devendo ser executada de forma uniforme para que todas as sementes sejam atingidas, não deixar as sementes expostas ao sol, semear logo após a inoculação ou, no máximo, em 24 horas para a grande maioria das formulações. Se a semeadura não for viável durante este período, é recomendável refazer a inoculação. Se as sementes forem tratadas com inseticida e/ou fungicida, o inoculante deve ser adicionado por último. É importante observar a compatibilidade dos inseticidas e fungicidas utilizados no tratamento das sementes (HUNGRIA, 2011).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas são representadas por um grupo de microrganismos de vida livre e possuem o potencial de estimular o desenvolvimento das plantas, de forma direto ou indireta. São capazes de colonizar a rizosfera ou adentrar nos tecidos, estabelecendo relações simbióticas entre microrganismo e planta, num mútuo benefício (GLICK, 2012).

A rizosfera pode ser definida como ponto do solo que está em relação com as raízes das plantas, tanto físico, quanto químico e influenciada pela atividade e crescimento dessas raízes. (NGUYEN, 2003; BENIZRI E KIDD, 2018). Essas relações são tidas como um microssistema complexo, no qual solo, planta e microrganismos interagem (MENDES et al., 2013).

De acordo com Mazzuchelli et al. (2014), a bactéria *Bacillus subtilis* é uma bactéria que habita o solo e produz antibióticos, enzimas e fitormônios que beneficiam as plantas. De acordo com Araújo (2008), o *Bacillus subtilis* introduzido nas sementes de milho tem a capacidade de aumentar o crescimento e a nutrição das plantas. Além disso, Vardharajula et al. (2011) constataram que a presença de *Bacillus sp.* aumentou a tolerância à seca em mudas de milho, reduzindo a atividade de enzimas antioxidantes, como ascorbato peroxidase (APX) e glutatona peroxidase (GPX).

Atualmente o *Bacillus subtilis* é utilizado como procedimento para o controle de doenças em plantas e até mesmo para aumentar a rendimento das mesmas, ao utilizar em tratamento de sementes tem a função de aumentar a fixação de nitrogênio e solubilidade de nutrientes que a planta usa, além de compor uma área específica no controle biológico (FILHO, et al., 2010). Também é de fácil mobilidade, e demonstra grande efetividade no controle de doenças por diferentes patógenos, atua impedindo que a aderência de patógenos a folha das plantas, prejudicando o desenvolvimento dos mesmo (SEI, et al., 2011).

Diante disso, Brito (2023) em sua pesquisa verificou que os microrganismos influenciaram de maneira variável entre as cultivares, entretanto, houve acréscimo de produtividade e qualidade, indicando efetividade da associação planta-bactéria devido muito também aos metabolitos.

No entanto, Luz (1993) em um experimento com nove microrganismos, incluindo bactérias, testaram produtos biológico de sementes, obteve um resultado positivo com a redução da porcentagem de espigas brancas e sintomas nas raízes de trigo em relação ao mal-do-pé do trigo (*Gauemannomyces graminis var. tritici*). O autor ainda destaca que a bactéria *Bacillus subtilis* apresentou níveis de controle desta doença na ordem de 98%.

No trabalho de Brito (2023), em ambiente de estufa, observou que o uso de bactérias da espécie *B. megaterium* + *B. subtilis*, incrementou na assimilação de carbono e aproveitamento da luz, assim como incremento de parte aérea e raiz, além de haver acréscimo de 22% na produção.

Também de acordo com Luz (1994), em alguns de seus experimentos demonstraram que a microbiolização das sementes protegeu significativamente contra fungos que são transmitidos pela semente, dentre eles, do gênero *Bipolaris* e *Drechslera*. Segundo o trabalho de Luz (1996) essas bactérias devem ser usadas de forma integrada no manejo de doenças, utilizando-as de forma conjunta e concomitante aos fungicidas.

### 2.1.6 Bombardeiro

O produto bombardeiro, é um biofungicida de formulação líquida e baixa dosagem, da empresa BioTrop, sendo registrado no Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA). Possui microrganismos na forma de endósporo, conferindo maior resistência contra situações climáticas adversas além de ter um maior espectro de ação dentro dos biofungicidas no mercado. (BIOTROP, 2024).

Possui benefícios como a aplicação preventiva contra patógenos que atuam na palhada do solo, facilidade de aplicação, além de não causar fitotoxicidade na planta e potencializar o efeito de fungicidas específicos no controle de doenças (BIOTROP, 2024).

Possui diversos alvos biológicos de controle, podemos destacar alguns: Brusone (*Magnaporthe grisea*), Ferrugem-da-folha (*Puccinia hordei*), Giberela (*Gibberella zeae*), Mancha-amarela (*Drechslera tritici-repentis*) (BIOTROP, 2024).

O produto pode ser armazenado por até 24 meses em temperatura ambiente (não refrigerado). Sua composição compõe: *Bacillus subtilis* (CCTB04)  $1,5 \times 10^{11}$  endósporos viáveis/L; *Bacillus velezensis* (CCTB09)  $1,2 \times 10^{11}$  endósporos viáveis/L; *Bacillus pumilus* (CCTB05)  $1,9 \times 10^{11}$  endósporos viáveis/L (BIOTROP, 2024).

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Local do experimento

O estudo foi realizado no campo experimental (Figura 5) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), campus Ibirubá - RS, com coordenadas geográficas 28°39'10" S e 53°06'48" O, com elevação de 454m.

**Figura 5** – Vista aérea da área experimental. Ibirubá, RS, 2024.



Fonte: Google Earth Pro (2024)

O campo experimental do IFRS - Campus Ibirubá está situado na região fisiográfica do Planalto Médio, Rio Grande do Sul, Brasil, com clima Cfa - subtropical úmido (MORENO, 1961). Já o solo da área é classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), provavelmente sendo distroférico típico e possui o sistema plantio direto implantado há cerca de 30 anos.

