

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
RIO GRANDE DO SUL  
CAMPUS IBIRUBÁ**

**LUCAS FREDERICO VERGÜTZ**

**INOCULAÇÃO VIA SEMENTE E FOLIAR COM *Azospirillum brasilense*  
ASSOCIADA A DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA CULTURA DO  
TRIGO**

**Ibirubá, agosto de 2021.**

**LUCAS FREDERICO VERGÜTZ**

**INOCULAÇÃO VIA SEMENTE E FOLIAR COM *Azospirillum brasilense*  
ASSOCIADA A DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA CULTURA DO  
TRIGO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá.

Orientador: Rodrigo Luiz Ludwig

**Ibirubá, agosto de 2021.**

## RESUMO

Inoculação via semente e foliar com *Azospirillum brasilense* associada a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo

O trigo (*Triticum aestivum*) representa a segunda maior produção de grãos do mundo, com grande importância na alimentação humana e animal. Porém, necessita-se de tecnologias que proporcionem aumentos de produtividades com baixo custo e menor impacto ambiental. A inoculação com bactérias promotoras de crescimento e fixadoras de nitrogênio atmosférico, como o *Azospirillum brasilense*, pode ser uma alternativa viável, mas ainda demanda estudos para melhor recomendação de posicionamento. O objetivo do estudo foi de avaliar o desempenho agrônômico da cultura do trigo em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* via semente e foliar, isoladas e em conjunto, e associadas a aplicações de doses de nitrogênio em cobertura. Para isto, conduziu-se um experimento a campo no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, campus Ibirubá, no ano de 2020. O delineamento experimental usado foi o delineamento de blocos casualizados (DBC) com cinco repetições por tratamento envolvendo um modelo bifatorial (4 x 4) com os fatores via de inoculação de *Azospirillum brasilense* (Sem inoculação; Inoculação via semente; Inoculação via foliar e Inoculação via semente + inoculação via foliar) e doses de nitrogênio em cobertura (0; 40; 80 e 120 kg.ha<sup>-1</sup>) na cultivar de trigo TBIO Ponteiro. As variáveis avaliadas foram número de plantas emergidas, número de filhos, número de espigas, teor relativo de clorofila nas folhas, estatura de plantas, número de espiguetas por planta, produtividade, peso do hectolitro e massa de mil grãos. Os dados foram submetidos a análises estatísticas pelo software Sisvar. Conclui-se que as formas de aplicação de *Azospirillum brasilense* via semente e foliar, isoladas e em conjunto, não apresentou influência sobre as variáveis analisadas. Somente para a variável espigas por m<sup>2</sup> houve incrementos quando da inoculação via foliar e semente + foliar. Para o fator doses de nitrogênio, as maiores doses (80 e 120 kg.ha<sup>-1</sup>) foram as que melhor apresentaram resultados.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum*; inoculação de sementes; FBN; componentes do rendimento.

## ABSTRACT

Seed and foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* associated with topdressing nitrogen doses in wheat crop

Wheat (*Triticum aestivum*) represents the second largest grain production in the world, with great importance in human and animal nutrition. However, technologies that provide productivity increases with low cost and less environmental impact are needed. Inoculation with growth-promoting and atmospheric nitrogen-fixing bacteria, such as *Azospirillum brasilense*, may be a viable alternative, but it still requires studies to better recommend placement. The aim of the study was to evaluate the agronomic performance of the wheat crop as a function of the application of *Azospirillum brasilense* via seed and foliar, isolated and together, and associated with application of nitrogen doses in topdressing. For this, a field experiment was conducted at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Sul, campus Ibirubá, in 2020. The experimental design used was a randomized block design (DBC) with five replications per treatment involving a bifactorial model (4 x 4) with the factors via inoculation of *Azospirillum brasilense* (No inoculation; Inoculation via seed; Inoculation via foliar and Inoculation via seed + inoculation via foliar) and nitrogen topdressing doses (0; 40; 80 and 120 kg.ha<sup>-1</sup>) in the wheat cultivar TBIO Ponteiro. The variables evaluated were number of emerged plants, number of tillers, number of spikes, relative content of chlorophyll in leaves, plant height, number of spikelets per plant, yield, hectoliter weight and thousand grain mass. Data were subjected to statistical analysis using Sisvar software. It is concluded that the forms of application of *Azospirillum brasilense* via seed and leaf, isolated and together, did not influence the analyzed variables. Only for the variable ears per m<sup>2</sup> there were increments when inoculation via foliar and seed + foliar. For the nitrogen doses factor, the highest doses (80 and 120 kg.ha<sup>-1</sup>) were the ones that presented the best results.

**Keywords:** *Triticum aestivum*; seed inoculation; FBN; yield components.

## Lista de Figuras

Figura 1: Escala dos estádios de desenvolvimento da planta de trigo.....	11
Figura 2: Localização do experimento no IFRS – Campus Ibirubá. ....	17
Figura 3: Temperatura média do ar (°C) e precipitação (mm) ocorridos durante o ciclo da cultura do trigo safra 2020 no município de Ibirubá-RS. ....	18
Figura 4: Croqui do experimento. ....	19
Figura 5: Semeadura do experimento. ....	20
Figura 6: Inoculante utilizado via semente e via foliar. ....	20
Figura 7: A - Medidas usadas para dosar o fertilizante; B- Área após a aplicação de ureia. ....	21
Figura 8: Contagem da emergência. ....	22
Figura 9: Contagem de afilhos. ....	22
Figura 10: Fenologia da cultura na época da contagem das espigas. ....	23
Figura 11: Avaliação do teor de clorofila. ....	23
Figura 12: Medição da estatura das plantas.....	24
Figura 13: Contagem das espiguetas por planta.....	24
Figura 14: A - Área da unidade experimental colhida; B - Trilhadora tratorizada utilizada. ....	25
Figura 15: Equipamentos utilizados para determinação da massa da amostra e aferição da umidade.....	25
Figura 16: A- Determinação do peso do hectolitro; B- Tabela de conversão utilizada. ....	26
Figura 17: Contagem de oito repetições de 100 grãos.....	27
Figura 18: A – Número de afilhos por planta; B – teor de clorofila; C – número de espigas por m <sup>2</sup> ; D –número de espiguetas por planta em diferentes doses de adubação nitrogenada de cobertura na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021 .....	33
Figura 19: A - Estatura de plantas; B – produtividade de grãos; C – peso do hectolitro (PH); D - massa de mil grãos (MMG) de trigo em diferentes doses de adubação nitrogenada de cobertura na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021.....	36

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Afilhos por planta, teor de clorofila, número de espigas por m <sup>2</sup> e espiguetas por planta de trigo em diferentes formas de inoculação de <i>A. brasilense</i> na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021. ....	29
Tabela 2: Estatura de plantas, produtividade, peso hectolitro (PH) e massa de mil grãos (MMG) de trigo em diferentes formas de inoculação de <i>A. brasilense</i> na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021. ....	30
Tabela 3: Afilhos por planta, teor de clorofila, número de espigas por m <sup>2</sup> e espiguetas por planta de trigo em diferentes doses de adubação nitrogenada de cobertura na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021.....	31
Tabela 4: Estatura de plantas, produtividade, peso hectolitro (PH) e massa de mil grãos (MMG) de trigo em diferentes doses de adubação nitrogenada de cobertura na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021.....	31

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
2.1. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA .....	10
2.2 MORFOLOGIA E FENOLOGIA DA PLANTA DE TRIGO .....	10
2.3. NITROGÊNIO NO TRIGO .....	12
2.4. FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E <i>Azospirillum brasilense</i> .....	14
2.5. FORMAS DE INOCULAÇÃO.....	15
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	17
3.2. TRATAMENTOS E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	18
3.3. VARIÁVEIS AVALIADAS .....	21
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>27</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>36</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>38</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma planta anual de inverno pertencente à família Poaceae, subfamília Pooideae e ao gênero *Triticum*. A sua origem acredita-se ser de gramíneas silvestres que se desenvolviam nas beiradas dos rios Tigres e Eufrates por volta de 12.000 anos a.C., após vários anos de seleção natural e artificial chegou se as características da cultura que são conhecidas atualmente (SCHEEREN et al., 2015).

Este cereal apresenta importância econômica em todo o mundo, muito utilizado na alimentação humana, através da farinha, em pão, massas, entre outros. Para a alimentação animal também tem sua importância, pois é utilizado em várias dietas em bovinos, suínos, aves entre outros. Além de ser uma das principais fontes de renda nas lavouras de inverno, a cultura do trigo também proporciona um papel importante na rotação de culturas, e com a palhada deixada na superfície do solo ainda contribui para o controle de plantas daninhas, redução da erosão e melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

A cultura do trigo tem grande necessidade de adubação nitrogenada para conseguir alcançar maiores rendimentos. De acordo com Prando et al. (2013) o nitrogênio (N) é o nutriente mais absorvido e também o mais exportado pelas plantas de trigo, com grande influência na produtividade da cultura. A fonte de adubação nitrogenada mais utilizada é a ureia (aproximadamente 45 % de N). No entanto, este nutriente representa boa parte do custo de produção da lavoura de trigo, pois para se obter a ureia é necessário a realização de alguns processos industriais complexos (LUDWIG, 2015). Ainda, esta fonte nitrogenada, apresenta uma característica desfavorável com relação a perda de N por volatilização, quando aplicada principalmente a lanço, sem incorporação. A perda pode ser ainda maior quanto maior for a quantidade de palha e quando ocorrer a falta de chuva para sua incorporação (CANTARELLA et al., 2008).

Sabendo do alto custo econômico e ambiental da adubação nitrogenada mineral, buscam-se alternativas para suprir a demanda de N da cultura, neste contexto destacam-se as bactérias do gênero *Azospirillum*. De acordo com Hungria (2011), essas bactérias são capazes de absorver o nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>) para que a planta consiga aproveitá-lo, por meio da fixação biológica de nitrogênio. Além

disso, as bactérias do gênero *Azospirillum*, também são classificadas como bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), que são capazes de estimular o crescimento e desenvolvimento das plantas através de mecanismos diretos e/ou indiretos, convivendo de forma associada nas superfícies radiculares, a rizosfera e filosfera, e também nos tecidos internos de vegetais de diferentes espécies (HUNGRIA et al. 2010). Ainda produzem fitormônios que induzem o crescimento radicular, melhorando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (DOORNBOS et al., 2012).

As bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* são utilizadas, principalmente, via inoculação na semente e via aplicação foliar. A inoculação via semente requer alguns cuidados, devendo ser realizada de forma uniforme, não deixar as sementes expostas ao sol, semear logo após a inoculação ou no máximo em 24 horas, caso contrário é recomendado refazer a inoculação. Se as sementes forem tratadas com inseticida e/ou fungicida o inoculante deve ser colocado por último e ficar atento a compatibilidade dos inseticidas e fungicidas usados no tratamento de sementes (HUNGRIA, 2011).

A fim de melhorar a operacionalidade no campo, a aplicação foliar do inoculante feita através de pulverização nos estádios vegetativos da cultura, surge como uma opção, e tem se mostrado mais prática e eficiente, pois com a aplicação de inoculante via foliar não se tem um dos maiores problemas que ocorre na inoculação na semente que é a incompatibilidade com inseticidas, fungicidas e herbicidas que podem trazer efeitos prejudiciais (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Existem estudos sobre esses assuntos, mas ainda se carece de informações concretas à cerca do tema. Será que realmente a aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* é melhor do que a via semente? E se usar as duas formas em conjunto não seria melhor? Qual a dose de nitrogênio é necessária para complementar a necessidade da cultura?

