



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS**  
**CAMPUS CERRO LARGO**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**GILMAR LUIZ MUMBACH**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE *AZOSPIRILLUM***  
***BRASILENSE* NA CULTURA DO TRIGO**

**CERRO LARGO – RS**

**2014**

**GILMAR LUIZ MUMBACH**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*  
NA CULTURA DO TRIGO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado  
como requisito para obtenção de grau de Bacharel em  
Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser  
Co-orientador: Prof. Dr. Gilmar Roberto Meinerz

**CERRO LARGO - RS**

**2014**

**DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação**

Mumbach, Gilmar Luiz

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE AZOSPIRILLUM  
BRASILENSE NA CULTURA DO TRIGO/ Gilmar Luiz Mumbach. --  
2014.

48 f.

Orientador: Douglas Rodrigo Kaiser.

Co-orientador: Gilmar Roberto Meinerz.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Agronomia , Cerro Largo, RS, 2014.

1. Azospirillum brasilense. 2. Trigo. 3. Inoculação.  
4. Produtividade. I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient.  
II. Meinerz, Gilmar Roberto, co-orient. III.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

GILMAR LUIZ MUMBACH

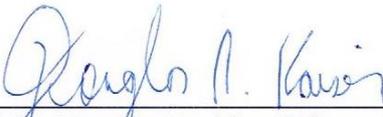
**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*  
NA CULTURA DO TRIGO**

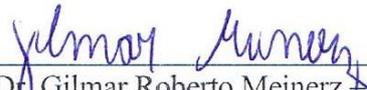
Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

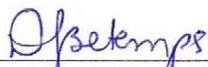
Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser  
Co-orientador: Prof. Dr. Gilmar Roberto Meinerz

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 04 / 12 / 2014

COMISSÃO EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Gilmar Roberto Meinerz – UFFS

  
\_\_\_\_\_  
Profª. Dra. Débora Leitzke Betemps – UFFS

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por ter me concedido a oportunidade de estudar e hoje concluir mais esta etapa da minha vida profissional.

Á minha família por todo apoio e paciência durante o transcorrer dessa caminhada.

A todos os meus colegas, em especial Élcio Bilibio Bonfada, Everson Bilibio Bonfada, Fabio José Andres Schneider, Ivan Enrique Kotowski, José Luiz Prill Rauber, Micael Stoelben Mallmann e Valéria Ortaça Portela pela colaboração durante a implantação e condução do experimento que gerou esse trabalho.

Ao professor Douglas Rodrigo Kaiser, tanto pela colaboração no desenvolvimento do projeto de conclusão, na instalação e condução do experimento, desenvolvimento da monografia, e todos os ensinamentos passados durante a graduação.

A todos os professores da UFFS que contribuíram, com seus ensinamentos e vivencias compartilhadas, com a minha formação profissional.

Aos técnicos e demais funcionários que de alguma forma contribuíram durante esses cinco anos de graduação.

## RESUMO

O principal objetivo deste estudo é identificar a eficiência da inoculação de sementes de trigo com bactérias *Azospirillum brasilense*, em associação à adubação nitrogenada. Foram testados neste estudo oito diferentes tratamentos: apenas inoculação das sementes; apenas inoculação (dose dobrada); inoculação + N em cobertura (70 kg/ha); inoculação + N na semeadura (20 kg/ha); inoculação + N na semeadura (20 kg/ha) + N em cobertura (70 kg/ha); inoculação + N na semeadura (20 kg/ha) + N em cobertura (35 kg/ha); N na semeadura (20 kg/ha) + N em cobertura (70 kg/ha); sem inoculação e sem N. Os tratamentos foram distribuídos em quatro blocos casualizados. As parcelas foram constituídas de uma área de 27,2 metros quadrados, com dimensões de 10 metros de comprimento e 2,72 metros de largura. Foram avaliadas diferentes variáveis na cultura do trigo, sendo estas divididas em três grupos: características morfológicas, componentes secundários e componentes primários do rendimento. Em relação aos resultados, não foram observados resultados estatisticamente significativos da inoculação em parâmetros como a produtividade, peso de 1000 grãos e peso hectolitro. Outras variáveis, como a matéria seca e o número de espigas por metro quadrado, apresentaram resultados estatisticamente significativos, quando da interação entre a inoculação com parte da adubação nitrogenada em cobertura. Conclui-se que, de acordo com os resultados encontrados neste estudo, a inoculação não apresenta efeitos significativos sobre o desenvolvimento e rendimento da cultura do trigo.

Palavras-Chave: *Azospirillum brasilense*. Trigo. Inoculação. Produtividade.

## ABSTRACT

The main objective of this study was to identify the efficiency of inoculation of wheat seeds with bacteria *Azospirillum brasilense* in association with nitrogen fertilization. This study eight different treatments were tested: only seed inoculation; only inoculation (double dose); inoculation + nitrogen fertilization (70 kg / ha); inoculation + N at sowing (20 kg / ha); inoculation + N at sowing (20 kg / ha) + nitrogen fertilization (70 kg / ha); inoculation + N at sowing (20 kg / ha) + nitrogen fertilization (35 kg / ha); N at sowing (20 kg / ha) + nitrogen fertilization (70 kg / ha); without inoculation and without N. The treatments were arranged in four randomized blocks. The plots consisted of an area of 27.2 square meters, with dimensions of 10 meters long and 2.72 meters wide. Different variables were evaluated in wheat, which are divided into three groups: morphological characteristics, primary and secondary components yield components. Regarding the results, had no statistically significant results of inoculation on parameters such as productivity, 1000 kernel weight and hectolitre weight. Other variables, such as dry matter and the number of ears per square meter, statistically significant results when the interaction between the inoculation of the nitrogen topdressing. In conclusion, according to the results found in this study, inoculation has no significant effect on the development and yield of wheat.