Durante a realização do experimento foram registrados o volume de precipitação, radiação solar e a temperatura atmosférica, os dados foram retirados da base de dados na internet da estação meteorológica do Inmet localizada no município de Ibirubá (INMET, 2024), estação essa muito próxima da área experimental.

### 2.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de Blocos Casualizados (DBC), com 5 tratamentos e 4 repetições, constituindo-se de 20 unidades experimentais. As parcelas possuíam tamanho de 5,0 x 4,08 metros, totalizando assim 20,4 m<sup>2</sup>. Assim sendo, o experimento constituía-se de uma área de 408 m<sup>2</sup>.

As aplicações dos tratamentos, foram efetuados em 3 momentos de aplicações, em diferentes estádios fenológicos da cultura, sendo no perfilhamento (F), alongação do colmo (E) e florescimento (F), totalizando 4 aplicações dos tratamentos nos estádio de desenvolvimento da cultura, sendo 2 no perfilhamento, 1 na alongação do colmo e 1 no florescimento.

- T1 - Testemunha, sem nenhum tratamento;
- T2 - Bombardeiro® (PP-E-F)
- T3 - Bombardeiro® (PP-E-F) + Fungicida químico (PP-E-F);
- T4 - Bombardeiro® (PP) + Fungicida químico (E+F);
- T5 - Fungicida químico com aplicação (PP-E-F).

Todos os tratamentos, incluindo a testemunha possuíam tratamento de sementes com o produto BioTrio®, da empresa BioTrop, o produto é um inoculante a base de bactérias do gênero *Bacillus* que possui benefícios como o aumento da produtividade e rentabilidade, promoção do aumento do sistema radicular, acelerando o desenvolvimento inicial da cultura e restabelecendo o equilíbrio biológico da rizosfera.

### 2.2.3 Condução do experimento

Num primeiro momento, antecedendo a semeadura foi realizado a dessecação da área no dia 24/05/2023 visando eliminar plantas daninhas estabelecidas na área, utilizando-se da mistura de Glifosato (2 kg.ha<sup>-1</sup>) e Cletodim (0,5 L.ha<sup>-1</sup>) e, após uma semana outra dessecação foi realizada a base de 2,4-D (1,5 L.ha<sup>-1</sup>).

A cultivar escolhida para realização do experimento foi a TBIO Trunfo na densidade de  $140 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , que correspondia a uma população de 330 sementes. $\text{m}^2$ . Essa semente tinha tratamento à base de inseticida imidacloprid ( $1,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$  de semente) e BioTrio. A adubação de base utilizada correspondeu a  $280 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de formulação NPK 16-16-16.

A semeadura ocorreu no dia 20 de junho de 2023, de forma mecanizada, através do uso de semeadora adubadora de fluxo contínuo, a uma profundidade de aproximadamente de 3cm, com espaçamento de 0,17m. O sistema de cultivo utilizado na área é de o plantio direto, realizando o revolvimento do solo somente em linhas de semeadura. A área onde se implantou o experimento foi cultivado na safra passada (2022/2023) com a cultura da soja no verão e trigo no inverno.

Logo após a semeadura do trigo, foi feita aplicação de herbicida pré-emergente, a base de Piroxasulfona ( $500 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ), na dosagem de  $200 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Para realização do experimento foi utilizado o produto biológico Bombardeiro®, da empresa Biotrop. Este produto é um biofungicida foliar, tendo como composição três espécies de bactéria do gênero *Bacillus*: *Bacillus subtilis*, *Bacillus velezensis* e *Bacillus pumilus*. O biofungicida possui um grande espectro de ação, tendo uma formulação líquida e de baixa dosagem, além de potencializar o efeito de fungicidas específicos no controle de doenças foliares. Na realização do experimento foi utilizado a dose de  $300 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$  de Bombardeiro® via aplicação foliar.

Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas 2 aplicações de nitrogênio na forma de ureia protegida (45 % de N), sendo a primeira aplicação no dia 08/08/2023 na dose de  $100 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e a segunda no dia 23/08/2023 também na dose de  $100 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , totalizando  $200 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de uréia.

Após as aplicações de nitrogênio, foram realizadas algumas aplicações de fungicidas, herbicida, do produto biológico (Figura 6), sendo as seguintes aplicações e distribuições ao longo do tempo:

- Herbicida pós-emergente: no dia 15/07, a base de Metsulfurom-metílico ( $600 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) na dosagem de  $8 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ , visando controle de plantas daninhas folhas largas;
- Primeira aplicação de fungicida: no dia 29/07, a base de Metominostrobin ( $110 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) + Tebuconazol ( $165 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) na dosagem de  $700 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$  + Bombardeiro® na dosagem de  $300 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$  visando aplicação dos tratamentos no início do perfilhamento.

- Segunda aplicação de fungicida: no dia 16/08, a base de Metominostrobin (110 g.L<sup>-1</sup>) + Tebuconazol (165 g.L<sup>-1</sup>) na dosagem de 700 mL.ha<sup>-1</sup> + Clorotalonil (720 g.L<sup>-1</sup>) na dosagem de 1,5 L.ha<sup>-1</sup> + Bombardeiro® na dosagem de 300 mL.ha<sup>-1</sup>, visando aplicação dos tratamentos no final do perfilhamento.
- Terceira aplicação de fungicida: no dia 30/08, a base de Piraclostrobina (81 g.L<sup>-1</sup>) + Fluxapiraxade (50 g.L<sup>-1</sup>) + Epoxiconazol (50 g.L<sup>-1</sup>) na dosagem de 1 L.ha<sup>-1</sup> + Bombardeiro® na dosagem de 300 mL.ha<sup>-1</sup> visando aplicação dos tratamentos na elongação do colmo.
- Quarta aplicação de fungicida: no dia 15/09, a base de Trifloxistrobina (150 g.L<sup>-1</sup>) + Bixafem (125 g.L<sup>-1</sup>) + Protioconazol (175 g.L<sup>-1</sup>) na dosagem de 500 mL.ha<sup>-1</sup> + Imidacloprid (480 g.L<sup>-1</sup>) + Bombardeiro® na dosagem de 300 mL.ha<sup>-1</sup> visando aplicação dos tratamentos no florescimento.
- Aplicações de inseticida Imidacloprid (480g.L<sup>-1</sup>) na dosagem de 200 mL.ha<sup>-1</sup> , totalizando 3 aplicações,

**Figura 6** – Realização de aplicações de produtos químicos na área experimental.



Fonte: O autor (2024)

## 2.2.4 Avaliações

### 2.2.4.1 Emergência de plantas

Essa avaliação foi realizada aos 15 dias após a semeadura do trigo, no dia 05/07, o qual realizou-se a contagem das plantas de trigo emergidas em duas linhas centrais da parcela em 2 metros lineares (Figura 7).