Diante desses questionamentos, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho agrônômico da cultura do trigo associada à inoculação de *Azospirillum brasilense* via semente e foliar, isoladas e em conjunto, com diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA

Em nível mundial na safra 2019/20 foram produzidos 763,49 milhões de toneladas em uma área de 216,20 milhões de hectares. Para a safra 2020/21 espera-se que sejam produzidos 792,40 milhões de toneladas em uma área de 224,49 milhões de hectares (USDA, 2021).

No Brasil, a área semeada de trigo na safra 2019/20 foi de 2,34 milhões de hectares, com produtividade média de 2.663 Kg.ha<sup>-1</sup> e produção de 6,23 milhões de toneladas, para a safra 2020/21 a expectativa é que sejam semeados 2,62 milhões de hectares, o que significa um aumento de 10,7%, com produtividade de 3.225 kg.ha<sup>-1</sup> e produção de 8,48 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

No Rio Grande do Sul na safra passada foram cultivados 930,2 mil hectares de trigo, o qual obteve uma produção em torno de 2,26 milhões de toneladas e produtividade média de 2.430 kg.ha<sup>-1</sup>. Para a safra 2020/21 espera-se que sejam semeados 1.096,7 mil hectares, com produção de 3,62 milhões de toneladas, e produtividade de 3.302 Kg.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2021).

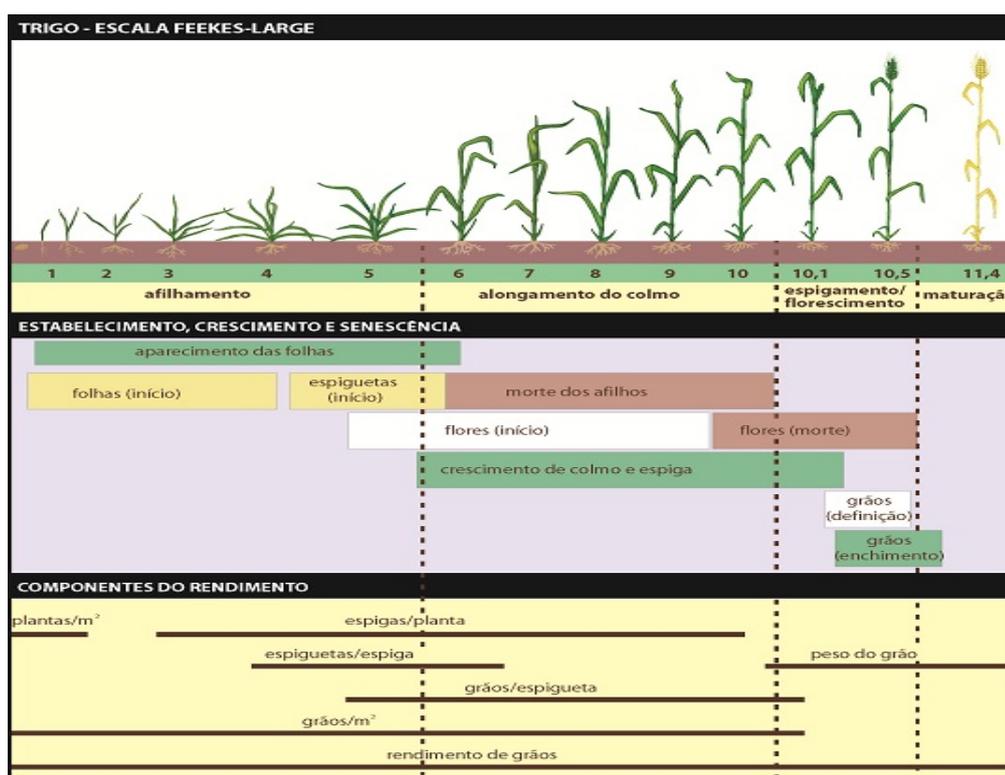
O trigo é a principal cultura de inverno no Brasil, sendo cultivada em rotação com a soja, prática bastante utilizada pelos maiores estados produtores. A região Sul destaca-se como a maior produtora de trigo no país (CAMPONOGARA, 2015), sendo o Paraná o maior produtor, seguido do Rio Grande do Sul, representando, juntos, 86% da produção nacional (CONAB, 2020).

### 2.2 MORFOLOGIA E FENOLOGIA DA PLANTA DE TRIGO

A estrutura morfológica da planta de trigo é semelhante aos demais cereais de inverno que tenham a finalidade de produção de grão. A planta de trigo é dividida em raízes, colmo, folhas e inflorescência. O sistema radicular é fasciculado, mas também pode apresentar crescimento de raízes adventícias. As folhas, que se desenvolvem após a emissão do coleótilo, são compostas por bainha, lâmina, lígula, e por um par de aurículas. O caule é do tipo colmo, geralmente oco, cilíndrico e apresenta de 4 a 7 entrenós. A inflorescência é do tipo espiga sendo formada de

várias espiguetas, que contém os grãos. Estes, são pequenos, secos e indeiscentes, do tipo cariopse. Na fase de enchimento de grãos, os nutrientes estocados no colmo e nas folhas são muito importantes, pois são translocados até a espiga, contribuindo para o enchimento do grão. (SCHEEREN et al., 2015).

De acordo com a escala proposta por Feekes (1940) e modificada por Large (1954), conforme a Figura 1, os estádios de desenvolvimento da planta de trigo são divididos em: 1- Afilhamento, que vai da planta recém emergida ao pseudocaule completamente desenvolvido; 2- Alongamento do colmo, que compreende do primeiro nó do colmo visível até o completo desenvolvimento da bainha da folha bandeira mas que ainda não apresenta as espigas visíveis; 3- Espigamento/florescimento, a partir das primeiras espigas visíveis até o final do florescimento com os grãos no estágio aquoso; 4- Maturação, que consiste no grão no estágio leitoso até a maturação de colheita (LARGE, 1954).



**Figura 1:** Escala dos estádios de desenvolvimento da planta de trigo. Escala de Feekes e Large. Fonte: Bona; Morri; Wiethölter, 2016.

Os componentes de rendimento da cultura de trigo são o número de plantas por m<sup>2</sup>, espigas por planta, espiguetas por espiga, peso do grão, grãos por espigueta, grãos por m<sup>2</sup> e o rendimento de grãos. O número de plantas por m<sup>2</sup> é

definido até o estágio 1 da escala de Feekes e Large, as espigas por planta do estágio 3 ao 10, o peso do grão do estágio 10 ao 11,4, os grãos por espiguetas do estágio 4 ao 10,1, os grãos por m<sup>2</sup> do estágio 1 ao 10,1, e o rendimento de grãos do estágio 1 ao 11,4 da escala de Feekes e Large.

### 2.3. NITROGÊNIO NO TRIGO

O nitrogênio (N) é um nutriente, cuja participação no metabolismo vegetal é principalmente em aminoácidos, enzimas e de ácidos nucleicos. Segundo Da Ros et. al. (2003) o nitrogênio é um dos elementos mais absorvidos pela planta de trigo e também o que mais limita a produção. Sua deficiência compromete o crescimento e a reprodução das plantas (PÖTTKER e ROMAN, 1998).

O nitrogênio é absorvido na forma de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), ambas as formas podem ser absorvidas e utilizadas pelas plantas de trigo. A maior parte da absorção de N pelas plantas de trigo se dá entre o período do alongamento do colmo e o espigamento, atingindo acúmulo máximo na antese, que ocorre próximo a 100 dias. A absorção de N continua ocorrendo a partir desse estágio, mas também ocorre perda de N através da exsudação de compostos nitrogenados pelas raízes, pela senescência e queda de folhas. A extração de N por tonelada de grãos é de cerca de 20 a 25 Kg de N/t (Wiethölter, 2011). Para Halvorson et al. (1987), para produção de uma tonelada de grãos, a absorção de N pela planta varia entre 20 Kg a 30 Kg.

A fonte de nitrogênio mais utilizada é a ureia, produzida a partir da reação de amônia e gás carbônico, em altas temperaturas e pressão, com um catalisador, necessitando de um alto custo energético (CHAGAS, 2007). A ureia é bastante concentrada (45% de N) e tem menor custo por unidade de produto, mas apresenta algumas desvantagens como alta higroscopicidade (SILVA et. al., 2012), volatilização na forma de amônia (NH<sub>3</sub>) e perdas por lixiviação na forma de nitrato (NO<sub>3</sub>), podendo causar a contaminação do ambiente, principalmente se o nitrato atinge as fontes de água (CIVARDI et al., 2011).

O fornecimento de N no trigo ocorre da emergência até a emissão da sétima folha. No início desse período o nitrogênio é necessário para aumentar o número de espiguetas por espiga, e em seguida, o número de grãos por espigas, já nos

estádios finais o N é fundamental para definir o número de colmos por área (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2001).

A recomendação de N está relacionada com o teor de matéria orgânica do solo, com a cultura antecedente e a expectativa de rendimento. Para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a indicação é aplicar, na semeadura, 15 a 20 kg de N ha<sup>-1</sup> e o restante aplicado em cobertura, entre os estádios de afilhamento e de alongamento do colmo. Quando necessário aplicar doses mais elevadas deve-se parcelar: a primeira no início do afilhamento e a segunda no início do alongamento (CQFS, 2016).

Para se obter alta produtividade deve se escolher uma cultivar com alto potencial bem como a correta quantidade de adubação nitrogenada. Pequenas doses de N limitam a produção, em contrapartida altas doses podem resultar em acamamento do trigo, o que resulta em queda de produtividade, dificulta a colheita e gasto desnecessário com a aplicação do fertilizante nitrogenado (TEIXEIRA FILHO et al., 2010).

De acordo com o experimento de Sabin Benett et al. (2001), a adubação nitrogenada com ureia em cobertura aumentou o número de grãos por espiguetas, teor de clorofila e o teor foliar de N. Prando et. al. (2012), em seu trabalho concluiu que com o aumento nas doses de ureia houve maior massa seca da folha bandeira, aumento o número de espigas m<sup>2</sup>, que foi o principal componente para o aumento da produtividade.

A adubação nitrogenada representa um alto custo para cultura do trigo, segundo Antunes (2017) o custo com fertilizantes representa aproximadamente 25% do custo total. Para Conab (2018), calculando os custos de produção, para região de Passo Fundo, no ano de 2017 concluíram que os fertilizantes representam 28,19% do custo de produção. Mas vale ressaltar que no último ano, em 2020, o custo com a adubação nitrogenada aumentou em cerca de 60% elevando ainda mais o custo de produção.

Na atmosfera encontra-se uma grande quantidade de N na forma de nitrogênio molecular (N<sub>2</sub>), cerca de 78%, mas isto não está disponível para os organismos vivos. Para esse N ser aproveitado é necessário a quebra de uma ligação tripla entre os dois átomos de nitrogênio (N≡N) para produzir amônia (NH<sub>3</sub>) ou nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Essas reações podem ocorrer tanto de forma industrial ou natural (TAIZ et. al., 2017). Na forma industrial, se obtém os fertilizantes nitrogenados, como

a ureia. Na forma natural, algumas bactérias realizam a incorporação do N através de um processo chamado de fixação biológica do nitrogênio.

#### 2.4. FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E *Azospirillum brasilense*

A fixação biológica de nitrogênio é o aproveitamento de N<sub>2</sub>, presente na atmosfera, por microrganismos (bactérias), através da enzima nitrogenase que é capaz de romper a ligação tripla de N<sub>2</sub> e reduzi-lo a NH<sub>3</sub> (amônia). Essas bactérias são diazotróficas ou fixadoras de N<sub>2</sub> e tem capacidade de se associar a diversas plantas e promover o crescimento vegetal (HUNGRIA et al., 2007).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) têm a capacidade de estimular o crescimento das plantas de várias formas, dentre elas: aumento na atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas (CASSÁN et al., 2008), capacidade de fixação biológica de N (HUERGO et al., 2008), e solubilização de fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004).