Keywords: *Azospirillum brasilense*, Wheat. Inoculation. Productivity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Temperatura máxima, mínima e média do ar ao longo do ciclo da cultura do trigo. .....	32
Figura 2 – Precipitação e umidade relativa do ar ao longo do ciclo da cultura do trigo .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resposta de diferentes doses de nitrogênio sobre diferentes atributos da cultura do trigo.....	18
Tabela 2 – Resultados da análise química do solo da área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo/RS .....	26
Tabela 3 – Tratamentos e condições avaliadas no experimento.....	28
Tabela 4 - Matéria seca (MS) número de perfilhos por planta da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados .....	33
Tabela 5 - Comprimento de espigas (CE) e altura de plantas (AP) da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados. ....	35
Tabela 6 - Número de espiguetas por espiga (NEE) e número de grãos por espiga (NGE) da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados. ....	36
Tabela 7 - Número de espigas por metro quadrado (NEsp) nos diferentes tratamentos avaliados .....	37
Tabela 8 - Produtividade da cultura do trigo (kg/ha) nos diferentes tratamentos testados .....	38
Tabela 9 - Peso de 1000 grãos da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados .....	39
Tabela 10 - Peso hectolitro (PH) da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados ....	40
Tabela 11 - Determinação do Índice de Colheita da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados .....	41

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
2.1 CARACTERIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO TRIGO .....	11
2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO TRIGO .....	14
2.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO: ÊNFASE ÀS GRAMÍNEAS .....	18
2.4 RESULTADOS DA INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE TRIGO E OUTRAS GRAMÍNEAS COM <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> .....	22
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	25
3.1 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS DO LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	26
3.2 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DA CULTURA .....	26
3.3 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS AVALIADOS .....	28
3.4 ATRÍBUTOS AVALIADOS NO ESTUDO .....	29
3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	30
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	31
4.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS AVALIADAS .....	32
4.2 COMPONENTES SECUNDÁRIOS DO RENDIMENTO .....	35
4.3 COMPONENTES PRIMÁRIOS DO RENDIMENTO .....	38
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	41
<b>6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	42

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) é a principal cultura de inverno no Brasil. Apresenta grande importância dentro do cenário da produção agrícola, com destaque principalmente nos estados do Sul do país. Juntamente com o arroz, aveia, milho, triticale, centeio e cevada, o trigo compõe o grupo dos cereais, sendo responsáveis por grande parte da geração de alimentos à humanidade. De acordo com Sala et al. (2005), os cereais comportam cerca de 50% das terras agrícolas do mundo.

O trigo destaca-se não apenas pela sua produtividade, mas também é uma importante ferramenta dentro de um sistema de rotação de culturas, pela alta produção de resíduos vegetais, gerando assim uma boa cobertura de solo. Além disso, traz benefícios pela redução do banco de sementes de plantas daninhas no solo, beneficiando as culturas subsequentes. Através do benefícios gerados ao solo, estima-se uma redução de 20% nos custos das lavouras de verão precedidas pelo trigo (DEGRAF et al., 2008).

Em relação ao cultivo brasileiro, segundo dados da Conab (2014), estima-se que a área plantada com trigo no Brasil, na safra 2014, deve ter um aumento de 22,9% em relação a 2013, alcançando 2,7 milhões de hectares. Esse aumento de área cultivada é fruto principalmente do elevado preço e da alta demanda do mercado nacional, que deve ficar em 12,2 milhões de toneladas, enquanto que a expectativa de produção fica em 7 milhões de toneladas.

A área semeada no Rio Grande do Sul, em 2014, apresentou um aumento de 9,8%, em comparação ao ano anterior, ficando em 1,14 milhões de hectares. Em relação a produção, esta deverá ficar em 2,5 milhões de toneladas, 23,3% menor aos prognósticos iniciais, e 21,4% inferior à safra 2013 (CONAB, 2014).

Apesar da elevação da produtividade nos últimos anos, fruto da utilização de cultivares melhoradas, assim como de um manejo mais rigoroso da cultura, os altos custos tanto de implantação como dos tratamentos culturais tendem a reduzir os ganhos por área do agricultor, tornando a cultura de alto risco. Além disso, nos estados do sul do país, existe a possibilidade da ocorrência de geadas na fase reprodutiva da cultura, o que pode acarretar em grandes perdas à produtividade da cultura (CONAB, 2013).

A elevação da produtividade provém de uma série de fatores, que envolvem desde a utilização de cultivares mais adaptadas às condições brasileiras, maior investimento na fertilidade do solo, manejo mais rigoroso de pragas e doenças. Um dos fatores principais para esses ganhos, segundo Megda et al. (2009), é o correto manejo do nitrogênio, sendo este o

elemento nutricional absorvido em maiores quantidades, e que garante as respostas mais positivas quanto a produtividade.

A principal fonte de nitrogênio disponibilizado à cultura provém da adubação química. No entanto, outras fontes de nitrogênio podem ser utilizadas pelas plantas, como o nitrogênio disponibilizado pela decomposição dos resíduos vegetais de plantas expostas sobre o solo, a matéria orgânica estável do solo, ou ainda a utilização de compostos orgânicos, como os dejetos de animais. No entanto, vem ganhando espaço nos últimos anos, através das descobertas de estudos científicos, a utilização de bactérias diazotróficas, principalmente do gênero *Azospirillum*, capazes de fixar nitrogênio atmosférico, tornando-o disponível às plantas em formas assimiláveis. A fixação de nitrogênio, assim como outros benefícios gerados por essas bactérias, possibilita a redução da adubação nitrogenada, e por consequência redução dos gastos ao produtor.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar a resposta da cultura do trigo à utilização de inoculante a base da bactéria *Azospirillum brasilense* nas sementes da cultura, associada a aplicação de adubação nitrogenada em diferentes períodos do ciclo de desenvolvimento do trigo.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A seguir serão destacados importantes aspectos relacionados à cultura do trigo, baseados na literatura científica nacional e internacional. Serão abordados aspectos relacionados à sua implantação, características de desenvolvimento, importância da adubação nitrogenada e inoculação de sementes com estirpes de bactérias diazotróficas.

### **2.1 CARACTERIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO TRIGO**

A semeadura do trigo no Sul do Brasil é realizada durante o período do outono, com o desenvolvimento vegetativo ocorrendo nos meses de inverno, e a fase reprodutiva, bem como a colheita, sendo realizada durante a primavera (WALTER et al., 2009). Para o Rio Grande do Sul, os períodos recomendados de semeadura, segundo o Zoneamento Agrícola de Risco Climático, situam-se entre 1 de maio e 30 de junho (MAPA, 2013).

A escolha da época mais adequada de implantação da cultura do trigo deve levar em consideração diversos aspectos, como clima, solo, sistema de produção e tecnologias adotadas,

assim como aspectos socioeconômicos relacionados a região de cultivo. O objetivo principal é buscar sincronizar a época mais adequada para o desenvolvimento da cultura com períodos menos suscetíveis às intempéries climáticas (PIRES et al., 2011).

O ciclo da cultura do trigo varia principalmente de acordo com a cultivar utilizada, sofrendo influência das condições meteorológicas, tipo de solo, adubação, dentre outros fatores (WENDT et al., 2006). De acordo com Walter et al. (2006), as gramíneas, entre a emergência e a maturidade fisiológica, podem ter seu desenvolvimento dividido nas fases vegetativa e reprodutiva. A primeira fase, vegetativa, ocorre entre a emergência e o aparecimento da inflorescência (antese), enquanto que a fase reprodutiva ocorre entre a antese e a maturação fisiológica. Outros autores, como Pires et al. (2011,), dividem o desenvolvimento da cultura em três fases: vegetativa, reprodutiva e enchimento de grãos.