**Figura 7:** Avaliação de emergência de plantas



Fonte: Cossul, 2023.

### 2.2.4.2 Altura de plantas

A estatura de plantas foi realizada aos 86 dias após semeadura do trigo, no dia 15/09 (Figura 8), avaliação na qual, através do auxílio de uma trena graduada em centímetros, mediu-se a altura de 10 plantas aleatórias dentro da unidade experimental, sendo essa altura considerada da base do solo até a inserção da espiga.

**Figura 8** – Avaliação de altura de plantas e número de espigas



Fonte: O autor (2024)

#### 2.2.4.3 Afilhos férteis

Essa variável foi calculada, utilizando os dados de plantas por  $m^2$  e espigas por  $m^2$ . Para isso, foi descontado o número de plantas do número de espigas. Em seguida, esse número de perfilhos foi dividido pelo número de plantas e o resultado foi a quantidade de perfilhos férteis, ou seja, que geraram espigas.

#### 2.2.4.4 Contagem de espigas

Realizado aos 86 dias após semeadura, no dia 15/09, contando o número de espigas em 1m linear de cada unidade experimental, tendo assim o número de espigas por  $m^2$ .

#### 2.2.4.5 Produtividade

Para a avaliação da produtividade, foi realizada a colheita manual com auxílio de uma foice de mão (Figura 9) de 3 m lineares por 10 linhas centrais de trigo de cada unidade experimental, totalizando assim uma área útil de 5,1 m<sup>2</sup>.

**Figura 9** – Colheita das parcelas.



Fonte: O autor (2024)

Esta colheita foi realizada no dia 06/11, quando verificada a maturidade de colheita do trigo. Após a colheita, as amostras foram trilhadas por meio de uma trilhadora tratorizada e os grãos acondicionados em papel kraft, sendo levados posteriormente para o laboratório.

Num próximo momento, essas amostras foram passadas em peneiras para remoção de impurezas, para pesagem da massa de grãos da área colhida e também para medição do teor de umidade dos grãos, para correção da produtividade, por meio do uso de um medidor de umidade modelo G600i (Figura 10).

O teor de umidade da massa de grãos foi corrigida para teor 13% e a produtividade extrapolada de g.m<sup>-2</sup> para kg.ha<sup>-1</sup>.

**Figura 10** – Medição de umidade.



Fonte: O autor (2024).

#### 2.2.4.6 Peso Hectolitro

Quanto à determinação do PH, que é a massa de cem litros de trigo expressa em quilogramas (GANDINI e ORTIZ, s/a), o peso hectolitro foi realizado utilizando uma balança de precisão (0,01g) e uma balança hectolétrica da marca DalleMolle.

#### 2.2.5 Análise estatística

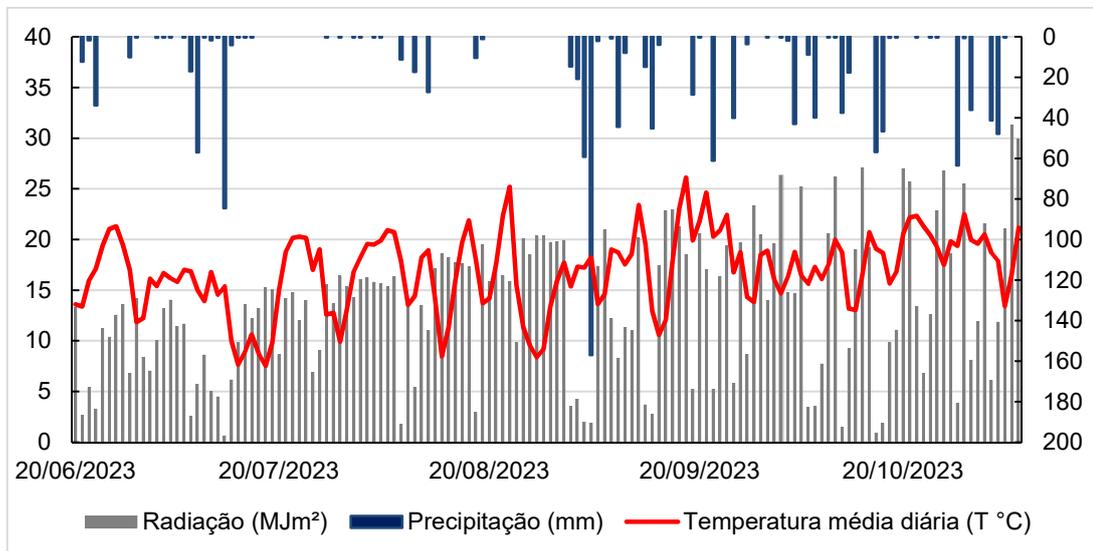
Os resultados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ), isto através do software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2019). E quando houve significância estatística, realizou-se a comparação de médias com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de ser uma planta que se adapta a diferentes climas em diferentes regiões, a cultura têm o seu rendimento influenciado pelas condições do clima, a planta de trigo é umas das plantas com considerável resistência a seca, sendo o consumo total de água que a o trigo demanda para seu ciclo é de 486,0 mm da semeadura até a maturidade fisiológica. O excesso de chuva durante a fase de granação determina a quebra física da produção, diminuição do pH e conseqüentemente menor preço pago ao produtor, além de prejuízos no aspecto de grão, além de possibilitar o desenvolvimento de doenças (FORNASIERI FILHO, 2008).