Dentre as bactérias diazotróficas destacam-se as bactérias do gênero *Azospirillum*, que podem fazer a fixação de N<sub>2</sub> para a planta e com isso produzem auxinas, sendo o principal o ácido indolacético (AIA), e giberelinas, que estimulam o crescimento vegetal, das raízes, aumentando a absorção de água e nutrientes (BASHAN et al., 2004).

Segundo Barassi et al. (2008) com a inoculação de *Azospirillum* há melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, teor de clorofila, condutância estomática, aumento no teor de prolina nas raízes e parte aérea, maior produção de biomassa, maior altura de plantas, maior elasticidade da parede celular, melhoria no potencial hídrico e incremento no teor de água no apoplasto.

Em estudos realizados durante 20 anos, Okon e Labandera-Gonzales (1994) concluíram que 60% a 70% dos ensaios tiveram incremento na produção através da inoculação, com aumentos estatísticos de 5% a 30%. Outro estudo na Argentina, com 273 ensaios com inoculação de *A. brasilense* em trigo, houve aumento de produtividade de 256 Kg.ha<sup>-1</sup> em 76% dos casos (DÍAZ-ZORITA e FERNANDEZ CANIGIA, 2008). A grande maioria de experimentos realizados no Brasil e na Argentina relatou benefícios, como crescimento das plantas e/ou aumento da

produtividade, com a inoculação de *Azospirillum* (CÁSSAN e GARCIA DE SALAMONE, 2008).

De acordo com Döbereiner (1989), em relação a FBN, existe diferença entre genótipos de gramíneas, com isso sendo possível explorar mais o seu potencial através de melhoramento vegetal. A ausência de resposta a inoculação de bactérias diazotróficas em gramíneas, na grande maioria, pode ser devido ao uso de linhagens inadequadas (ROSÁRIO, 2013).

Reis et al. (2000), afirmam que o genótipo da planta é essencial para alcançar benefícios da FBN, bem como a seleção de estirpes eficientes. A competitividade com outras estirpes nativas ou com a microbiota do solo, pode prevenir a colonização radicular por bactérias utilizadas como inoculante, o que é importante para o sucesso da inoculação (REIS, 2007).

Antunes et al. (2017) realizando a inoculação via semente com *Azospirillum brasilense*, na cultura do milho, concluíram que é possível reduzir, em no mínimo 25%, as doses da adubação nitrogenada sem que ocorra comprometimento no desenvolvimento da planta. Em gramíneas, a transferência do N fixado para a planta ocorre lentamente e apenas uma pequena parte torna-se disponível para o vegetal, logo, o processo de FBN por essas bactérias em associação com gramíneas consegue suprir apenas parcialmente as necessidades das plantas em nitrogênio (HUNGRIA et al., 2011).

## 2.5. FORMAS DE INOCULAÇÃO

A forma mais comumente utilizada de inoculação de *A. brasilense* é via semente, embora, apresenta a desvantagem de poder ocorrer incompatibilidade com fungicida e inseticida usados no tratamento de sementes (HUNGRIA et. al., 2007). Como vantagem apresenta otimização na operacionalidade, visto que não é necessária uma nova aplicação. A inoculação via foliar surge como uma alternativa, pois não apresenta riscos com a incompatibilidade de produtos no tratamento de sementes, já que é aplicada posteriormente e individualmente (KAPPES et. al., 2017).

Segundo Pereira et. al. (2017) as formas de inoculação via tratamento de sementes e via pulverização foliar com metade da dose de N são alternativas viáveis

para aumentar o rendimento da cultura do trigo, mas altas produtividades podem ser alcançadas com a combinação da inoculação via semente e doses altas de N.

De acordo com Munareto (2016), o número de plantas emergidas não apresentou diferença significativa entre as parcelas onde foi aplicada a inoculação de *A. brasilense* e das testemunhas. Para o número de perfilhos algumas cultivares apresentaram maior número de perfilhos quando realizada a inoculação via semente, em contrapartida outra cultivar apresentou redução do número de perfilhos quando submetida ao mesmo tratamento. O número de espiga por espiguetas e o número de grãos espiga apresentou resultados positivos em resposta a associação das formas de inoculação via semente e via foliar.

As cultivares podem responder de forma diferente a inoculação em função da interação entre planta-bactéria-ambiente e das doses de N (SALA et. al., 2007), pois a resposta à inoculação pode ser influenciada por características da planta e pelas condições do meio (BASHAN e DE-BASHAN, 2010).

A cultivar TBIO Sinuelo obteve um acréscimo de produtividade de 82,5 % quando inoculada com *A. brasilense*, com dose de N de 70 kg ha<sup>-1</sup>. No segundo ano, com a mesma dose de N, a mesma cultivar aumentou mais 12,9% a produtividade quando inoculada via foliar. A inoculação via foliar isolada ou junto com a via semente aumentou a produtividade de grãos e todos os componentes de produtividade (MUNARETO, 2016). Diferentemente de Pereira et. al. (2017), que em seus experimentos observou uma resposta mais eficiente nos tratamentos em que a inoculação foi realizada via semente.

Segundo os dados de dois anos de estudo, Mello (2012) concluiu que a inoculação via sementes de *A. brasilense* não influenciou os componentes de rendimento e o rendimento de grãos de trigo, estes apenas foram influenciados pelo fator N, da cultivar Marfim. Corroborando com os estudos, de (SALA et. al., 2007), citados acima.

Offemann (2015) destaca que a aplicação de *Azospirillum brasilense* via semente e via foliar, em conjunto, promove uma série de benefícios como o aumento da massa seca de raízes e volume médio de folhas, comprimento médio de folhas, comprimento médio de raízes e massa média de espigas. Assim sendo uma alternativa bem interessante para a cultura do trigo.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo da cultura do trigo em função da aplicação de *Azospirillum brasilense*

via semente e foliar, isoladas e em conjunto, e associadas a aplicações de doses de nitrogênio em cobertura.

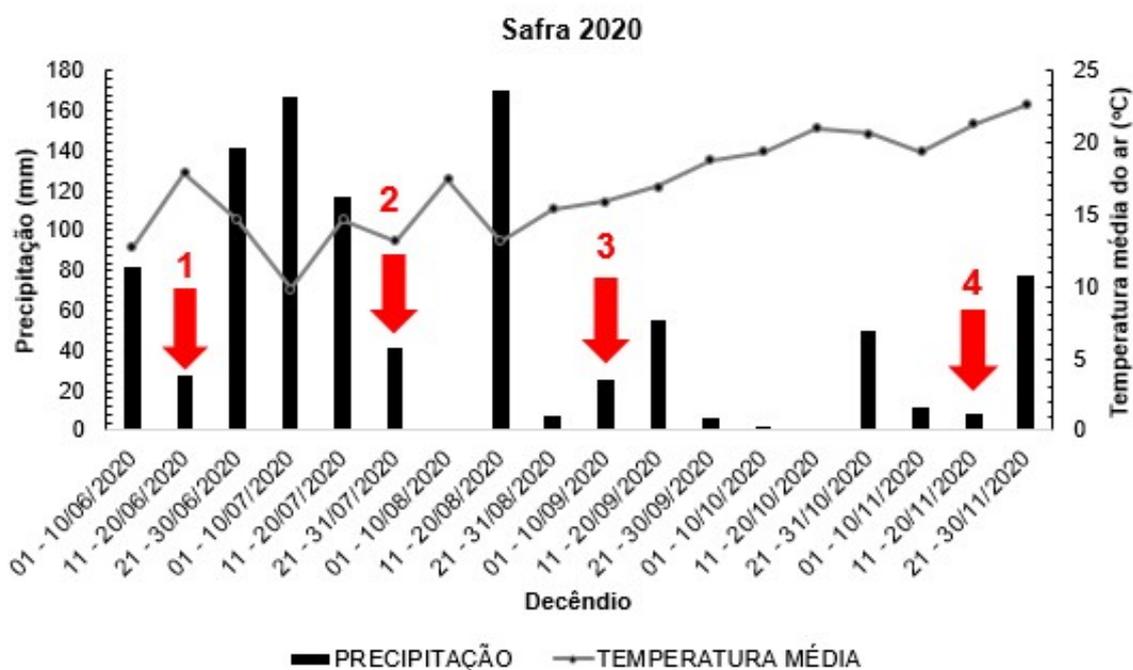
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado na área didática e experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), campus Ibirubá - RS, conforme a Figura 2, com coordenadas geográficas 28°38'57" S e 53°06'23" O e 452 metros de elevação. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, conforme Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA 2018). Segundo a classificação climática de Köppen a área de estudo localiza-se em uma região de clima do tipo "Cfa", subtropical úmido, tendo como características climáticas principais a temperatura média de 19°C e precipitação média anual de 1826 mm (MORENO, 1961). De acordo com os dados da estação experimental do INMET localizada no IFRS Campus Ibirubá, que estão apresentados na figura 3, durante o período de semeadura até a colheita do experimento ocorreu uma precipitação de 798,8 mm de chuva e a temperatura média foi de 15,5°C. Segundo Westphalem (1983) a necessidade hídrica mínima para a cultura do trigo é de 312 mm.



**Figura 2:** Localização do experimento no IFRS – Campus Ibirubá.  
Fonte: Google Earth.



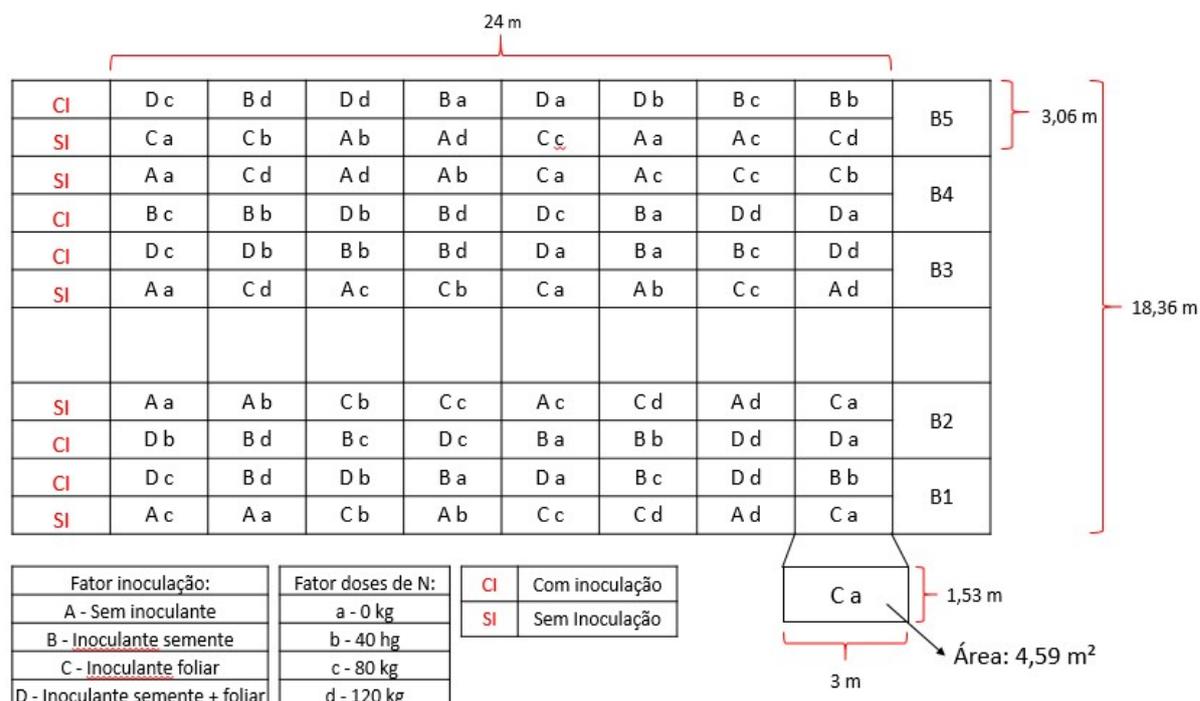
**Figura 3:** Temperatura média do ar (°C) e precipitação (mm) ocorridos durante o ciclo da cultura do trigo safra 2020 no município de Ibirubá-RS.