A caracterização do desenvolvimento do trigo em diferentes fases tem grande importância, apresentando correlação direta com o seu rendimento. A fase vegetativa deve ser longa o suficiente para uma elevada produção de área foliar, garantindo suficiente acumulação de fotoassimilados no colmo, que por consequência, terão relação direta com o rendimento dos grãos (WALTER, et al., 2006).

O período de duração da fase vegetativa associa-se com a alteração do número final de folhas e à velocidade de aparecimento das folhas no colmo principal. Por outro lado, a fase reprodutiva depende principalmente da taxa de desenvolvimento da cultura, sendo esta afetada em grande parte pela temperatura do ar (ALBERTO, 2008).

A definição do potencial de rendimento da cultura ocorre antes da floração. No entanto, períodos estressantes, como déficit hídrico por exemplo, durante a fase de enchimento de grãos, podem comprometer, tanto qualitativamente como quantitativamente, a produtividade da cultura (PIRES et al., 2011).

O período inicial da fase reprodutiva é determinante para a obtenção do potencial de rendimento de uma cultivar de trigo. Nesta etapa, caracterizada pelo alongamento do colmo e antese, são definidos o número de flores férteis. Em condições normais, são formados entre 6 e 12 primórdios florais por espiguetas; no entanto, apenas de 4 a 5 são fertilizados (RIBEIRO et al., 2009).

Diversos fatores estão envolvidos na duração do ciclo de desenvolvimento das culturas. Segundo Miralles (2004), três fatores são determinantes pela duração dos ciclos fenológicos de uma planta de trigo: temperatura, fotoperíodo e vernalização. Tais fatores devem sempre ser considerados para a escolha correta das cultivares a serem semeadas em cada região.

A planta do trigo apresenta pleno desenvolvimento em temperaturas que variam de 15 a 25 °C. Temperaturas amenas são desejáveis durante o desenvolvimento vegetativo da cultura, favorecendo a maior emissão de perfilhos, assim como a formação de um sistema radicular mais abundante. A partir da antese, temperaturas muito baixas, principalmente com possível ocorrência de geadas, podem provocar graves danos aos grãos, com conseqüente redução do seu rendimento (HEINEMANN et al., 2006).

A resposta da cultura do trigo ao fotoperíodo e a vernalização ocorrem apenas em determinados períodos do ciclo da planta, diferentemente do que ocorre com a temperatura, que possui influência durante todas as fases do desenvolvimento.

As temperaturas vernalizantes podem variar entre 0 e 12°C, com ótimo entre 5 e 7°C. A resposta a vernalização caracteriza-se como uma estratégia das plantas contra os efeitos negativos das baixas temperaturas. Este efeito ocorre apenas durante o desenvolvimento vegetativo da cultura, sendo nulo após a antese (MIRALLES 2004; WALTER et al. 2009).

O trigo pode ser considerado uma planta de dia longo, ou seja, a indução ao florescimento ocorre em períodos onde há um aumento do período de luminosidade. No entanto, cabe destacar, que existe uma grande variação quanto a sensibilidade das diferentes cultivares ao fotoperiodismo (RIBEIRO et al., 2009).

A formação de um *stand* de plantas adequado é ideal para o bom rendimento da cultura. Buscando uma boa população inicial de plantas, a germinação das sementes deve ser alta e uniforme. Diante disso, segundo Pires et al. (2011), a temperatura do solo é um fator importante para o processo germinativo, sendo o ideal entre 20 e 35°C. Além disso, outro fator importante no processo de germinação é a disponibilidade de água no solo; as sementes necessitam absorver cerca de 35 e 40% do seu peso em água para que o processo seja desencadeado.

O crescimento e desenvolvimento da cultura do trigo estão sujeitos a efeitos externos e internos, interferindo nos processos fisiológicos da planta. Mecanismos como a fotossíntese, respiração e transpiração, assim como a translocação de fotoassimilados, estão diretamente ligados à fatores abióticos aos quais as plantas estão expostas no ambiente (PICCININ 2012).

A colheita do trigo deve ocorrer quando os grãos tiverem com umidade variando entre 11 e 14%. Valores tanto acima quanto abaixo deste patamar podem prejudicar a qualidade dos grãos, causando prejuízos ao produtor. Umidades elevadas tendem a dificultar a colheita e elevar a ocorrência de danos ocasionados por patógenos. Da mesma forma, umidades abaixo de 11% são prejudiciais, elevando os níveis de quebra dos grãos e maior dificuldade de condicioná-lo em nível de umidade adequado (MANDARINO, 1993).

## 2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO TRIGO

O rendimento de uma cultura pode ser afetado por diferentes fatores, dentre os quais destaca-se a quantidade de nutrientes acumulados pela planta, sejam eles absorvidos diretamente do solo, ou fornecidos através da adubação química ou orgânica. O fornecimento de quantidades adequadas de fertilizantes pode elevar o rendimento de uma cultura, e por consequência garantir um maior retorno econômico (BERTI et al., 2007).

O nitrogênio é o elemento mais abundante da atmosfera, representando 78% dos gases presentes. No entanto, devido a necessidade de quebra da tripla ligação formada entre os átomos, para transformá-lo em um composto que seja assimilável pelas plantas, gera alto custo energético na indústria. Estima-se que os custos para a síntese de fertilizantes nitrogenados no mundo fiquem em torno de 1,2 a 1,8% do total de combustíveis fósseis consumidos mundialmente (ROSCOE e MIRANDA, 2002).

O nitrogênio é o elemento químico requerido em maior quantidade pela grande maioria das plantas, sendo o que mais limita o seu desenvolvimento. Ele faz parte das proteínas, ácidos nucléicos e muitos outros importantes constituintes celulares, incluindo membranas e diversos hormônios vegetais. Sua deficiência resulta em clorose gradual das folhas mais velhas e redução do crescimento da planta (FERNANDES e SOUZA, 2006). Segundo Sala et al. (2005), o N constitui o elemento mais limitante na produtividade do trigo, sendo determinante para o número de perfilhos, e essencial na fase de formação dos nós e no início do alongamento.

No solo o nitrogênio pode estar disponível em diversas formas, entre elas o amônio, o nitrato, os aminoácidos, os peptídeos e ainda formas complexas insolúveis. O nitrato e o amônio são as formas preferencialmente absorvidas pelas plantas (FERNANDES e SOUZA, 2006).

As principais formas de absorção de nitrogênio pelas plantas são o amônio e o nitrato; outras formas, como a ureia e alguns aminoácidos, também podem ser absorvidos. Na grande maioria das situações, a absorção de nitrato predomina em condições de boa drenagem, enquanto que em solos alagados absorve-se preferencialmente o amônio, que não sofre o processo de nitrificação (BISSANI et al., 2004).