Na figura 11 é apresentado o gráfico de radiação, precipitação e temperatura média diária, durante o ciclo da cultura houve um volume de chuvas de 1239 mm de precipitação pluviométrica, chovendo quase o triplo do que a cultura necessita.

**Figura 11** – Dados de precipitação, temperatura e radiação durante a realização do experimento.



Fonte: Inmet (2024)

A grande quantidade de chuvas afetou diretamente a condução do experimento, sendo possível observar que no período de setembro houve grandes períodos de chuva, coincidindo com o período de florescimento da cultura, onde as plantas entram em período de reprodutivo, e após a formações de grãos. Esses altos

períodos de chuvas, favoreceram o aparecimento de doenças, sendo constatadas a campo Giberela (*Giberella zeae*) e Brusone (*Magnaporthe oryzae*).

Conforme pode ser observado na tabela 1, a avaliação de número de plantas emergidas por metro quadrado e também a contagem de afilhos férteis não teve nenhuma diferença estatística entre os tratamentos. Porém, para a variável altura de plantas, os tratamentos testemunha (T1), bombardeiro aplicado no perfilhamento, alongação do colmo e florescimento (T2) e bombardeiro aplicado no perfilhamento com tratamento químico no emborrachamento e florescimento (T4) apresentaram as alturas de plantas inferiores em relação aos demais tratamentos, enquanto que os tratamentos bombardeiro no perfilhamento, alongação do colmo e florescimento (T3) e químico no perfilhamento, alongação do colmo e florescimento, obtiveram os maiores resultados, respectivamente de 85,5 e 84,7, se comparados com a testemunha que obteve 80,7. Enquanto que aplicar somente bombardeiro no perfilhamento e após entrar com químico na alongação do colmo e florescimento obteve uma altura de 80,4.

**Tabela 1:** Avaliação de emergência de plantas por metro quadrado (m<sup>2</sup>), afilhos férteis (afilhos férteis. planta<sup>-1</sup>) e altura de plantas (cm). Ibirubá-RS, 2023.

Tratamentos	Variáveis avaliadas			
	Emergência	Afilhos férteis	Altura	
<b>T1 - Testemunha</b>	257,4	<sup>ns</sup> 0,3	<sup>ns</sup> 80,7	b
<b>T2 - Bombardeiro (PP-E-F)</b>	258,9	0,4	82,5	b
<b>T3 - Bombardeiro (PP-E-F) + químico (PP-E-F)</b>	257,4	0,5	85,5	a
<b>T4 - Bombardeiro (PP) + químico (E-F)</b>	263,3	0,5	80,4	b
<b>T5 – Químico (PP-E-F)</b>	270,6	0,5	84,7	a
<i>Média</i>	261,5	0,4	82,8	
<i>CV %</i>	12,9	58,6	2,3	

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

<sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Perfilhamento (P), Alongação do colmo (E) e Florescimento (F).

Na avaliação de emergência não houve diferença significativa entre os tratamentos, uma explicação para esse resultado, se deve ao fato que após a semeadura foi feito a aplicação do pré-emergente Piroxasulfona, nos 3 dias após a aplicação do produto, aconteceu um volume de chuva considerável que afetou a

eficiência do produto, causando fitotoxicidade a cultura, visto que o produto é solubilizado no solo, principalmente nos sulcos de plantio, causando uma grande concentração do produto, concentração essa que a planta não tolera.

Machado et al. (2015) realizaram testes com isolados de *Trichoderma sp.* e verificaram que alguns isolados não interferiram na emergência das plântulas, mas há algumas cepas que apresentam maior potencial de promover o crescimento vegetal de mudas de cambará (*Gochnatia polymorpha* (Less.)).

Ao estudar o tratamento de *Azospirillum brasiliense* em sementes de trigo, Glitz (2016) não verificou diferenças para questão de afilhos férteis na comparação com a testemunha. Ainda de acordo com Catellan e Vidor (1990), a eficiência de bactérias pode ser comprometida pela interação entre o manejo de solo e da cobertura vegetal com as variáveis do clima, principalmente em regiões subtropicais, por terem estações bem definidas e ocorrerem uma flutuação do desenvolvimento microbiano, devido a este se concentrar nos centímetros iniciais de solo.

Enquanto isso, Munareto (2016) em seu trabalho verificou aumento no número de afilhos em cultivares de trigo, quando estas foram inoculadas com doses de *Azospirillum brasiliense* e Barzotto et al. (2018) com cevada, concluiu que ocorreu aumento do número de perfilhos foi maior quando as sementes tinham sido inoculadas e havia ausência ou não de adubação complementar nitrogenada.

Em relação a altura de plantas, Anderzevski (2021) verificou que os resultados não são tão evidentes quanto aos benefícios proporcionados pela maior concentração de produtos biológicos. Lima et al. (2011) observou um resultado semelhante, entretanto, em milho, trabalhando com *Bacillus subtilis*.

Em um trabalho testando populações de *Bacillus*, Telaxka (2018), obteve medidas para altura de plantas que não diferiram com as testemunhas, apesar de serem numericamente maiores. Enquanto isso, Solanha et al. (2023) que estudou inoculação e coinoculação em pós emergência do trigo de bactérias do gênero *Azospirillum*, *Pseudomonas* e *Bacillus*, verificaram que estas aumentam a altura de plantas e também o número de afilhos.

Através da Tabela 2 abaixo, pode-se verificar os resultados para os parâmetros número de espigas por m<sup>2</sup>, peso de hectolitro e produtividade. A avaliação de número de espigas por metro não teve nenhuma diferença estatística entre os tratamentos. Todavia, para peso de hectolitro e produtividade, estes tiveram resultados semelhante, sendo superiores nos tratamentos 3, 4 e 5.