Fonte: Estação experimental do INMET localizada em Ibirubá.

Legenda: (1) = Semeadura dia 20 de junho de 2020, (2) = 1ª aplicação de N dia 29 de julho de 2020; (3) = 2ª aplicação de N dia 02 de setembro de 2020; (4) = Colheita dia 12 de novembro de 2020.

### 3.2. TRATAMENTOS E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O delineamento experimental usado foi o delineamento de blocos casualizados (DBC) com cinco repetições por tratamento envolvendo um modelo bifatorial (4 x 4) com os fatores via de inoculação de *Azospirillum brasilense* (Sem inoculação; Inoculação via semente; Inoculação via foliar e Inoculação via semente + inoculação via foliar) e doses de nitrogênio em cobertura (0; 40; 80 e 120 kg.ha<sup>-1</sup>), totalizando 80 unidades experimentais. A cultivar de trigo utilizada foi a TBIO Ponteiro, com população final de 330 plantas m<sup>-2</sup>. As unidades experimentais eram constituídas por 9 fileiras de 3 m de comprimento, com espaçamento de 0,17 m entre fileiras, totalizando uma área de 4,59 m<sup>2</sup>, conforme a Figura 4.



**Figura 4:** Croqui do experimento.  
Fonte: O autor, 2020.

O sistema de cultivo utilizado foi a semeadura direta, realizando-se mobilização do solo apenas na linha de semeadura. A amostragem do solo para posterior análise foi realizada no cultivo anterior (Anexo 1), que foi com a cultura da soja, e o trigo foi considerado como segundo cultivo para fins de correção, a expectativa de rendimento foi de  $4,5 \text{ t.ha}^{-1}$  e conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) a quantidade de adubação recomendada foi de  $300 \text{ Kg.ha}^{-1}$  de fertilizante da fórmula 5-20-20 e não houve necessidade de calagem. A dose de N recomendada foi de  $15 \text{ kg.ha}^{-1}$  na base e  $55 \text{ kg.ha}^{-1}$  em cobertura, dividido em duas aplicações.

No dia 19 de maio, com objetivo de eliminar as plantas daninhas da área e evitar competição com a cultura a ser implantada realizou-se a dessecação utilizando os herbicidas Cletodim na dose de  $450 \text{ mL.ha}^{-1}$  de p.c., 2,4-D na dose de  $1,5 \text{ L.ha}^{-1}$  de p.c. e  $0,5 \text{ L.ha}^{-1}$  óleo mineral.

A semeadura ocorreu dia 20 de junho de 2020, de forma mecanizada, conforme a Figura 5, com a distribuição uniforme das sementes no sulco de semeadura, a uma profundidade de aproximadamente dois cm.



**Figura 5:** Semeadura do experimento.

Fonte: O autor, 2020.

Para os tratamentos com inoculação via semente, a realização desta ocorreu imediatamente antes da semeadura, adicionando-se  $5 \text{ mL.kg}^{-1}$  de semente de inoculante líquido composto por uma cultura de bactérias *Azospirillum brasilense*, das estirpes AbV5 e AbV6, numa concentração de  $2,0 \times 10^8 \text{ UFC.mL}^{-1}$  (Figura 6). Para os tratamentos com aplicações de inoculante via foliar, este ocorreu no início do afilhamento, correspondendo ao estágio 2 da escala de Feekes-Large, com pulverizador costal elétrico com vazão regulada para  $365 \text{ L.ha}^{-1}$ , considerando as condições climáticas favoráveis como temperatura abaixo de  $20^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar superior a 55-60%, velocidade do vento superior a  $3 \text{ km.h}^{-1}$  e inferior a  $10 \text{ km.h}^{-1}$ , buscando evitar problemas com deriva e perda de eficiência do produto, utilizando  $0,5 \text{ L.ha}^{-1}$  do mesmo inoculante líquido utilizado via semente.

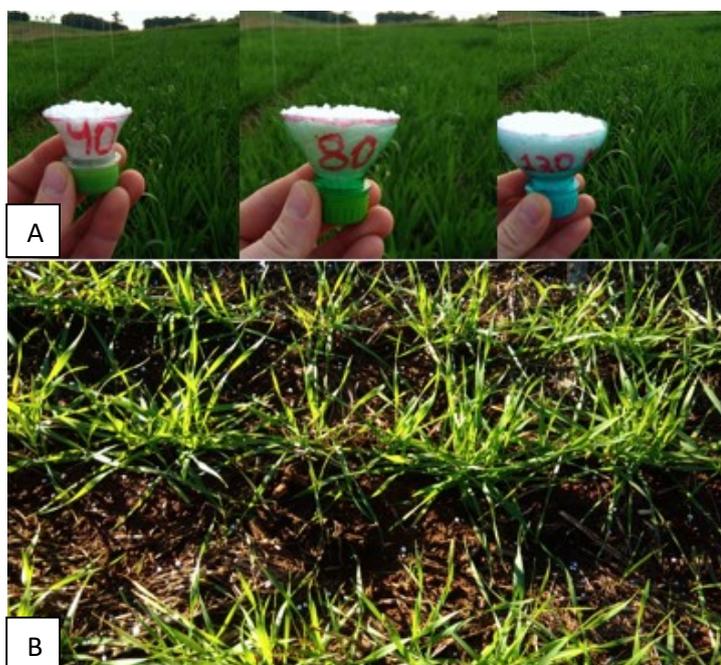


**Figura 6:** Inoculante utilizado via semente e via foliar.

Fonte: Biotrop, 2018.

A adubação nitrogenada de cobertura foi dividida em duas aplicações, sendo a primeira no início do afilhamento (aproximadamente 40 DAS) e a segunda no início

do alongamento do colmo (aproximadamente 70 DAS), correspondendo aos estádios 2 e 6 da escala de Feekes-Large, respectivamente. O fertilizante utilizado foi a ureia (45 % de Nitrogênio) e a aplicação realizada de forma manual, em superfície, conforme a Figura 7.



**Figura 7:** A - Medidas usadas para dosar o fertilizante; B- Área após a aplicação de ureia.  
Fonte: O autor, 2020.

Os demais tratos culturais, como manejo de plantas daninhas, doenças e pragas foram realizados conforme as Informações técnicas para trigo e triticales (EMBRAPA 2018), quando necessário.

### 3.3. VARIÁVEIS AVALIADAS

- Emergência: Após a emergência (estádio 1 da escala de Feekes-Large), foram contabilizadas as plantas emergidas em dois metros lineares de cada unidade experimental para estimar o stand inicial da área (Figura 8).



**Figura 8:** Contagem da emergência.  
Fonte: O autor, 2020.

- Afilhamento: Quando a cultura estava iniciando o alongamento do caule (estádio 6 da escala de Feekes-Large) foi contabilizado o número de afilhos por planta em dois metros lineares por unidade experimental (Figura 9).



**Figura 9:** Contagem de afilhos.  
Fonte: O autor, 2020.

- Espigamento: Para estimar o número de espigas por metro quadrado, realizou-se a contagem das espigas de dois metros lineares de cada unidade experimental, quando a cultura apresentava todas as espigas fora das bainhas (estádio 10.5 da escala de Feekes-Large) (Figura 10).



**Figura 10:** Fenologia da cultura na época da contagem das espigas.  
Fonte: O autor, 2020.

- Teor relativo de clorofila nas folhas: No período de início do florescimento da cultura (estádio 10.5.1 da escala fenológica de Feekes-Large) foram determinados os teores relativos de clorofila na face adaxial e porção central da folha bandeira de dez plantas por unidade experimental, utilizando um medidor eletrônico de teor de clorofila (CLOROFILOG CFL1030) da marca Falker, conforme a Figura 11.



**Figura 11:** Avaliação do teor de clorofila.  
Fonte: O autor, 2020.

- Estatura de plantas: No estágio 11 da escala de Feekes-Large, que corresponde a grão leitosos, determinou-se a estatura de plantas, correspondendo a medida entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga. Para tal avaliação foi realizada a medição de 10 plantas aleatoriamente na unidade experimental, com auxílio de uma trena graduada, conforme a figura 12.



**Figura 12:** Medição da estatura das plantas.

Fonte: O autor, 2020.

- Número de espiguetas por planta: quando a cultura atingiu o estágio de maturação fisiológica (estádio 11.4 da escala de Feekes-Large) coletou-se aleatoriamente 10 plantas por unidade experimental (incluindo os afilhos), cortadas na altura da superfície do solo. Em seguida, foram contabilizadas as espiguetas de cada planta (espiga da mãe + espiga do afilhos), conforme a Figura 13.



**Figura 13:** Contagem das espiguetas por planta.

Fonte: O autor, 2020.

- Produtividade: Após a maturação da cultura realizou-se a colheita manual da área útil de 2 metros de comprimento por 0,85 metros de largura (5 fileiras), totalizando 1,7 m<sup>2</sup> (Figura 14A), a qual foi trilhada em trilhadora tratorizada (Figura 14B). Após a limpeza, realizou-se a determinação da massa da amostra em balança digital com precisão de 0,01 grama, e também a aferição da umidade da amostra (U%) utilizando determinador eletrônico (Figura 15). A partir da massa de grãos obtida na área útil da parcela se obteve a produtividade, expressa em kg.ha<sup>-1</sup>, corrigindo-se o peso para 13% de umidade e extrapolando a produtividade da parcela para hectare.



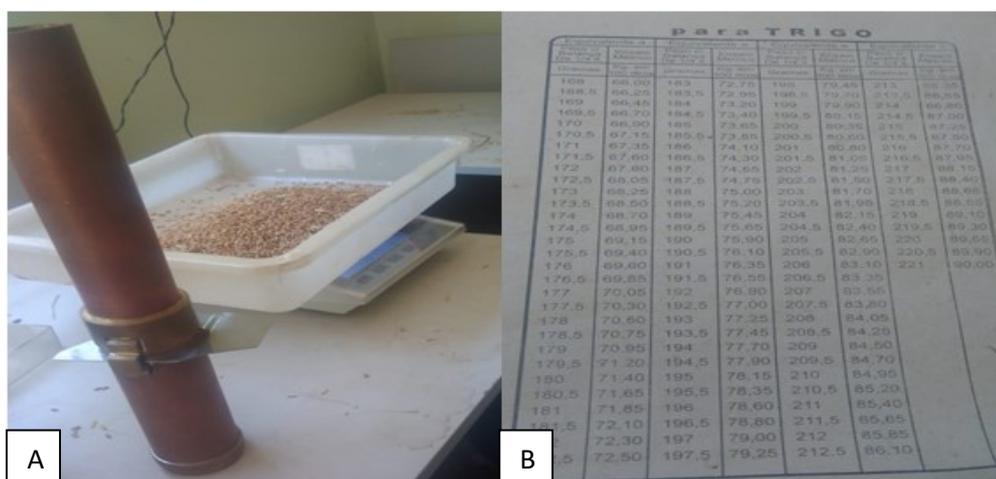
**Figura 14:** A - Área da unidade experimental colhida; B - Trilhadora tratorizada utilizada.  
Fonte: O autor, 2020.