A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil. Apesar de sua alta solubilidade garantir rápida absorção pelas plantas, também podem ocorrer consideráveis perdas, como por volatilização de amônia. Outra alternativa é o sulfato de amônio, que não sofre volatilização, quando o pH é inferior a 7. No entanto, devido a ocorrência da nitrificação, esse fertilizante tem sua eficiência reduzida pela lixiviação de nitratos (TEIXEIRA FILHO et

al., 2010).

O nitrogênio, ao mesmo tempo que é o nutriente requerido em maiores quantidades pelas plantas, também é o mineral mais facilmente perdido, por processos de lixiviação, volatilização e desnitrificação (BISSANI et al., 2004). A lixiviação consiste na perda de N pela percolação no solo através da água, principalmente na forma de nitrato, que não é retido pelas cargas negativas que predominam no solo. A volatilização ocorre através da transformação de amônio em amônia, que é volátil, e ocorre principalmente em solos alcalinos. Já o processo de desnitrificação ocorre em solos que apresentam limitação de oxigênio, como em solos alagados (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

A perda de nitrogênio por volatilização pode atingir patamares de 60%, principalmente em sistema de plantio direto e manejados com boa cobertura vegetal, devido a maior atividade da enzima urease em vegetais do que no solo. A utilização de ureia em condições adversas, como baixa umidade e altas temperaturas, tende a maximizar as perdas (SANTOS, 2013).

Outro problema decorrente de aplicações excessivas de fertilizantes nitrogenados, ou quando estas são realizadas de forma inadequada, é o aumento da emissão de gases de efeito estufa, principalmente na forma de óxido nitroso. Para minimização deste problema algumas estratégias podem ser úteis, como a utilização de plantas de cobertura, preferencialmente leguminosas, que reduzem a necessidade da adubação nitrogenada (CARVALHO e REIN, 2009).

A liberação de nitrogênio na forma de óxido nitroso na atmosfera provoca danos à camada de ozônio. Apesar de sua liberação ocorrer também de forma natural, por bactérias ou através do oceano, as perdas mais preocupantes provêm da ação do homem, responsável por cerca de um terço das emissões do gás, provenientes do tratamento de esgoto, processos industriais e uso inadequado de fertilizantes (SANTOS, 2013).

Em condições normais as espécies leguminosas aumentam a emissão de óxido nitroso na atmosfera, quando comparadas com gramíneas, em sistemas de rotação de culturas. No entanto, por terem menores necessidades de N e pela associação que realizam com bactérias fixadoras do nutriente, as leguminosas podem ser bastante úteis para a mitigação da emissão do N<sub>2</sub>O (GOMES, 2006).

Por ser requerido em grandes quantidades pelas plantas, e ter uma alta solubilidade no solo, a utilização do nitrogênio deve ser muito criteriosa. Desta forma, é comum a aplicação do nutriente em cobertura, durante o desenvolvimento vegetativo da cultura. Segundo Berti et al. (2007), a adubação nitrogenada em cobertura pode alterar o rendimento de grãos do trigo,

através de estímulos aos componentes do rendimento, como número de grãos por espiga, massa dos grãos e número de espigas por área.

As doses de nitrogênio a serem utilizadas baseiam-se na fertilidade do solo e necessidades da cultura. Em média, utilizam-se entre 30 e 60 kg de N por hectare. No entanto, algumas cultivares podem responder a doses de até 120 kg/ha. Se por um lado doses elevadas deste nutriente proporcionam maior desenvolvimento e produtividade da cultura, por outro, principalmente em cultivares de porte mais elevado, pode ocorrer o acamamento, prejudicial tanto para a qualidade como a produção de grãos, além de aumentar o custo de produção e favorecer as perdas de nitrogênio do sistema (DEGRAF et al., 2008).

No trigo recomenda-se a aplicação de apenas 15 a 20 kg de nitrogênio por hectare na semeadura, sendo o restante aplicado em cobertura, entre 30 e 45 dias após a emergência das plantas, correspondendo a fase entre o perfilhamento e alongação do colmo. Em condições onde são recomendadas doses elevadas, preconiza-se a aplicação em duas doses, com a primeira ocorrendo no afilhamento e a segunda no início do alongamento (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC, 2004).

A aplicação parcelada de nitrogênio é necessária tanto pela alta solubilidade deste nutriente como pela variação nas necessidades da cultura durante seu desenvolvimento. Da emergência até o início do perfilhamento a demanda de nitrogênio é baixa, tanto pelo reduzido sistema radicular e aéreo, como pelo aporte das reservas contidas no embrião. No entanto, a partir do perfilhamento, tem-se o aumento das demandas pela planta, tornando-se necessário o fornecimento de maiores doses de N à cultura (PERUZZO, 2000).

O fornecimento excessivo de nitrogênio acarreta maior crescimento da parte aérea, quando em comparação ao crescimento radicular, o que gera alguns problemas, como a maior suscetibilidade da planta à seca. Além disso, doses elevadas de nitrogênio promovem excessivo crescimento da área foliar, acarretando no auto sombreamento, e conseqüentemente formação de um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças (RODRIGUES et al., 2003).

A deficiência de nitrogênio disponível à cultura pode causar sérias perdas de produtividade. O principal sintoma da falta do nutriente ao trigo é a clorose foliar, que atinge inicialmente as folhas mais velhas. A capacidade do solo em suprir nitrogênio, através da decomposição da matéria orgânica, é baixa, em torno de 1,5% ao ano. Desta forma, é indispensável o fornecimento de outras fontes à cultura (BISSANI et al. 2004 e PIRES et al. 2011).

A resposta das diferentes cultivares de trigo ao nitrogênio aplicado, em relação a

rendimento e qualidade de grãos, depende de diversos fatores, como a disponibilidade de água, doses de N aplicadas, genótipo, cultura antecessora, tipo de solo, características da região, entre outros fatores (CAZETTA et al., 2007). Teixeira Filho et al. (2010), estudando a resposta de diferentes doses de nitrogênio em diferentes épocas de aplicação na cultura do trigo, observaram que a aplicação de N em cobertura garantiu um maior teor foliar e de clorofila nestas, quando comparada à aplicação apenas na semeadura.

A aplicação de altas doses de nitrogênio, mesmo elevando a massa foliar das plantas e seus teores de clorofila, muitas vezes não garantem uma maior produtividade. A cultura do trigo pode apresentar máximo rendimento em doses intermediárias de N. No estudo desenvolvido por Cazetta et al. (2007), onde foi avaliada a resposta de algumas cultivares de trigo e de triticale a variadas doses de nitrogênio em diferentes épocas de aplicação, a dose de 60 kg de N por hectare em cobertura apresentou produtividade média de 3,11 toneladas, enquanto que na dose máxima testada, de 120 kg/ha, a produtividade ficou em 3,06 toneladas. Em estudo similar, Teixeira Filho et al. (2010) obtiveram a produtividade máxima com a dose de 121 kg/ha; a maior dose testada neste trabalho foi de 200 kg por hectare.