**Tabela 2:** Avaliação de número de espigas por metro quadrado (m<sup>2</sup>), peso de hectolitro (kg.hL<sup>-1</sup>) e produtividade (kg.ha<sup>-1</sup>). Ibirubá-RS, 2023.

Tratamentos	Variáveis avaliadas					
	Espigas		PH		Produtividade	
<b>T1 - Testemunha</b>	347,1	<sup>ns</sup>	70,8	b	720,0	b
<b>T2 - Bombardeiro P(P-E-F)</b>	361,8		71,5	b	1233,9	b
<b>T3 - Bombardeiro (PP-E-F) + químico (PP-E-F)</b>	375,0		73,4	a	2075,8	a
<b>T4 - Bombardeiro (PP) + químico (E-F)</b>	382,4		73,1	a	1713,5	a
<b>T5 – Químico (P-E-F)</b>	402,9		73,9	a	1752,7	a
<i>Média</i>	373,8		72,5		1499,2	
<i>CV %</i>	12,6		1,3		24,0	

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

<sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Perfilhamento (P) , Elongação do colmo (E) e Florescimento (F).

Na produtividade pode-se observar que o tratamento bombardeiro + químico no perfilhamento, alongação do colmo e florescimento obteve a melhor produtividade 2075,8 kg.ha<sup>-1</sup>, havendo um grande diferença para o tratamento testemunha, que apresentou 720,0 kg.ha<sup>-1</sup>. Podemos observar que ao utilizar o tratamento com bombardeiro aliado ao tratamento químico, tivemos o melhor resultado na produtividade, destacando que a integração entre manejo biológico e químico se mostrou eficiente.

Porém cabe destacar que a produtividade ficou abaixo da média nacional, que teve uma média de 2.331 (CONAB, 2024), demonstrando como a chuva teve forte influência sobre a produtividade da cultura. Pode-se observar também que os tratamentos que tiveram melhor desempenho, foram os que tinham o tratamento químico no perfilhamento, alongação do colmo e florescimento, porém cabe ressaltar que ao usar bombardeiro + químico em perfilhamento, alongação do colmo e florescimento teve a melhor média de produtividade, destacando que aliado ao manejo químico mostrou eficiência, principalmente no controle de doenças.

Vergutz et al. (2024) verificou diferença estatística significativa, onde a inoculação foliar e a inoculação na semente mais inoculação foliar apresentaram maior número de espigas por m<sup>2</sup>. Entretanto, Ferreira et al. (2017) e Ferreira et al. (2014) não observaram diferença para número de espigas por m<sup>2</sup> avaliando inoculação foliar no trigo na região do Cerrado.

Em um trabalho semelhante, Kolling (2023) estudando usos de biológicos e bioestimulantes foliares, apesar da variação de número de espigas entre 482,32 e 544,1 espigas por m<sup>2</sup>, não verificou diferença estatística entre os tratamentos. Cavallet et al. (2000), obtiveram crescimento significativo no comprimento de espigas, nos tratamentos em que foram realizadas inoculações a base de *Bacillus subtilis* e o mesmo autor ainda encontrou uma correlação positiva entre o comprimento da espiga e a produtividade de grãos.

O peso de hectolitro é um fator qualitativo importante e inerente para o produtor, devido ao fato de que, este classifica o preço pago para o agricultor no momento da venda de seus grãos. No Brasil, o PH igual ou superior a 78 kg.hL<sup>-1</sup> para o grão limpo a 13% de umidade é considerado o valor de referência para o trigo de alta qualidade industrial (CORRÊA et al., 2006). Todavia, neste trabalho nenhum tratamento atingiu esse valor de referência, devido principalmente ao ano mais chuvoso a partir do período de florescimento da cultura, se delongando até a colheita dos grãos.

Ferreira et al. (2017) concluíram que para os parâmetros peso de hectolitro, massa de mil grãos e produtividade não tiveram diferença estatística significativa, dados que não estão de acordo com os resultados encontrados neste trabalho. Em contraponto Hungria et al. (2010) estudando estirpes de *A. brasiliense*, obteve incrementos produtivos em até 31% em relação a testemunha. Em experimentos realizados por Silva (2017) o rendimento de grãos obteve melhores resultados quando se utilizou *Bacillus subtilis* na inoculação e nitrogênio da parte aérea.

Por outro lado, Didonet et al. (2000) não observaram diferenças no rendimento de grãos de trigo e no acúmulo de biomassa entre os tratamentos inoculados e não inoculados. Em um estudo conduzido por Santos (2011), concluiu que a inoculação de bactéria do gênero *Bacillus* é eficiente, aumentando a massa de mil grãos e também a produtividade da aveia branca, que por ser uma gramínea anual de inverno, se assemelha ao trigo também estes resultados.

Enquanto isso, Sala et al. (2007) afirmaram que a prática da inoculação apresenta uma tendência de proporcionar maior rentabilidade e produtividade na cultura do trigo, porém, há relatos de que a inoculação de bactérias não surtiu efeitos quando comparados a adubação nitrogenada tradicional.

### 3 CONCLUSÃO

Não houve diferença estatística significativa para os tratamentos sem produtos ou com produtos químicos, biológicos ou ainda em associação de ambos para as variáveis número de plantas emergidas por metro quadrado, afilhos férteis e número de espigas por metro quadrado.

O uso do produto comercial a base de bactérias *Bacillus subtilis*, *Bacillus velezensis*, *Bacillus pumilis* acarretou em incremento de altura de plantas, peso de hectolitro e também de produtividade. Entretanto verifica-se que os produtos biológicos são mais uma ferramenta aliada no ganho de produtividade, porém sem realizar o tratamento isolado somente com bactérias, acrescentando-se seu uso ao método mais tradicional, que é o controle químico.

## REFERÊNCIAS

ANDERZEVSKI, L. B. **Uso da microbiolização de sementes de trigo com isolado de *Bacillus sp.* no crescimento de plantas e incidência de doenças.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). 2021. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/4318/1/ANDERZEVSKI.pdf>. Acesso em: 12 de ago. 2024.