**Figura 15:** Equipamentos utilizados para determinação da massa da amostra e aferição da umidade.  
Fonte: O autor, 2020.

- Máxima eficiência técnica e econômica: Foram realizadas regressões para ajuste do grau de polinômio visando estabelecer a máxima eficiência técnica e econômica da variável produtividade. Através da equação de grau 2 ( $y=a\pm bx\pm cx^2$ ) foi empregado o modelo matemático  $y= -b1/2b$ , na estimativa da máxima eficiência técnica (MET), para o cálculo da produtividade máxima foi utilizada a fórmula  $ax^2+bx+c$  e a fórmula  $[(t/w) -b1]/2b^2$  para obtenção da máxima eficiência econômica (MEE). O  $t$  é o valor do insumo (ureia) e  $w$  o valor do produto (trigo) (DA SILVA et al., 2015), que neste período, o quilograma de ureia correspondeu ao custo de R\$ 3,26 e o valor pago ao produtor pela saca de trigo em R\$ 81,00.

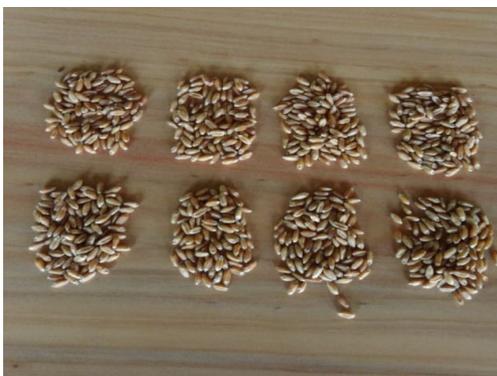
- Peso do hectolitro: Com a massa de grãos utilizada para a determinação da produtividade, foi determinada em balança hectolétrica com capacidade para um 0,25 L (Figura 16A), e posterior convertido para quilos por hectolitro com auxílio de uma tabela de conversão que acompanha o equipamento, conforme a Figura 16B. Realizou-se duas amostragens por unidade experimental e a diferença entre os resultados não deve exceder  $0,5 \text{ kg.hL}^{-1}$ . Se exceder deverá ser repetida a determinação, mas não foi o caso.



**Figura 16:** A- Determinação do peso do hectolitro; B- Tabela de conversão utilizada.  
Fonte: O autor, 2020.

- Massa de mil grãos: Foi determinada pela contagem manual de oito repetições de 100 grãos (Figura 17), pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g e após calculada a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação. Caso o coeficiente de variação das amostras fosse inferior a 4 %, seguir-se-ia a

metodologia proposta em Brasil (2009), multiplicando a média dos 100 grãos por 10 para obter a massa de mil grãos das amostras.



**Figura 17:** Contagem de oito repetições de 100 grãos.  
Fonte: O autor, 2020.

Os dados coletados foram digitados em uma planilha do Excel, e posteriormente submetidos à análise de variância conforme o modelo do delineamento experimental e as causas de variação que apresentarem significância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) foram submetidos aos procedimentos complementares de acordo com as respostas obtidas pelas interações e efeitos principais. Para os fatores qualitativos utilizou-se o teste de Scott-Knott e para os fatores quantitativos, regressão. O software utilizado foi o Sisvar (FERREIRA, 2019).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A média de plantas emergidas foi de 327,9 plantas por  $m^2$ , assim tendo uma boa emergência, já que a semeadora foi ajustada para distribuir 330 plantas por  $m^2$ . Não foram realizados comparativos por ainda não ter sido aplicado os manejos de N em cobertura e nem o *A. brasilense* via foliar.

O número de afilhos por planta não apresentou diferença significativa entre as formas de inoculação (Tabela 1), Munareto (2016) em seu trabalho verificou aumento no número de perfilhos, em duas variedades, quando a semente foi inoculada, mas em outra variedade ocorreu diminuição do número de perfilhos quando a semente foi inoculada. Barzotto et al. (2018) trabalhando com cevada, concluíram que o número de perfilhos emitidos foi superior nos tratamentos

inoculados na ausência de adubação nitrogenada e na maior dose, que foi de 120 kg.ha<sup>-1</sup>. As condições ambientais, nutricionais e genéticas afetam diretamente a emissão de afilhos. E durante este trabalho, as temperaturas foram elevadas para perfilhamento. De acordo com Monteiro et al. (2012) o genótipo influencia a comunidade microbiana presente nas raízes pela diferença na sinalização entre raiz e bactéria.

Conforme a tabela 1 a variável teor de clorofila, parâmetro fotossintético das folhas, também não apresentou diferença estatística entre as formas de inoculação, diferentemente dos resultados encontrados por Offeman (2015) e Barassi et al. (2008) que observaram incrementos no teor de clorofila quando foi realizada a inoculação das sementes com *A. brasilense*.

A variável espigas por m<sup>2</sup> apresentou diferença estatística, onde a inoculação foliar e a inoculação semente + foliar se mostraram mais eficientes em relação as outras formas. Mesmo não tendo ocorrido diferença estatística para o número de afilhos por planta para as diferentes formas de inoculação, a variável espiga por m<sup>2</sup> apresentou resultado superior para duas variáveis, o que pode ser explicado pelo fato de que estas duas formas de inoculação terem apresentado maior número de afilhos viáveis e que foram capazes de gerar espigas. Ao contrário de Ferreira et al. (2017) e Ferreira et al. (2014) que não observaram diferença significativa para essa variável avaliando a inoculação foliar no trigo na região do Cerrado.

O número de espiguetas por planta não foi influenciado pelas diferentes formas de inoculação o que corrobora com os resultados encontrados por Galindo et al. (2015) e Munareto (2016), que não observaram diferença estatística na aplicação de *A. brasilense* na cultura do trigo para esta variável. Por outro lado, Munareto (2016), no experimento no ano de 2015, observou que a associação das formas de inoculação, semente + foliar, apresentou resultados superiores as demais formas. A aplicação conjunta do inoculante apresenta maior potencial, devido à adubação química não conseguir suprir a necessidade da planta em relação à quantidade e momento de aplicação, já com a bactéria, as necessidades são supridas continuamente até a fase reprodutiva, que é onde a planta mais necessita de acúmulo de N para translocar ao número de espiguetas e ao número de grãos por espiga.

**Tabela 1:** Afilhos por planta, teor de clorofila, número de espigas por m<sup>2</sup> e espiguetas por planta de trigo em diferentes formas de inoculação de *A. brasilense* na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021.

Forma de inoculação	Variável avaliada			
	Afilhos (Planta)	Teor de clorofila	Espigas (m <sup>2</sup> )	Espiguetas (Planta)
Sem inoculação	2,2 **ns	46,2 ns	411,5 *b	33,4 ns
Inoculação na semente	2,2	47,8	417,4 b	34,3
Inoculação foliar	2,1	47,6	447,2 a	33,1
Inoc. semente + foliar	2,2	49,1	454,0 a	34,9
<b>Média</b>	2,2	47,7	432,5	33,91
<b>CV (%)</b>	12,48	7,83	7,5	12,82

\*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. \*\*ns Não significativo pelo teste F ao nível de 5%.

Fonte: O autor, 2021.

Pode-se observar na tabela 2, que a produtividade não apresentou diferença entre as formas de inoculação, bem como, as outras características avaliadas, estatura de plantas, peso do hectolitro e massa de mil grãos. É pertinente se fazer uma discussão sobre a variabilidade de respostas obtidas quando se trabalha com diferentes genótipos, principalmente quanto à inoculação de *Azospirillum brasilense*.

Vários estudos mostram diferenças da resposta de cultivares de trigo quando inoculadas (LEMOS et al., 2013; SALA et al., 2007; SALA et al., 2005). Um fator que pode interferir na associação é a afinidade entre bactérias e a planta. As bactérias são atraídas até a rizosfera pelos exsudatos liberados pelas raízes das plantas, e o utilizam como fonte de energia promovendo o crescimento (BABALOLA et al., 2010). Porém, a interação vai depender de fatores, como composição dos exsudatos (BIANCHET et al., 2013), fatores bióticos e abióticos da região da rizosfera (DUTTA; PODILE, 2010) e da competição do *Azospirillum* com as bactérias diazotróficas nativas do solo (DIDONET et al., 2000).

A estatura das plantas, bem como as outras variáveis analisadas na tabela 2, não apresentaram diferença estatística entre as formas de inoculação, o que corrobora com estudos de Barbieri et al. (2012) e Rodrigues et al. (2012) que concluíram que a inoculação com *A. brasilense* não interferiu na estatura de plantas, produtividade, peso hectolítrico e na massa de 1000 grãos. Diferentemente de Mendes et al. (2011) que concluíram que a inoculação via semente influenciou positivamente a peso hectolítrico e a produtividade de grãos de trigo.

Em trabalho de Hungria et al. (2010) foram verificados incrementos significativos na produtividade de grãos de trigo de até 31% quando inocularam as sementes com diferentes estirpes de *A. brasilense*, diferentemente do que foi obtido no presente trabalho.

Já para Ferreira (2017), os resultados nos parâmetros, peso hectolitro, massa de mil grãos e produtividade não diferiram, o que corrobora com os resultados obtidos, ainda, relatou que devem-se pelo fato dos teores de nutrientes no solo, sobretudo os macronutrientes, estarem em condições satisfatórias, inferindo também que o teor de N, também poderiam estar adequados pela aplicação da adubação de base e posterior adubação de cobertura em culturas antecessoras podem ter interferido, assim não obtendo diferenças significativas entre os tratamentos.

Outro fator que pode ter contribuído para que não ocorra diferença, é que a cultivar utilizada pode não ter uma resposta tão positiva em relação a inoculação, visto que, utilizando outras cultivares pode-se ter resultados mais satisfatórios.

**Tabela 2:** Estatura de plantas, produtividade, peso hectolitro (PH) e massa de mil grãos (MMG) de trigo em diferentes formas de inoculação de *A. brasilense* na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021.

Forma de inoculação	Variável avaliada			
	Estatura (cm)	Produtividade (Kg.ha <sup>-1</sup> )	PH (Kg.HL <sup>-1</sup> )	MMG (g)
<b>Sem inoculação</b>	71,7 <sup>*ns</sup>	3580,1 <sup>ns</sup>	77,5 <sup>ns</sup>	33,1 <sup>ns</sup>
<b>Inoculação na semente</b>	73,1	3416,1	77,5	32,7
<b>Inoculação foliar</b>	72,1	3467,2	77,7	33,0
<b>Inoc. semente + foliar</b>	73,5	3646,1	77,8	33,1
<b>Média</b>	72,6	3527,4	77,6	33,0
<b>CV (%)</b>	4,0	11,87	1,06	5,3

<sup>\*ns</sup> Não significativo pelo teste F ao nível de 5%.

Fonte: O autor, 2021.

Com relação às doses de N, houve diferença significativa para todas as variáveis avaliadas, afilhos por planta, teor de clorofila, espigas por metro<sup>2</sup> e espiguetas por planta, estatura, produtividade, PH, MMG, (Tabelas 3 e 4).

**Tabela 3:** Afilhos por planta, teor de clorofila, número de espigas por m<sup>2</sup> e espiguetas por planta de trigo em diferentes doses de adubação nitrogenada de cobertura na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021.

Dose de N - (Kg ha <sup>-1</sup> )	Variável avaliada			
	Afilhos (Planta)	Teor de Clorofila	Espigas (m <sup>2</sup> )	Espiguetas (Planta)
0	1,8 c*	44,4 b	384,1 c	29,4 b
40	2,1 b	48,8 a	422,1 b	33,7 a
80	2,3 b	48,7 a	454,4 a	35,5 a
120	2,5 a	48,9 a	469,4 a	37,1 a
<b>Média</b>	2,2	47,7	432,5	33,9
<b>CV (%)</b>	12,5	7,8	7,5	12,8

\*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

Fonte: O autor, 2021.