Avaliando a resposta de diferentes cultivares a diferentes fontes e épocas de aplicação de nitrogênio, Megda et al. (2009) encontraram resultados positivos a aplicação de nitrogênio em cobertura, não apenas na produtividade, mas também em outros atributos avaliados, como o teor de N nas folhas e massa de 1000 grãos. Em relação a avaliação do desempenho das diferentes fontes do nutriente, sulfonitrato de amônio, sulfato de amônio e ureia, não houve diferença significativa entre estes nos atributos de rendimento avaliados.

Kegler e Mourão (2011), avaliando a resposta da cultura do trigo a diferentes doses de nitrogênio, encontrou diferentes respostas nas variáveis avaliadas: altura de plantas, tamanho de espigas, peso de 1000 grãos, peso hectolitro e produtividade. A resposta positiva da cultura foi variável quanto as doses utilizadas, ocorrendo redução dos atributos avaliados em doses de N muito elevadas. Os dados encontrados neste estudo podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1. Resposta de diferentes doses de nitrogênio sobre diferentes atributos da cultura do trigo.

Nitrogênio (kg/ha)	Altura das plantas (cm)	Tamanho de espigas (cm)	Peso de 1000 grãos (cm)	Peso Hectolitro	Produtividade (kg/ha)
0	82,0	8,2	29,2	75,5	2621,7
30	83,0	8,5	29,7	73,2	2695,0
60	84,2	8,9	29,0	73,7	2854,9
90	85,0	9,0	29,0	72,7	2993,7
120	85,0	8,7	29,0	72,0	2609,0
CV (%)	0,51	4,47	1,08	0,74	2,00

Fonte: Kegler e Mourão (2011)

O cuidado com a cultura que antecede o trigo também é importante. Segundo Pires et al. (2011), além da utilização do sistema de plantio direto, o cultivo do trigo em sucessão à soja pode garantir um aumento de 300 a 500 kg/ha na produtividade, quando comparado à sucessão milho/trigo.

Outro fator de grande importância para uma produção agrícola rentável e sustentável é a adoção do sistema de plantio direto (SPD), onde, quando bem conduzido, condiciona a elevação dos teores de matéria orgânica, e por consequência aumento dos teores de nitrogênio orgânico no solo. O SPD preconiza a associação de diferentes tecnologias, como o revolvimento do solo apenas na linha de semeadura, a adoção de sistemas de rotação de culturas, a manutenção permanente de cobertura vegetal sobre o solo e a adoção do processo de colher-semeiar (CRUZ et al., 2001; MELO JUNIOR et al., 2011; DENARDIM et al., 2012).

A rotação de culturas é um aspecto importante para a promoção da biodiversidade. Exerce inúmeros benefícios agrícolas, como o favorecimento do manejo integrado de pragas, doenças e plantas espontâneas, promoção de uma maior cobertura do solo, estabilidade da produtividade e redução das forças erosivas no solo (COMISSÕES CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2013).

A redução da mobilização do solo, realizada apenas na linha de semeadura, e acompanhada da manutenção permanente de resíduos vegetais sobre o solo, beneficia o solo de diversas formas. Ocorre a redução das perdas de solo por erosão, menor perda de água pela evaporação, redução da incidência de plantas daninhas, menor decomposição da matéria orgânica do solo e preservação da estrutura física e biológica do solo (COMISSÕES CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2013).

### 2.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO: ÊNFASE ÀS GRAMÍNEAS

A fixação biológica de nitrogênio é resultado da ação de microrganismos diazotróficos na redução de N atmosférico ( $N_2$ ) em amônia ( $NH_3$ ), pela ação da enzima nitrogenase. Essas bactérias podem ser classificadas como associativas, endofíticas ou simbióticas (HUNGRIA, 2011).

O processo de fixação biológica de nitrogênio é realizado por um grupo restrito de bactérias denominadas diazotróficas. Estas compõem um grupo conhecido como bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), organismos benéficos às plantas e que possuem capacidade de colonizar as raízes e outros tecidos internos do vegetal, sem no entanto causar sintomas de doenças. Estes estímulos ao crescimento ocorre por diversas formas, entre elas a fixação biológica de nitrogênio, além da produção de hormônios de crescimento que favorecem o crescimento vegetal, como auxinas e giberelinas (REIS, 2007).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas colonizam a superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas. Geram estímulos para o crescimento das plantas, destacando-se a fixação biológica de nitrogênio, produção de hormônios e outras moléculas importantes, solubilização de fosfato e a atuação como agente de controle biológico. Ainda, quando crescem dentro da planta, podem aumentar a atividade da enzima redutase do nitrato (ROSCOE e MIRANDA 2002; HUNGRIA, 2011).

O processo mais eficiente de simbiose ocorre entre espécies de plantas da família das leguminosas com bactérias do gênero *Rhizobium*, *Bradhyrizobium* e *Azorhizobium*, popularmente denominadas de rizóbios (MALAVOLTA, E. 2006; HUNGRIA et al. 2007). Neste processo ocorre a formação de nódulos das bactérias nas raízes das plantas infectadas, com a fixação de nitrogênio atmosférico em compostos assimiláveis pelas plantas. Atualmente, através da seleção de estirpes altamente eficientes, não se recomenda mais a adubação nitrogenada em soja (ROSCOE e MIRANDA, 2002).

Quando em contato com as raízes de soja, as bactérias do gênero *Bradhyrizobium* infectam-nas através dos pelos radiculares, formando os nódulos. Por intermédio da enzima dinitrogenase as bactérias quebram a ligação tripla do nitrogênio atmosférico, reduzindo-o a amônia ( $NH_3$ ). À amônia são incorporados íons  $H^+$  presentes nas células das bactérias, formando-se assim amônio ( $NH_4^+$ ), fonte assimilada pelas plantas (BÁRBARO et al., 2008).

Alguns autores como Fernandes e Souza (2006), Malavolta (2006), buscam descrever as principais etapas do processo de fixação biológica de nitrogênio em plantas leguminosas;

“No processo de fixação biológica de bactérias com plantas leguminosas, ocorre inicialmente a liberação de variados compostos químicos, como (isso)-flavonoides e betaínas, das células radiculares para o solo. Estes são responsáveis pelo reconhecimento do hospedeiro pela bactéria, e permitem a adesão à superfície dos pelos radiculares. O processo ocorre em condições de baixas concentrações de nitrogênio no meio. Após, a bactéria passa a secretar fatores nod, os quais estimulam a curvatura dos pelos radiculares e a invasão da raiz, incluindo a formação de um cordão de infecção, que é formado pelas raízes em resposta a infecção. A bactéria continua a se multiplicar e secretar fatores nod, estimulando a divisão das células radiculares. Dentro de uma semana o nódulo, representado por milhões de células vivas de *Rhizobium*, passa a ser visível”.