ARAÚJO, F. F. **Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão.** Ciência agrotec., Lavras, 2008. V. 32, n. 2, p. 456-462.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO TRIGO – ABITRIGO. **História do trigo**, s/a. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/conhecimento/historia-do-trigo/>>. Acesso em: 10 de ago. 2024.

BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L. E.; CASANOVAS, W. M.; PEREYRA, M. A. **Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas.** In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina*. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. P.49-59.

BARZOTTO, G. R.; LIMA, S. F.; SANTOS, O. F.; PIATI, G. L.; WASSOLOWSKI, C. R. **Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* em cevada.** Nativa Pesquisas Agrárias e Ambientais, v. 6, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/4611>>. Acesso em: 12 de ago. 2024.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. ***Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003).** Canadian Journal of Microbiology, Ottawa, v. 50, p. 521-577, 2004.

BENIZRI, E., KIDD, P. S. (2018). **The role of the rhizosphere and microbes associated with hyperaccumulator plants in metal accumulation.** In: Van Der Ent, A., Echevarria, G., Baker, A. J. M., Morel, J. L. (Eds.). *Agromining: Farming for Metals*. Issue November 2017. Springer International Publishing, pp. 157–188. DOI: 10.1007/978-3-319-61899-9\_9.

BEVILACQUA, G.H. **Desempenho agrônômico de cultivares de trigo em diferentes datas de semeio em condições de alta temperatura.** Dissertação de Mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal, 2019. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/183278/bevilacqua\\_gh\\_me\\_jabo.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/183278/bevilacqua_gh_me_jabo.pdf?sequence=5&isAllowed=y)>. Acesso em: 5 de ago. 2024.

BIOTRIGO GENÉTICA. **Cultivares: Portfólio – TBIO Trunfo**, s/a. Disponível em: <<https://biotrigo.com.br/cultivares/tbio-trunfo/>>. Acesso em: 27 de jul. 2024.

BIOTRIGO. **O trigo na história**. Bionews, s/a. Disponível em: <<http://biotrigo.com.br/bionews/o-trigo-na-historia/1411#:~:text=H%C3%A1%2010%20mil%20anos%20na%20hist%C3%B3ria%20da%20humanidade&text=Os%20gr%C3%A3os%20de%20trigo%20eram,processo%20de%20fermenta%C3%A7%C3%A3o%20do%20trigo.&text=Os%20chineses%20j%C3%A1%20conheciam%20o,mil%20anos%20antes%20de%20Cristo.>>. Acesso em: 27 de jul. de 2024.

BIOTROP. **Bombardeiro**. 2024. Disponível em: <<https://biotrop.com.br/produto/bombardeiro/>>. Acesso em: 27 de ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) – **Painel de indicação de riscos, 2024**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/2022-2023/rio-grande-do-sul-rs/port-no-385-trigo-de-sequeiro-rs-ret.pdf/@@download/file>>. Acesso em: 27 de jul. 2024.

BRITO, T. S. **Bactérias promotoras de crescimento vegetal associadas ao trigo: impactos na anatomia, fisiologia e produtividade**. Tese de doutorado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2023. Marechal Cândido Rondon – Paraná.

CAIERÃO, E. **Cultivo de Trigo: Introdução**. Embrapa Trigo, abril de 2014. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemaasdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_76293187\\_sistemaProducaold=3704&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoid=3045](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemaasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaold=3704&p_r_p_-996514994_topicoid=3045)>. Acesso em: 25 de jul. 2024.

CAIERÃO, E.; SCHEEREN, P. L.; SILVA, M. S. **Cultivo de Trigo: Cultivares**. Embrapa Trigo, abril de 2014. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemaasdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemaasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-)>

76293187\_sistemaProducaoId=3704&p\_r\_p\_-996514994\_topicId=1307>. Acesso em: 26 de jul. 2024.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: ESALQ, 2016. 221 p.

CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. **Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal**. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 61-86.

CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.87-95.

CATELLAN, A.J.; VIDOR, C. **Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais**. Revista Brasileira de Ciências do Solo. v. 14, p. 133-142, 1990.

CAVALLET, L. E.; BIANCHI, C. A. M.; SILVEIRA, J. A. G.; CAMPOS, H. M. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

CHUNG, S., KONG, H., BUYER, J. S., LAKSHMAN, D. K., LYDON, J., KIM, S. D., ROBERTS, D. P. **Isolation and partial characterization of *Bacillus subtilis* ME488 for supression of soilborne pathogens of cucumber and pepper**. **Applied microbiology and biotechnology**, 80, pg 115-123, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira – Grãos. v. 11 - Safra 2023/24** - Décimo levantamento, Brasília, p. 1-121, julho de 2024. Disponível em: < [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/53992\\_345d644b7b9a24036330a74b9a649fdf](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/53992_345d644b7b9a24036330a74b9a649fdf)>. Acesso em: 6de ago. 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A cultura do trigo** / organizadores Aroldo Antonio de Oliveira Neto e Candice Mello Romero Santos. – Brasília: Conab, 2017. 218 p.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE; 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**, v.10, n.3, p.665–670, 2006.

DIDONET, A. D.; LIMA, A. S.; CANDATEN, A. A.; RODRIGUES, O. **Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos em trigo submetidos à inoculação de *Azospirillum***. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 35, n. 2, p. 401-411, 2000.

DOORNBOS, R. F., VAN LOON, L. C. E BAKKER, P. A. H. M. (2012). **Impact of root exudates and plant defense signaling on bacterial communities in the rhizosphere**. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 227-243.

EMBRAPA TRIGO. **Informações gerais sobre giberela em trigo e em cevada**. Documentos Online. Passo Fundo, RS – dezembro de 2004. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do40\\_2.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do40_2.htm)>. Acesso em: 28 de jul. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. – Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: EMRAPA Solos, 412, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Ensaio Estadual de Cultivares de Trigo 2020**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355291/1529359/Ensaio+Estadual+de+Cultivares+de+Trigo+2020/1655f148-83a1-9761-d68c-ed48c901a1a4>>. Acesso em: 5 de ago. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Trigo. Embrapa Soja**, s/a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/trigo1>>. Acesso em: 9 de ago. 2024.