**Tabela 4:** Estatura de plantas, produtividade, peso hectolitro (PH) e massa de mil grãos (MMG) de trigo em diferentes doses de adubação nitrogenada de cobertura na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021.

Dose de N - (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Variável avaliada			
	Estatura (cm)	Produtividade (Kg.ha <sup>-1</sup> )	PH (Kg.HL <sup>-1</sup> )	MMG (g)
0	66,1 c*	2831,3 c	78,0 a	33,9 a
40	73,2 b	3595,0 b	78,0 a	33,8 a
80	74,9 a	3704,0 b	77,8 a	33,1 a
120	76,1 a	3979,2 a	76,8 b	31,2 b
<b>Média</b>	72,6	3527,4	77,6	33,0
<b>CV (%)</b>	4,0	11,87	1,06	5,3

\*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

Fonte: O autor, 2021.

As equações das doses de N mencionadas na sequência obtiveram significância na anova para realizar a análise de regressão. Apenas as interações não foram significativas por isso não serão abordadas neste trabalho (Anexo B).

Os afilhos por planta apresentaram resultado superior com o aumento das doses de N (Figura 18A), onde que as doses de 40 e 80 kg.ha<sup>-1</sup> já apresentaram bons resultados, 2,1 e 2,3 afilhos por planta, respectivamente, e a dose de 120 kg.ha<sup>-1</sup>, apresentou o maior número de afilhos, 2,5 por planta. Isso pode ser

explicado devido ao fato desta variável ser determinada pela disponibilidade de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura (MALAVOLTA, 2006). Os resultados encontrados por Ludwig (2015) corroboram com este trabalho, onde que com maiores doses de N atingiu se maior número de afilhos. Para Barzotto et al. (2018) a dose que proporcionou maior número de perfilhos, na cultura da cevada, foi a de 62 kg.ha<sup>-1</sup> de N para sementes não inoculadas e 43 kg.ha<sup>-1</sup> de N para sementes inoculadas. Aplicações de N entre a emergência e a emissão da 3ª folha possibilitam maior emissão de afilhos e aplicações na 7ª folha reduzem a mortalidade e adiam a senescência dos afilhos, aumentando o número de colmos férteis e a produtividade do trigo (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2001).

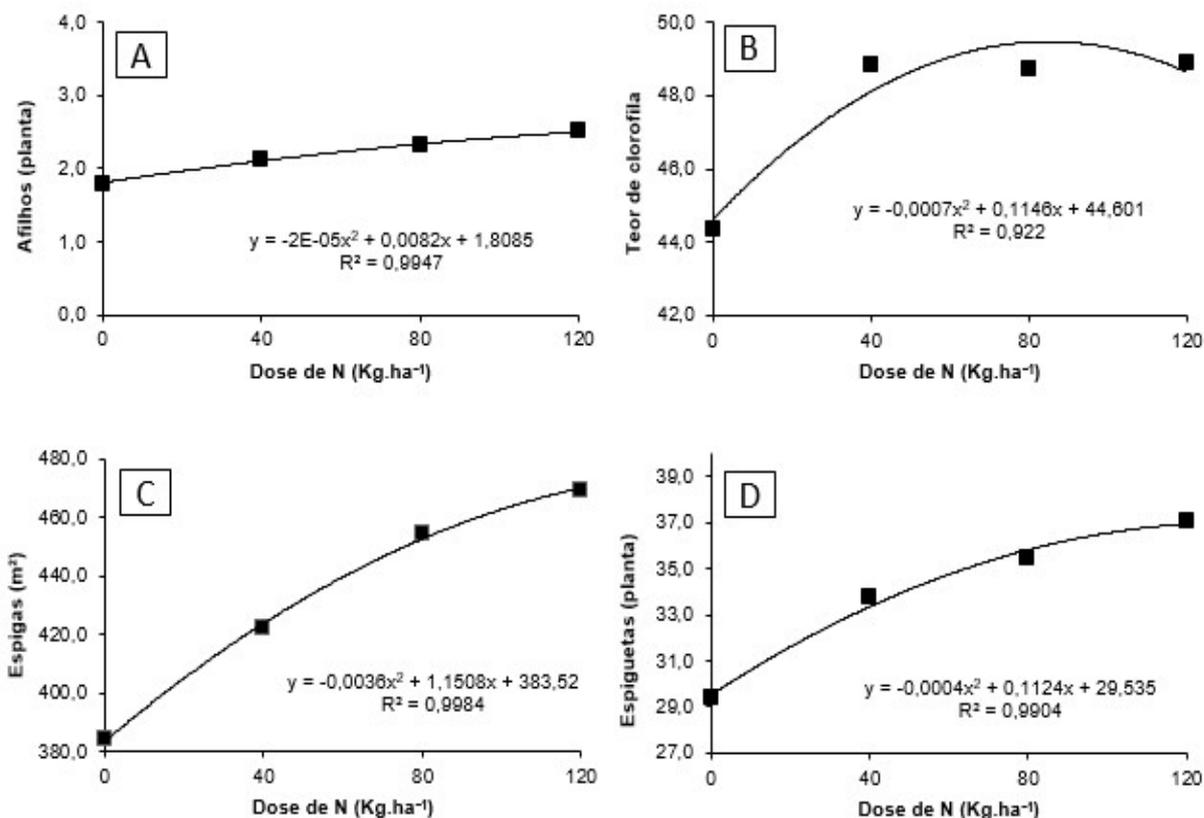
O teor de clorofila apresentou resultados superiores com o aumento das doses de N (Figura 18B), as doses 40, 80 e 120 kg.ha<sup>-1</sup>, com valores de 48,8, 48,7 e 48,9 respectivamente, se mostraram superiores que a testemunha que foi de 44,4. Neste sentido Offemann (2015) em seu trabalho também concluiu que com doses mais elevadas de N se obtinham folhas com maiores índices de clorofila. A determinação do teor de clorofila nas folhas mostra como está a nutrição nitrogenada das plantas, já que o principal sintoma de deficiência de N é o amarelecimento das folhas (ARGENTA et al. 2001).

Em relação ao número de espigas, acompanhando a tendência dos afilhos, houve aumento do número de espigas à medida que a aumentava a dose de N, até a dose de 80 kg.ha<sup>-1</sup>, a qual não diferiu da dose de 120 kg.ha<sup>-1</sup> (Figura 18C), com 454,4 e 469,4 espigas por m<sup>2</sup>, respectivamente. Este resultado corrobora com o de Marchetti et al. (2001), que obtiveram um aumento do número de espigas com o aumento das doses de N. Barzotto et al. (2018) também concluíram que com doses de 80 e 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N obtiveram maior número de espigas na cultura da cevada.

O número de espiguetas por planta apresentou resultados superiores com a aplicação de N, independente da dose (Figura 18D). No entanto, Teixeira Filho et al. (2008), não observaram efeito significativo das doses de N (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg.ha<sup>-1</sup>) para as variáveis número de espiga e número de espiguetas por planta.

As variáveis afilhos por planta, espigas por m<sup>2</sup> e espiguetas por planta são componentes de rendimento diretamente ou indiretamente determinados pela disponibilidade de N no solo, já que estes possibilitam o acúmulo de aminoácidos, enzimas e proteínas nos tecidos, os quais são distribuídos na planta, permitindo o

desenvolvimento de novos tecidos e acumulados preferencialmente nos grãos (MALAVOLTA, 2006).



**Figura 18:** A – Número de afilhos por planta; B – teor de clorofila; C – número de espigas por m<sup>2</sup>; D – número de espiguetas por planta em diferentes doses de adubação nitrogenada de cobertura na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021

Fonte: O autor, 2021.

Para a variável estatura (Figura 19A), as doses de 80 e 120 Kg.ha<sup>-1</sup> de N foram as que apresentaram a maior estatura. Resultado semelhante foi obtido por Zagonel et. al. (2002) que observaram que de acordo com o aumento das doses de N ocorre também o aumento da estatura da planta. Ferreira et al. (2017) também verificaram aumento na estatura das plantas de trigo, já que a oferta de nitrogênio promove o alongamento do caule e o aumento do número de folhas e perfilhos. Por outro lado, deve-se atentar a algumas cultivares, quanto maior a estatura da planta maior a possibilidade de ocorrer o acamamento, fato este que não foi observado no experimento.

Em relação à produtividade (Figura 19B), a dose de 120 Kg.ha<sup>-1</sup> de N foi a que apresentou a maior produtividade. Resultado semelhante ao encontrado por

Teixeira Filho (2008) que alcançou a máxima produtividade da cultura do trigo com doses de N de 120 Kg.ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, Pettinelli Neto et. al. (2002) não observaram efeito da aplicação de N no aumento da produtividade, devido ao fornecimento de N pela cultura antecessora, a soja, por diversos anos. Os maiores incrementos são obtidos nos primeiros 40 kg aplicados, onde a diferença para a testemunha sem aplicação foi de 763,8 kg.ha<sup>-1</sup>, destacando assim, o quão limitante este elemento é para a cultura (WIETHÖLTER, 2011). Para a dose de 40 Kg de N ha<sup>-1</sup> o incremento foi de 19,1 kg de grãos para cada kg<sup>-1</sup> de N aplicado, quando comparados à dose de 0 N. Para as doses de 80 e 120 kg de N ha<sup>-1</sup>, o incremento foi de apenas 2,7 e 6,9 kg de grãos para cada kg<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

Calculando a máxima eficiência técnica obteve-se valores que com 118,2 Kg.ha<sup>-1</sup> de N atingiu-se a máxima produtividade que foi de 3938,7 Kg.ha<sup>-1</sup>. Mas calculando a máxima eficiência econômica obteve-se que para ser economicamente viável deveria se aplicar 117,96 Kg.ha<sup>-1</sup> de N para atingir maior lucro.