Existem alguns gêneros de bactérias que fixam nitrogênio, porém sem a formação de nódulos, ocorrendo associadas a espécies gramíneas. As mais conhecidas são algumas espécies do gênero *Azospirillum*, principalmente *Azospirillum brasilense* e *Azospirillum lipoferum* (FERNANDES e SOUZA, 2006). São bactérias endofíticas facultativas, que colonizam tanto a superfície como o interior das raízes; podem ocorrer em diferentes culturas, como milho, trigo, aveia, sorgo e arroz (NOVAKOWISKI et al. 2011).

As etapas que iniciam o processo de colonização das bactérias do gênero *Azospirillum* são descritas por Dobereiner (1992);

“O grupo de bactérias do gênero *Azospirillum* pode ocorrer tanto epifiticamente como endofiticamente. Inicialmente ocorre a colonização da superfície das raízes, com a formação de pequenos agregados. Após, são colonizados os espaços intercelulares das células da epiderme e do córtex, na região de alongamento das raízes, com a consequente formação de pelos radiculares. Internamente, na região do aerênquima radicular, estabelece-se uma população de bactérias que reduzem as concentrações de oxigênio, favorecendo a atividade de fixação biológica de nitrogênio”.

Na simbiose entre gramíneas e bactérias diazotróficas, pertencentes principalmente ao gênero *Azospirillum*, segundo Piccinin (2012), além dos benefícios diretos, como a fixação biológica de N e a produção de reguladores de crescimento, podem ocorrer benefícios indiretos, como o controle biológico, tanto de pragas como doenças.

Em bactérias endofíticas ou associativas, grupo no qual o gênero *Azospirillum* faz parte, o mesmo complexo dinitrogenase realiza a conversão de nitrogênio atmosférico em amônia. No entanto, bactérias associativas excretam apenas parte do N fixado às plantas, não suprimindo por completo as necessidades deste nutriente à cultura. A quantidade de nitrogênio fixado varia de 30 a 50 kg por hectare/ano (HUNGRIA, 2011).

As bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum* tem sido intensamente estudadas por sua possível aplicação no cultivo de milho, trigo e outros grãos. No entanto, evidências atuais indicam que a fixação biológica de nitrogênio não é tão eficiente quanto a realizada por outros gêneros, porém promove estímulo às plantas através da produção bacteriana de fitohormônios,

como ácido indol-acético (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Um aspecto fundamental quando opta-se pela utilização da inoculação é a seleção de estirpes adaptadas às condições locais, assim como às culturas e cultivares usadas em cada região. É necessário ainda testar as estirpes de *Azospirillum*, selecionando-se aquelas mais adaptadas às condições de clima e do manejo de culturas, para possível recomendação de um determinado produto comercial (CAVALLET et al., 2000).

A espécie mais utilizada na inoculação de sementes de espécies gramíneas é a *Azospirillum brasilense*. Esta auxilia de diversas formas o desenvolvimento das culturas. Dentre os principais benefícios gerados pelas bactérias destaca-se a produção de hormônios, os quais interferem no crescimento das plantas, principalmente beneficiando o maior desenvolvimento radicular, o aumento do processo da redução assimilatória de nitrato disponível no solo e a fixação biológica de nitrogênio (REIS, 2007).

A bactéria *Azospirillum brasilense* pode ser encontrada associada às raízes e no interior de tecidos vegetais. Quanto a eficiência, resultados de pesquisa demonstram que a inoculação com essa bactéria possui um patamar de sucesso entre 60 e 70%. Em regiões tropicais e subtropicais encontram-se entre 103 e 106 bactérias por grama de solo, podendo estes valores serem significativamente superiores na superfície das raízes de gramíneas (ROSÁRIO, 2013).

Buscando identificar a ocorrência de bactérias diazotróficas em cultivo com três diferentes genótipos de trigo e fazendo uso de doses crescentes de nitrogênio, Sala et al. (2005) demonstraram que em apenas uma das cultivares testadas, a IAC-355, houve aumento do número de bactérias quando do aumento da adubação nitrogenada. Nas outras duas cultivares, a saber ITD-29 e IAC-24, a população de bactérias reduziu quando da utilização de nitrogênio. Segundo o autor, há uma grande variação do comportamento das diferentes espécies de bactérias presentes no solo, mas em condições normais, a aplicação de doses elevadas de N tende a inibir trabalho dos microrganismos presentes na rizosfera.

A inoculação das sementes de diversas culturas com bactérias do gênero *Azospirillum* promovem ganhos nas mais variadas condições, tanto de clima como de solo. Os benefícios vão além da fixação biológica de nitrogênio, ocorrendo também um significativo aumento da superfície de absorção radicular das plantas (DIDONET et al. 1997). Podem ocorrer também benefícios na fotossíntese, como o aumento do teor de clorofila e condutância estomática (HUNGRIA 2011). A inoculação modifica o sistema radicular das plantas, seja pela maior emissão de radículas, como por acréscimos das raízes laterais e adventícias. Há ainda a produção de substâncias promotoras de crescimento, como as auxinas, giberelinas e citocininas

(CAVALLET et al. 2000; PICCININ,2012).

Atualmente existem no mercado inoculantes líquidos e turfosos com estirpes de *Azospirillum brasilense*. O produto deve ser misturado as sementes de forma adequada. Além da boa homogeneidade, alguns outros cuidados devem ser tomados, para que haja bons resultados: semeadura deve ser realizada poucas horas após a inoculação, evitando deixar as sementes expostas ao sol ou altas temperaturas; evitar a mistura dentro da caixa da semeadora; não realizar mistura com produtos químicos como inseticidas ou fungicidas (HUNGRIA, 2011).

Outros gêneros de bactérias vem sendo atualmente estudados, buscando identificar sua capacidade de realizar simbiose com espécies de gramíneas. Entre os mais pesquisados e promissores estão bactérias dos gêneros *Achromobacter* e *Zoogloea*. São encontradas no rizoplane e na parte interna das raízes (SALA, 2006).