FERREIRA, D. F. SISVAR: **A computer analysis system to fixed effects split plot type designs**. *Revista Brasileira de Biometria*, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823.

FERREIRA, J. P.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; NASCIMENTO, V.; SABUNDJIAN, M. T. **Inoculação com *Azospirillum brasilense* e nitrogênio em cobertura no trigo em região do Cerrado**. *Tecnologia e Ciência agropecuária*, v. 8, n. 3, p. 27-32, 2014.

FERREIRA, J. P.; NUNES, R. F.; SILVA, R. B.; DAL BEM, E. A.; GARCIA, D. P. *Azospirillum brasilense* via foliar e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo na região de Itapeva-SP. **Revista brasileira de engenharia de biossistemas**, Itapeva, v 12 (2), 2017.

FILHO, R. L.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. **Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis***. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/233140814.pdf> > . Acesso em: 21 de ago de 2024.

FORNASIERI FILHO, DOMINGOS. **Manual da cultura do trigo**. Jaboticabal: Funep, 338p, 2008.

GANDINI, L.; ORTIZ, L. **Laboratório de Qualidade de Grãos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Passo Fundo, RS, s/a. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do71\\_tc35-1.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do71_tc35-1.pdf)>. Acesso em: 18 ago. 2024.

GLICK, B. R. (2012). **Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications**. *Scientifica*, 1–15. DOI: 10.6064/2012/963401.

GLITZ, M. **Eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na Cultura do trigo**. Trabalho de Conclusão de Graduação em Agronomia – Departamento de Estudos Agrários da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2016. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/server/api/core/bitstreams/7e4fd2e9-92bc-44fa-b2a3-48825d4b35c6/content>. Acesso em: 12 de ago. 2024.

HUERGO, L. F.; MONTEIRO, R. A.; BONATTO, A. C.; RIGO, L. U.; STEFFENS, M. B. R.; CRUZ, L. M.; CHUBATSU, L. S.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. **Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense***. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.

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

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. 2022. Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/trigo>>. Acesso em: 10 de ago. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Base de dados da estação meteorológica de Ibirubá (A883), 2024**. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A883>>. Acesso em: 6 de ago. 2024.

KOLLING, R. **Efeito de bioestimulantes sobre o rendimento de trigo**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá (IFRS). 2023. Disponível em: <https://dspace.ifrs.edu.br/bitstream/handle/123456789/1336/1234567891336.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 de ago. 2024.

LARGE, E. C. **Growth stages in cereals illustration of the feeks scale**. *Plant Pathology*, v. 3, n. 4, p. 128-129, 1954.

LIMA, F. F.; NUNES, L. A. P. L.; FIGUEIREDO, M. do V. B.; DE ARAÚJO, F. F.; LIMA, L. M.; DE ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 6, núm. 4, outubro-diciembre, 2011, pp. 657-661.

LUGTEMBERG, B.; KAMILOVA, F. **Plant-growth-promoting rhizobacteria**. *Annual review of microbiology*, 63, pg 541-556, 2009.

LUZ, W. C. **Controle microbiológico do mal-do-pé do trigo pelo tratamento de sementes**. *Fitopatologia Brasileira* 13:82-85. 1993.

LUZ, W. C. **Efeito da microbiolização de sementes no rendimento e controle da podridão comum das raízes e de patógenos das sementes de trigo**. *Fitopatologia Brasileira* 19:144-148. 1994.

LUZ, W. C. **Rizobactérias promotoras de crescimento em plantas e bioproteção**. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 4:1-49. 1996.

MACHADO, D. F. M.; TAVARES, A. P.; LOPES, S. J.; FERREIRA DA SILVA, A. C. ***Trichoderma spp.* Na emergência e crescimento de mudas de cambará**

**(*Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera)**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.39, n.1, p.167-176, 2015.

MARSARO JUNIOR, A.L. et al. **Cultivo de Trigo: Pragas e métodos de controle**. Embrapa Trigo, abril de 2014. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemaasdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaold=3704&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicold=1314](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemaasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3704&p_r_p_-996514994_topicold=1314)>. Acesso em: 29 de jul. 2024.

MAZZUCHELLI, R. DE C. R.; SOSSAI, B. F.; DE ARAUJO, F. F. **Inoculação de *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense* na cultura do milho**. *Colloquium Agrariae*, v. 10, n.2, Jul-Dez. 2014, p.40-47. DOI: 10.5747/ca.2014.v10.n2.a106.

MENDES, R., GARBEVA, P., RAAIJMAKERS, J. M. (2013). **The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms**. *FEMS Microbiology Reviews*, 37, 634–663. DOI: 10.1111/1574-6976.12028.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed., atual. E ampl. Lavras: Ed. UFLA, 729 p,2006. Acesso em: 11 de agosto de 2024.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, Secção de Geografia, 1961. 46p.

MUNARETO, J. D.; **Aspectos fisiológicos de sementes, produtividade de grãos de trigo submetidos a doses de nitrogênio, inoculação e aplicação foliar de *Azospirillum brasilense***. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria –RS. 2016.

NGUYEN, C (2003). **Rhizodeposition of organic C by plants: mechanisms and controls**. *Sustainable Agriculture*, 23, 375–396. DOI: 10.1007/978-90-481-2666-8\_9 23, 375 396.

NUNES, A. S. **Adubos verdes e adubação mineral nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema plantio direto**. Dissertação de Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2009. Disponível em: <<http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADOAGRONOMIA/Dissertacao%20Anisio%20da%20Silva%20Nunes.pdf>>. Acesso em: 11 de ago. 2024.