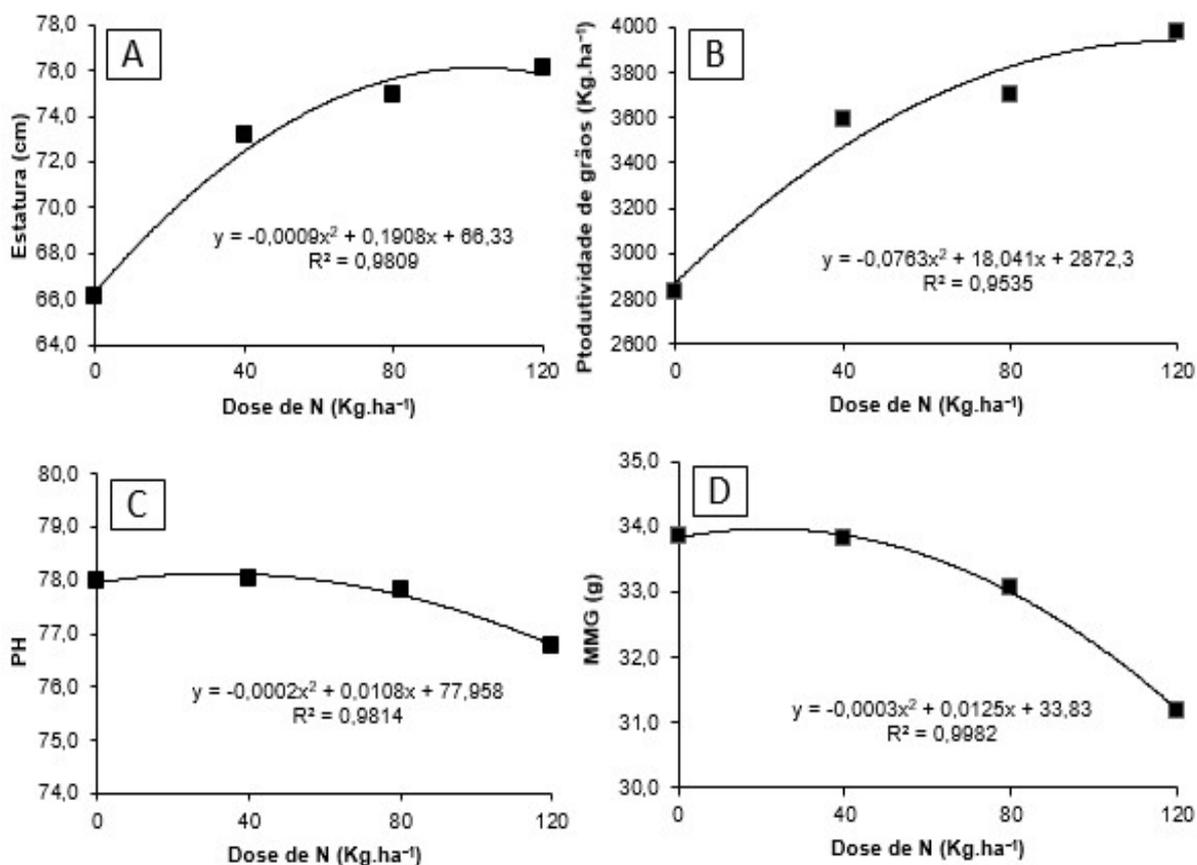
O valor de PH é utilizado como medida de comercialização do trigo, e expressa indiretamente a qualidade de grãos. Sabe-se que quanto maior o valor do PH, maior a aceitação e valorização do produto no mercado (MAZZUCO et al., 2002). Tem-se o valor de 78 kg.hL<sup>-1</sup> como referência, ou seja, PH igual ou acima deste valor, considera-se trigo com maior valor comercial. Na determinação do PH estão associadas várias características do grão, como forma, textura do tegumento, tamanho, massa, e também a presenças de impurezas (palha, terra). Valores muito baixo de PH podem indicar ocorrência de problemas na lavoura, que afetam o enchimento e qualidade do grão (GUARIENTI, 1993), como excesso de chuvas por exemplo.

O peso hectolitro teve valor decrescente com o aumento das doses de N (Figura 19C), portanto tendo valor superior quando as doses de N foram menores ou zeradas (0, 40 e 80 Kg.ha<sup>-1</sup>) e valor inferior com a maior dose (120 Kg.ha<sup>-1</sup>) assim como Trindade et. al. (2006) e Frizzone et al. (1996), que observaram essa diminuição no peso hectolitro conforme o aumento da adubação nitrogenada. Uma hipótese para essa redução, é o aumento da competição de fotoassimilados que ocorre nos grãos onde se aplica elevadas doses de N, também reduzindo o PH. Sangoi et al. (2007) observaram uma relação inversa entre teor de proteína nos grãos no momento da colheita e rendimento de grãos, onde que a cultivar mais produtiva foi a que apresentou menor teor de proteína, e a cultivar que apresentou

maior teor proteico foi a de menor produtividade. Isso se deve ao maior gasto energético que a planta tem para formar proteína, que pode comprometer o acúmulo de carboidratos (SOUZA et al., 2004).

A massa de mil grãos também apresentou valores decrescentes com o aumento das doses de N (Figura 19D), sendo assim as doses 0, 40 e 80 Kg.ha<sup>-1</sup> se mostraram mais eficientes em relação a dose de 120 Kg.ha<sup>-1</sup> para esta variável, o que pode ser explicado de acordo com resultados obtidos por Teixeira Filho (2008) onde observou que com o aumento do número de grãos por espiga, aumentou a competição de fotoassimilados dentro da espiga e de nutrientes, assim reduzindo a massa dos grãos. Por outro lado, Barzotto et al. (2018) analisando a massa de cem grãos na cultura da cevada, encontraram resultados diferentes ao deste trabalho, eles concluíram que, em sementes inoculadas, com o aumento das doses N houve aumento da massa de 100 grãos.

As maiores doses de N apresentaram mais afilhos por planta e também mais espigas (afilhos férteis), normalmente os grãos oriundos de afilhos recebem menos fotoassimilados no momento da partição e acabam enchendo menos. Então, tendo mais grãos oriundos de afilhos na dose de 120 Kg.ha<sup>-1</sup> de N, a massa de mil grãos pode ser reduzida. Resultado que corrobora com Barbieri et al. (2013), que observou que o perfilhamento das plantas se apresenta como fator determinante para a massa de mil grãos, ou seja, plantas que desenvolvem mais afilhos apresentam maior competição intraespecífica resultando em menor massa de mil grãos. Dessa forma, uma planta com menor número de afilhos tem maior condição de aumentar a massa de mil grãos, o que pode ser visto neste trabalho.



**Figura 19:** A - Estatura de plantas; B – produtividade de grãos; C – peso do hectolitro (PH); D - massa de mil grãos (MMG) de trigo em diferentes doses de adubação nitrogenada de cobertura na cultura do trigo. Ibirubá-RS, 2021.

Fonte: O autor, 2021.

## 5. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as formas de aplicação de *Azospirillum brasilense* via semente e foliar, isoladas e em conjunto, não apresentou influência sobre as variáveis analisadas. Somente para a variável espigas por m<sup>2</sup> houve incrementos quando da inoculação via foliar e semente + foliar.

Para a cultivar utilizada, a inoculação com *A. brasilense* não apresentou resultados que justifiquem e viabilizem sua utilização, independente da forma de inoculação.

Já para a aplicação de nitrogênio na forma de ureia, principalmente em grandes dosagens (80 e 120 kg.ha<sup>-1</sup>) houve um acréscimo na produtividade, estatura, teor relativo de clorofila nas folhas, afilhos por planta, espigas por m<sup>2</sup> e espiguetas por planta. As variáveis MMG e PH obtiveram reduções em virtude do aumento das doses de N.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, J. M. **Notícias: fertilizante na medida certa em trigo**. Embrapa Trigo, 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17063710/fertilizante-na-medida-certa-em-trigo> >. Acesso em: 04 set. 2021.

ANTUNES, B. MACEDO, L. A. MACHADO, C.M.M. FERREIRA, B.O. FRANÇA, A. C. A inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* poderá substituir a adubação nitrogenada em cobertura? **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, 2019. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/inoculacao-de-sementes-de-milho-com-azospirillum-brasilense-podera-substituir-adubacao>>. Acesso em: 06 set. 2021.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 13: 158-167, 2001.

BABALOLA, O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance. **Biotechnol Lett**, v. 32, n. 11, p. 1559-1570, 2010.

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. Acesso em: 02 abr. 2020.

BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. N.; MERTZ, L. M.; NUNES, U. R.; CONCEIÇÃO, G. M. Redução populacional de trigo no rendimento e na qualidade fisiológica das sementes. **Ciência Agrônômica**, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, v. 44, n. 4, p. 724-731, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rca/a/K3Th9KQ5WrCx9BZpv7Cj4zL/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 29 jul. 2021.

BARBIERI, M. K. F.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, M.; GITTI, D. C. Nitrogênio em cobertura e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em trigo irrigado em sistema de plantio direto. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 6, Londrina – PR. **Anais... IAPAR**, 2012 p. 1-5 (CD-ROM).

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> >.

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.

BASHAN, Y.; DE-BASHAN L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth – a critical assessment. **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 77–136, 2010.

BIANCHET, P.; SANGOI, L.; KLAUBERG FILHO, O.; MIQUELLUTI, D. J.; FERREIRA, M. A.; VIEIRA, J. Formulação simples e mista de inoculantes com bactérias diazotróficas, sob diferentes doses de nitrogênio na cultura do arroz irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.2555-2566, 2013.

BIOTROP. **Soluções em Tecnologia Biológica**. 2018. Disponível em:< <https://biotrop.com.br/produtos/inoculantes/azotrop/>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

BONA, F. D; MORI, C; WIETHÖLTER, S. MANEJO NUTRICIONAL DA CULTURA DO TRIGO. **Informações Agrônomicas**, n. 154, IPNI, jun. 2016.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revistas Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.2, p.317-323, abr./jun. 2001. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/1802/180218429009.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2020.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agrícola, Piracicaba**, v. 65, n. 4, p. 397-401, 2008.

CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Produção de fitormônio por *Azospirillum* sp. aspectos fisiológicos e tecnológicos de promoção de crescimento vegetal. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* sp.**: Fisiologia celular, as interações de plantas e pesquisa agronômica na Argentina. Buenos Aires: Associação Argentina de Microbiologia, 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 Microbiologia, 2008. p.87-95.

CHAGAS, A. P. The ammonia synthesis: some historical aspects. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.1, p.240-247, 2007. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000100039](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000100039)>. Acesso em: 22 mai. 2020.

CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n. 1, p. 52-59, jan./mar. 2011. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/273715219\\_Ureia\\_de\\_liberacao\\_lenta\\_apli\\_cada\\_superficialmente\\_e\\_ureia\\_comum\\_incorporada\\_ao\\_solo\\_no\\_rendimento\\_do\\_milho](https://www.researchgate.net/publication/273715219_Ureia_de_liberacao_lenta_apli_cada_superficialmente_e_ureia_comum_incorporada_ao_solo_no_rendimento_do_milho)>. Acesso em: 21 mai. 2020.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 376p., 2016.

Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do trigo: Análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos safra 2009 a 2017**. Compêndio de estudos Conab. v. 15, 2018.

Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, Brasília - DF. V. 8 - SAFRA 2020/21 - N. 10 - Décimo levantamento, Julho 2021.

Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas**. Conab. 2020. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>>. Acesso em: 07 set. 2021.

CAMPONOGARA, A.; GALLIO, E.; BORBA, W. F.; GEORGIN, J. O atual contexto da produção de trigo no Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologias Ambiental**. v. 19, n. 2, mai-ago. 2015.

DA ROS, C. O.; SALET, R. L.; PORN, R. L.; MACHADO, J. N C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, n. 5, p. 799-804, 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cr/v33n5/17122.pdf>>. Acesso em: 21 mai. 2020.

DA SILVA, D. R.; NETO, C. J. G.; CARDOSO, A. M.; KRYSCZUN, D. K.; ARNOLD, G.; DA SILVA, J. A. G. **A máxima eficiência técnica e econômica de uso do nitrogênio sobre a produtividade e qualidade industrial de grãos de aveia em diferentes sistemas de cultivo**. XXIII Seminário de Iniciação Científica. Salão do conhecimento. UNIJUÍ. 2015.

DÍAZ-ZORITA, M.; FERNANDEZ CANIGIA, M.V. Análisis de la producción de cereales inoculados con *Azospirillum brasilense* en la República Argentina. 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.155-166.

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.

DÖBEREINER, J. **Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil**, IEA/USP, São Paulo, p. 23, 1989.

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. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-011-0028-y>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

DUTTA, S.; PODILE A. R. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone. **Critical Reviews in Microbiology**. v.36, n. 3, p. 232-244, 2010.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa 2018. 356 p.

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. Disponível em: <<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>>. Acesso em: 21 mai. 2020.

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 biosistemas**, Itapeva, v 12 (2), 2017.

FRIZZONE, J. A.; MELLO JÚNIOR, A. V.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.425-434, 1996.