#### 2.4 RESULTADOS DA INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE TRIGO E OUTRAS GRAMÍNEAS COM *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

Diversos estudos foram e vem sendo desenvolvidos com o intuito de gerar tecnologias que viabilizem a utilização da pratica da inoculação de sementes de trigo, e outras culturas, com bactérias do gênero *Azospirillum*. Didonet et al. (1996) encontraram maior acúmulo de massa seca e de nitrogênio total vinte dias após a antese em plantas inoculadas com estirpes de *Azospirillum brasilense*, quando em comparação aos tratamentos que não receberam inoculação. Os autores concluíram, a partir dos resultados, que o maior acúmulo de matéria seca, nos tratamentos inoculados, foi proveniente de uma atividade fotossintética mais eficiente, devido ao acréscimo da massa de colmos e de folhas quando da inoculação.

Variando a aplicação de adubação nitrogenada em diferentes estádios de desenvolvimento do milho, e com ou sem utilização de inoculação, Cavallet et al. (2000) obtiveram aumentos da produção em torno de 30% quando a inoculação com estirpes de *Azospirillum* foi acompanhada de adubação nitrogenada. Isto pode ser resultado da melhor utilização do nitrogênio mineral pelas plantas quando da inoculação. O mesmo estudo encontrou ainda aumento significativo em 6% do comprimento das espigas nos tratamentos com inoculação.

Diversos estudos buscam determinar a melhor condição de resposta da inoculação de sementes trigo com bactérias do gênero *Azospirillum*. Apesar de trazer inúmeros benefícios para a cultura, como a melhor distribuição espacial das raízes e aumento dos pelos radiculares,

as bactérias diazotróficas associadas ao trigo ainda não conseguem suprir todo o nitrogênio necessário à cultura (SALA et al. (2007).

Estudando a influência da inoculação na cultura do trigo com diferentes manejos de adubo nitrogenado, Corassa et al. (2013) encontraram resultados positivos da inoculação apenas quando esta foi associada ao fornecimento de fontes químicas de nitrogênio. A substituição da adubação de N na base pela inoculação das sementes não resultou em perdas no rendimento, desde que seja realizada adubação em cobertura.

Alguns estudos demonstram a necessidade da adubação nitrogenada em associação para que a inoculação tenha resultados satisfatórios. De acordo com Didonet et al. (2000), a ausência de adubo nitrogenado ocasionou na redução da massa seca da parte aérea, devido ao fato de a inoculação não suprir sozinha as necessidades da cultura. A utilização de adubação com nitrogênio em associação á inoculação do trigo promoveu acréscimos no rendimento de grãos, quando comparada a utilização das tecnologias separadas. Os mesmos autores destacaram que para ser eficiente, as bactérias devem ter capacidade de competir com as bactérias diazotróficas nativas e os demais microrganismos do solo.

Em estudo desenvolvido por Rosário (2013), o uso da bactéria *Azospirillum brasilense*, acompanhado da redução da adubação nitrogenada, não acarretou em redução dos atributos avaliados, e com respostas positivas para parâmetros como número de espigas por planta e número de perfilhos. Além disso, a produtividade da cultura não foi afetada pela redução da adubação nitrogenada.

Tanto em trigo como em outras espécies do gênero das gramíneas a inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum*, apesar de não substituir por completo a adubação nitrogenada, melhora a absorção da fonte mineral pelas plantas. Didonet et al. (1996) obtiveram resultados onde a produção de trigo, quando do uso da inoculação mais 15 kg de N, foi similar ao tratamento que recebeu 45 kg do nutriente químico. No mesmo estudo, considerando a produção de grãos acima da testemunha, observou-se que cada kg de N produziu 30,5 kg de grãos no tratamento com apenas 60 kg de nitrogênio/ha; já nos tratamentos com inoculante, a produção por kg de N utilizado variou de 51,5 até 245 kg de grãos, de acordo com a estirpe utilizada.

Utilizando doses variadas de nitrogênio em conjunto com inoculação com *Azospirillum brasilense*, Piccinin (2012) encontrou os melhores resultados quando da associação da inoculação com a dose de 50 kg/ha de nitrogênio, não diferindo significativamente da dose de 100 kg/ha de N. Ocorreram acréscimos de em média seis sementes por espiga quando da

inoculação, assim como ganhos significativos para massa de mil sementes, peso hectolitro e produtividade.

Objetivando determinar a influência da utilização de *Azospirillum* na cultura do trigo, Colling et al. (2013) observaram aumentos, mesmo que não significativos estatisticamente, de massa seca de raízes e da parte aérea nas parcelas que receberam a inoculação. Além disso, o número de perfilhos foi superior estatisticamente quando *Azospirillum brasilense* esteve associado a redução de 20% da adubação NPK.

A Embrapa Soja vem realizando diversos ensaios com bactérias do gênero *Azospirillum* desde a safra 2009/2010, testando a eficiência de doses crescentes de adubo nitrogenado em associação a inoculação, nas culturas de milho e trigo. Os resultados até agora encontrados, em milho inoculado, geraram ganhos de até 472 kg/ha de grãos quando da redução de 50% da adubação de N em cobertura (HUNGRIA, 2011).

A inoculação de sementes de diferentes cultivares de arroz irrigado proporcionou acréscimos na massa fresca de plântula inteira e massa fresca da parte aérea. No entanto, em determinadas cultivares, ocorreu a redução da altura das plântulas, o que pode ter sido ocasionado pelo excesso de produção do Ácido Indolacético (AIA) e inibição do crescimento radicular (KUSS et al. 2008). Da mesma forma, testando inoculação com *Azospirillum brasilense* em trigo, Rampim et al. (2012) obtiveram resultados com redução do comprimento da parte aérea, hipocótilo e menor número de raízes; no mesmo estudo encontrou-se, no entanto, incremento no desenvolvimento inicial das plântulas de trigo.

Fazendo uso do sistema de integração lavoura-pecuária, Novakowski et al. (2011) cultivaram milho em lavoura que recebeu no inverno pastagem de azevém com aveia-preta; além de duas doses diferentes de nitrogênio, testou-se a eficiência de um tratamento que recebeu inoculação das sementes com bactérias de *Azospirillum brasilense*. Obtiveram-se resultados positivos tanto em produtividade (até 17%) e comprimento de espigas (6%).

Resultado semelhante quanto a produtividade foi encontrado por Portugal et al. (2012), onde através da inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense* obteve-se um ganho de 14,75% na produtividade da cultura do milho. No mesmo estudo também ocorreram outros ganhos, como no teor de N foliar, aumento de volume do sistema radicular e maior altura da inserção da espiga. Outra avaliação testando a aplicação via foliar de inoculante foi desenvolvido por Kappes et al. (2013), que, no entanto, não encontraram resultados significativamente positivos. Os autores destacam a importância de que novos estudos devem ser desenvolvidos para desenvolvimento de ferramentas que viabilizem essa tecnologia.