OLIVEIRA NETO, A. A.; SANTOS, C. M. R. **A cultura do trigo**. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Brasília, 2017, 218 p. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17\\_04\\_25\\_11\\_40\\_00\\_a\\_cultura\\_do\\_trigo\\_o\\_versao\\_digital\\_final.pdf](https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_o_versao_digital_final.pdf)>. Acesso em: 9 de ago. 2024.

PASINATO, A. et al. Cultivo de Trigo: Zoneamento agrícola. Embrapa Trigo, abril de 2014. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistema\\_deproducao1f6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=3704&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=3046](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_deproducao1f6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3704&p_r_p_-996514994_topicoId=3046)>. Acesso em: 10 de ago. 2024.

PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. **Trigo no Brasil: Bases para produção competitiva e sustentável**. Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 1º edição, 2011. 487p.

REIS, E. M.; ZANATTA, M.; REIS, A. C. **Controle de doenças do trigo: safra 2019**. Instituto Agris - Passo Fundo, RS. 2. ed. – Berthier, 2019. Disponível em: <[http://www.orsementes.com.br/sistema/anexos/artigos/107/control-de-doen%C3%A7as-trigo-safra2019%20\(1\)%20\(1\).pdf](http://www.orsementes.com.br/sistema/anexos/artigos/107/control-de-doen%C3%A7as-trigo-safra2019%20(1)%20(1).pdf)>. Acesso em: 28 de jul. 2024.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. **Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growthpromoting bacterium *Azospirillum spp.*** Naturwissenschaften, Berlin, v. 91, p. 552- 555, 2004.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G. de; SILVEIRA, A. P. D. da. **Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.833-842, 2007.

SANTOS, A. F. dos; CORRÊA, B. O.; KLEIN, J.; BONO, J. A. M.; PEREIRA, L. C.; GUIMARÃES, V. F.; FERREIRA, M. B. **Biometria e estado nutricional da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) sob inoculação com *Bacillus subtilis* e *B. megaterium***. Research, Society and Development, v. 10, n. 5, e53410515270, 2021.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; OLIVEIRA, J. T. de. **Gramíneas Anuais de Inverno**. FCAV – Unesp, ILPF (Integração Lavoura Pecuária Floresta), s/a. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/852713>>. Acesso em: 10 de ago. 2024.

SANTOS, H. P.; PIRES, J. L. F.; FONTANELI, R. S. **Cultivo de Trigo: Semeadura e rotação de culturas**. Embrapa Trigo, abril de 2014. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemaasdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaold=3704&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicold=3047](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemaasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3704&p_r_p_-996514994_topicold=3047)>. Acesso em: 25 de jul. 2024.

SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L.; CAIERÃO, E. **Trigo do plantio a colheita – Botânica, morfologia e descrição fenotípica**. 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128602/1/ID-43066-2015-trigo-do-plantio-a-colheita-cap2.pdf>>. Acesso em: 28 de jul. 2024.

SEI, F.B.; LEITE, M.S.; RIBEIRO, R. **Bacillus subtilis: agente de controle biológico e promotor de crescimento em plantas**. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=24104&secao=Colunas%20e%20Artigos#:~:text=Bacillus%20subtilis%20%C3%A9%20um%20organismo,de%20pat%C3%B3genos%20em%20diversas%20culturas.>>. Acesso em: 21 de ago de 2024.

SILVA FILHO, Germano Nunes; VIDOR, Caio. Solubilização de fostatos por microrganismos na presença de fontes de carbono. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 311-319, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000200008>> . Acesso em: 21 agos. 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – NÚCLEO REGIONAL SUL. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Gráfica e Editora Pallotti: Santa Maria – RS, 11ª edição, 2016. 376p.

SOLANHA, M.; LIMA, C. de; SOUZA, E. de; CONCARI, L. E.; FARIAS, V. J.; CRUZ, S. P. da. **Coinoculação do trigo com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus spp.* como alternativa mais sustentável na agricultura**. rLAS®v.5, n.3 Especial (2023) EIXO III–Ambiente, Sustentabilidades e Implicações na Saúde.

SOUSA, P. M. **Potencial de uso da inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio: alternativa para aumentar a produtividade do feijão-caupi na agricultura familiar de Confresa, Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia agrícola), Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2007, 111p.

TELAXKA, F. J. **Manejo de giberela e mancha-amarela na cultura do trigo**. 2018. Dissertação de Mestrado em Agronomia Universidade Estadual do Centro-Oeste. Guarapuava-PR. Disponível em:

<[http://www.unicentroagronomia.com/imagens/noticias/dissertacao\\_final\\_fabio\\_telax\\_ka.pdf](http://www.unicentroagronomia.com/imagens/noticias/dissertacao_final_fabio_telax_ka.pdf)>. Acesso em: 17 de ago. 2024.

VARDHARAJULA S, ZULFIKAR ALI S, GROVER M, REDDY G, BANDI V. **Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus* spp., effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress.** *J Plant Interact, Abingdon*, v. 6, p. 114, 2011.

VARGAS, L. Cultivo de Trigo: **Plantas daninhas e métodos de controle.** **Embrapa Trigo**, abril de 2014. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistema\\_deproducao16\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=3704&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicId=3053](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_deproducao16_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3704&p_r_p_-996514994_topicId=3053)>. Acesso em: 29 de jul. 2024.

VEJAN, P.; ABDULLAH, R.; KHADIRAN, T.; ISMAIL, S.; BOYCE, A. N. **Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability** Review. *MDPI molecules: Malaysia*. v. 21, n. 573, p. 2-17, 2016.

VERGUTZ, L. F.; TIEMANN, L. A. R.; FOLETTTO, M.; BOHRZ, I. G.; VIEIRA, G. dal M.; CASANOVA, C. L.; COSSUL, V.; LUDWIG, R. L. **Inoculação via semente e foliar com *Azospirillum brasilense* associada a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo.** *Agricultural and Biological Sciences: Foundations and Applications*. 2024.

ZADOKS, J. C., CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. **A decimal code for the growth stages of cereals.** *Weed Research*, Oxford, v. 14, p. 415-421, 1974.