GALINDO, F. S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; BELLOTE, J. L. M.; SANTINI, J. M. K.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S. Épocas de inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar afetando a produtividade da cultura do trigo irrigado. **Tecnologia e ciência agropecuária**, v. 9, p. 43-48, 2015.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 36 p. 1993. (Documentos, 8).

HALVORSON, A. D.; ALLEY, M. M.; MURPHY, L. S. Nutrient requirements and fertilizer use. In: HEYNE, E. G. **Wheat and wheat improvement**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy - Crop Science Society of America - Soil Science Society of America, 1987. p. 345-383.

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. Regulação da fixação de nitrogênio em *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum* sp.**: Fisiologia celular, as interações de plantas e pesquisa agrônômica na Argentina. Buenos Aires: Associação Argentina de Microbiologia, 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.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p.. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/564908/a-importancia-do-processo-de-fixacao-biologica-do-nitrogenio-para-a-cultura-da-soja-componente-essencial-para-a-competitividade-do-produto-brasileiro>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

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.

KAPPES, C.; DA SILVA, R. G.; NUNES FERREIRA, V. N. Aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura no milho safrinha. **Scientia Agraria Paranaensis**. Marechal Cândido Rondon-PR. 2017.

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

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

LUDWIG, R. L. **Inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cultivares de trigo**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2015.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**, São Paulo: Editora Agronomica Ceres, 2006. 638 p.

MARCHETTI, M.E; CARAMORI, AZAMBUJA, T.B; CAMPOS, A.M.B. Resposta de duas espécies de trigo ao nitrogênio e ao fosforo em solução nutritiva, **Ciência Agrotecnológica** v.25 (4): 925-933, 2001.

MAZZUCO, H.; PORTELLA, J. A.; JUNIOR, W.; LUIS ZANOTTO, D. L.; MIRANDA, M. Z.; AVILA, V. S. Influência do estágio de maturação na colheita e temperatura de secagem de grãos de trigo sobre os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAc) em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2221-2226, 2002.

MELLO, N.; **Inoculação de *Azospirillum brasilense* nas culturas de milho e trigo**. Dissertação de mestrado, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - RS. 2012.

MENDES, M. C.; ROSARIO, J. G.; FARIA, M. V.; ZOCHE, J. C.; WALTER, A. L. B. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade da farinha. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 4, n. 3, p. 95-110, 2011.

MONTEIRO, F. P. PACHECO, L. P.; LORENZETTI, E. R.; ARMESTO, C.; SOUZA, P. E.; ABREU, M. S. Exudatos radiculares de plantas de cobertura no desenvolvimento de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 87-93, 2012.

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: 02 abr. 2020.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, Seção 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.

OFFEMAN, L. C. **Inoculação via semente e foliar de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo, associado a fertilização nitrogenada**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon- PR, 2015.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C.A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology & Biochemistry**, v.26, p.1591-1601, 1994.

PEREIRA, L. C.; PIANA, S. C.; BRACCINI, A. L.; GARCIA, M. M.; FERRI, G. C.; FELBER, P. H.; MARTELI, D. C. V.; BIANCHETTI, P. A.; DAMETTO, I. B. Rendimento do trigo (*Triticum aestivum*) em resposta a diferentes modos de inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista de Ciências Agrárias**. Maringá-PR. 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0871-018X2017000100013](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2017000100013)>. Acesso em: 11 set. 2020.

PETTINELLI NETO, A.; CRUSCIOL, A. C.; BICUDO, S. J.; FREITAS, J. G.; PULZ, A. L. Eficiência e resposta de genótipos de trigo irrigado ao nitrogênio para o Estado de São Paulo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14, 2002, Presidente Prudente. **Anais....** Presidente Prudente: UNESP- Programa de Iniciação Científica da UNESP, 2002. (CD ROM).

PITTNER, E.; DALLA SANTA, O. R.; MOURA, M. O.; MONTEIRO, M. C.; DALLA SANTA, H. S. Flutuação populacional de bactérias do gênero *Azospirillum* em solo cultivado com milho e em campo nativo. **Ambiência**, v. 3, n. 2, p. 243-252, 2007.

PÖTTKER, D; ROMAN, E. S. Efeito do nitrogênio em trigo cultivado após diferentes sucessões de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.33, Número Especial, p.501-507. Maio 1998. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/5077/7190>>. Acesso em: 21 mai. 2020.

PRANDO, A.M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; ÁLVARES DE OLIVEIRA, F.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 34-41, 2013.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; BASSOI, M. C.; ÁLVARES DE OLIVEIRA, F. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agrônomo de genótipos de trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 621-632, abr. 2012. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/940408/1/formas.semina.basoi.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2020.

REIS, V.M.; BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.; DÖBEREINER, J. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.19, p.227-247, 2000.

REIS, V. M.; **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/34399/1/doc232.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

RODRIGUES, M.; ARF, O.; BARBIERI, M. K. F.; PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, R. A. F. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e aplicação de regulador vegetal em trigo irrigado no cerrado. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 6, Londrina – PR. **Anais...** IAPAR, 2012 p. 1-5 (CD-ROM).

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.

ROSÁRIO, J. G.; **Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à redução na adubação nitrogenada de cobertura em cultivares de trigo.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Guarapuava, 2013.

SABIN BENETT, C. G.; BUZETTI, S.; SANTIAGO SILVA, K.; CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO, M.; ANDREOTTI, M.; ARF, O. Aplicação foliar e em cobertura de nitrogênio na cultura do trigo no cerrado **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, vol. 32, núm. 3, p. 829-838, jul/set, 2011. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744109002.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2020.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N. FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa. Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.833-842, 2007.

SALA, V.M.R.; FREITAS, S.S.; DONZELI, V.P.; FREITAS, J.G.; GALL O. P.B.; SILVEIRA, A.P.D. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:345-352, 2005.

SANGOI, L.; BERNS, A.C.; ALMEIDA, M. L., ZANIN, C. G., SCHWEITZER, C. Características agrônômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1564-1570, 2007.

SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L.; CAIERÃO, E. **Botânica, morfologia e descrição fenotípica.** Embrapa Trigo. 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: 30 mar. 2020.

SILVA, A. A.; SILVA, T. S.; VASCONCELOS, A. C. P.; LANA, R. M. Q. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **BioScience Journal**, v.28, p.104-111, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13242/8354>>. Acesso em: 21 mai. 2020.

SOUZA, E. J.; MARTIN, J. M.; GUTTIERI, M. J.; O'BRIEN, K. M.; HABERNICHT, D. K.; LANNING, S. P.; MCLEAN, R.; CARLSON, G. R.; TALBERT, L. E. Influence of

genotype, environment, and nitrogen management on spring wheat quality. **Crop Science**, Madison, v.44, p.425-432, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A.; Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6 ed.: Porto Alegre: Artmed, 888 p., 2017. Disponível em: < [https://grupos.moodle.ufsc.br/pluginfile.php/474835/mod\\_resource/content/0/Fisiologia%20e%20desenvolvimento%20vegetal%20-%20Zair%206%20AAed.pdf](https://grupos.moodle.ufsc.br/pluginfile.php/474835/mod_resource/content/0/Fisiologia%20e%20desenvolvimento%20vegetal%20-%20Zair%206%20AAed.pdf)>. Acesso em: 22 mai. 2020.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p.797-804, ago. 2010. Disponível em:< <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105669/1/Doses.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2020.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. **Doses, fontes e épocas de aplicação do nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio direto no cerrado**. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. 2008.

TRINDADE, M. G.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B.; CÁNOVAS, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.24-29, 2006.

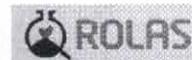
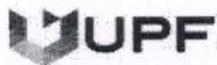
USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World agricultural production**. Foreign Agricultural Service/USDA, Circular Series –wap 07-21, July, 2021. Disponível em: < <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> Acesso em: 27 jul. 2021.

WESTPHALEM, S. L. Evapotranspiração máxima de uma cultivar precoce de trigo em evapotranspirômetro tipo Thornthwaite e relações com tanque classe A e radiação solar. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 1983, Campinas. **Resumos...** Campinas: Fundação Cargill, 1983. p. 49-50.

WIETHÖLTER, S. Fertilidade do solo e a cultura do trigo no Brasil. In: PIRES, J.L.F.; VARGAS, L.; CUNHA, G.R. **Trigo no Brasil: Bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p.135-184.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W.S.; KUNZ, R.P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, v.32, p.25-29, 2002.

## 7. ANEXOS



Cliente: DANIELA BATISTA DOS SANTOS

CPF / CNPJ: 013.284.000-69

Endereço: - IBIRUBÁ/RS

Área:

Item Ensaiado: SOLO

Local de Coleta:

Recebimento: 04/09/2019

Emissão: 13/09/2019

Matrícula:

 RESULTADO(S) DO(S) ENSAIO(S)  
 LAB. DE SOLOS  
 ANÁLISE DE SOLO QUÍMICA COMPLETA

Ensaio	Unidade	Amostras	
		4056/2019 0-10CM	4057/2019 10-20CM
TEOR DE ARGILA	%	56	65
POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH)		5,4	5,0
ÍNDICE SMP		5,5	5,1
FÓSFORO	mg/dm <sup>3</sup>	35,1	15,5
POTÁSSIO	mg/dm <sup>3</sup>	158	40
MATÉRIA ORGÂNICA	%	3,5	2,6
ALUMÍNIO	cmolc/dm <sup>3</sup>	0,2	1,5
CÁLCIO	cmolc/dm <sup>3</sup>	6,16	3,32
MAGNÉSIO	cmolc/dm <sup>3</sup>	2,92	1,69
ACIDEZ POTENCIAL (H+A)	cmolc/dm <sup>3</sup>	7,7	12,3
CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC)	cmolc/dm <sup>3</sup>	17,2	17,4
SATURAÇÃO POR BASES	%	55	29
SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO	%	2	23
SATURAÇÃO POR POTÁSSIO	%	2,3	0,6
ZINCO	mg/dm <sup>3</sup>	7,20	0,58
COBRE	mg/dm <sup>3</sup>	4,17	4,32
MANGANÊS	mg/dm <sup>3</sup>	58,10	43,30
BORO	mg/dm <sup>3</sup>	0,5	0,3
ENXOFRE	mg/dm <sup>3</sup>	12,4	13,0

Observações



JACKSON KORCHAGIN  
 Eng. Agr. CREA-RS 183514  
 RN 221161599-6  
 Responsável Técnico

## ANEXO B – Resumo da análise de variância

Resumo da análise de variância								
Fonte de variação	Afilhos		Teor de clorofila		Espigas		Espiguetas	
	Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc
Bloco	2,723	0,0376*	0,401	0,8070	2,417	0,0584	0,690	0,6017
Inoculante	0,796	0,5007	2,034	0,1187	8,505	0,0001	0,690	0,5619
Dose de N	24,312	0,0000	7,101	0,0004	27,063	0,0000	11,522	0,0000
Inoculante x Dose de N	0,547	0,8343	1,479	0,1767	1,495	0,1706	0,960	0,482
CV (%)	12,5		7,8		7,5		12,8	
Resumo da análise de variância								
Fonte de variação	Estatura		Produtividade		PH		MMG	
	Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc
Bloco	2,956	0,0269	3,027	0,0243	3,498	0,0124	2,854	0,0312
Inoculante	1,788	0,1592	1,250	0,2998	0,749	0,5275	0,273	0,8451
Dose de N	47,906	0,0000	27,527	0,0000	10,785	0,0000	10,352	0,0000
Inoculante x Dose de N	0,973	0,4715	1,947	0,620	0,881	0,5476	0,294	0,9739
CV (%)	4,0		11,87		1,06		5,3	

\*Quando Pr>Fc for menor que 0,0005 existe significância a nível 5% de probabilidade.