Avaliando a inoculação de sementes de milho, associada ou não a adubação nitrogenada, Lana et al. (2012) obtiveram acréscimos na produtividade de 7,2 a 15,4% com a eliminação da adubação nitrogenada em cobertura, apenas fazendo-se uso da inoculação. Além disso, verificou-se que a biomassa seca da parte aérea, nos tratamentos com inoculação, não diferiu com ou sem aplicação de nitrogênio. Estes resultados, segundo o autor, podem ser provenientes ao aumento do desenvolvimento radicular das plantas inoculadas, através da maior emissão de raízes laterais, e conseqüente aumento da capacidade de absorver água e nutrientes.

Em muitos casos não ocorrem incrementos significativos em produtividade dos experimentos que testam doses de inoculantes em sementes de trigo. No entanto, o ganho positivo em determinados aspectos pode tornar a inoculação rentável, já que está possui um custo bastante reduzido, ainda mais quando em comparação à adubação nitrogenada tradicional. Isto pode ser exemplificado pelo estudo de Mendes et al. (2011<sup>a</sup>), onde houve aumento do peso hectolitro dos grãos colhidos de plantas que foram inoculadas, contribuindo para a melhoria da qualidade dos grãos para comercialização. Diversos estudos também correlacionam o aumento do peso hectolitro à inoculação com bactérias diazotróficas (SALA et al. 2007; PICCININ, 2012).

A inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* quando associada a adubação nitrogenada influencia significativamente o peso hectolitro, pois a falta deste nutriente tende a reduzir o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos, afetando diretamente a produtividade. No entanto, devido as altas perdas de N por lixiviação, volatilização e desnitrificação, a inoculação com bactérias diazotróficas melhora a eficiência na absorção pela cultura (PICCININ, 2012).

Em trabalho onde buscou-se correlacionar inoculação das sementes de trigo conjuntamente à ácido húmico e ainda diferentes doses de nitrogênio, Rodrigues et al. (2014) observaram resultados positivos no incremento em matéria seca de folhas quando da associação entre a inoculação e a adição de matéria orgânica estabilizada.

“A matéria orgânica estabilizada contribui com o incremento em tecido vegetal nas plantas, além de atuar no aumento de bactérias diazotróficas introduzidas no interior da planta. Quanto a adição de nitrogênio, está pratica não alterou a produção de fotoassimilados, o que pode ser explicado pelo fato de apenas ocorrerem mudanças no particionamento desses assimilados: com baixa quantidade de N as plantas tendem a investir na massa de grãos, enquanto que em condições adequadas ocorrem aumentos das estruturas reprodutivas”.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico serão apresentadas as características do local de implantação do experimento, implantação e condução da cultura, tratamentos estudados, e características da cultura a serem avaliadas, com intuito de identificar a eficácia da inoculação com *Azospirillum brasilense*.

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS DO LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

O presente estudo foi implantado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, localizado na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, sob coordenadas 28° 08' 26,63" de latitude e 54° 45' 38,29" de longitude, e uma altitude de 258 metros, valores estes coletados através de GPS de navegação em um ponto central do experimento. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é o Cfa, ou seja, clima subtropical com verão quente (KUNINCHTNER e BURIOL, 2001).

O solo predominante na região das missões, assim como na área experimental da UFFS, é caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférrico Típico, com alto percentual de argila, podendo atingir valores de 70% (EMBRAPA, 2009). O relevo é bastante heterogêneo, variando desde áreas planas até algumas com característica bastante acidentada. A pluviosidade anual é elevada nos municípios da região, variando entre 1500 e 1700 milímetros (CEMETRS, 2013).

De acordo com amostra de solo coletada no início de 2014, o solo onde foi implantado o experimento apresentou as características físicas e químicas citadas na tabela a seguir.

Tabela 2. Resultados da análise química do solo da área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo/RS.

Local	ph água 1:1	Al %	Ca ..... Cmolc/dm <sup>3</sup> .....	Mg	Al	H+Al	CTC Ph7	V
Cerro Largo	5,2	0,8	9,3	2,6	0,1	3,9	16,8	76,9

Local	Argila %	M.O. %	Índice SMP	S	P Mehlich .....mg/dm <sup>3</sup> .....	K	Cu	Zn	B
Cerro Largo	57	3,0	6,1	16,0	18,9	384	16,8	5,7	0,3

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.2 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DA CULTURA

A área onde a cultura foi implantada vem sendo conduzida sob plantio direto a mais de 20 anos; nos últimos anos, porém, era mantida sob pousio, sem nenhum tipo de manejo. O manejo inicial da área foi constituído por uma dessecação, utilizando-se três litros por hectare de herbicida a base de glifosato, aplicados com pulverizador costal, com uma calda total de 200 litros por hectare. A dessecação fez-se necessária devido à grande infestação de plantas espontâneas de difícil controle. Ainda foi realizada uma roçada, com intuito de homogeneizar a resteva sobre a superfície do solo, para facilitar a realização da semeadura.

O período previsto de implantação do trigo no município de Cerro Largo, utilizando-se cultivar pertencente ao grupo 2, de acordo com o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para o estado do Rio Grande do Sul, compreende as datas entre os dias 1º de maio e 30 de junho (MAPA, 2013). No entanto, devido às condições meteorológicas, onde predominaram períodos de elevada umidade, e ainda problemas ocorridos na primeira semeadura, a implantação definitiva da cultura foi realizada no dia 2 de julho, através de semeadura manual. A cultura foi considerada emergida, ou seja, quando 50% das plantas encontraram-se sob o solo, no dia 11 de julho.

O processo de semeadura consistiu da abertura prévia dos sulcos, seguindo mesmos sulcos anteriormente abertos pela semeadora, na primeira tentativa de implantação da cultura. Após, foi realizada a reaplicação do adubo nitrogenado, na forma de ureia. As sementes foram distribuídas manualmente dentro dos sulcos, com uma dosagem definida para cada linha. Buscou colocar as sementes a uma profundidade de três centímetros. Para cobrir as sementes foi utilizado um rastel.

A cultivar de trigo utilizada no estudo foi a “Tbio Sintonia”, desenvolvida pela empresa Biotrigo. Cultivar indicada para os três estados do Sul do Brasil, além de regiões específicas de São Paulo e Mato Grosso do Sul, caracteriza-se pelo ciclo precoce, alto potencial de produtividade, porte médio, o que representa uma baixa suscetibilidade ao acamamento, uma boa qualidade do grão, e ainda uma boa capacidade de resistência às principais doenças que acometem a cultura durante o seu desenvolvimento.

A densidade de semeadura utilizada foi em torno de 400 sementes por metro quadrado. Apesar de acima dos valores recomendados, que variam entre 300 a 330 sementes viáveis por metro quadrado (COMISSÕES CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2013), essa densidade foi escolhida devido à semeadura ser manual e tardia, no

qual recomenda-se um aumento na densidade. Além disso, para avaliar o percentual de germinação da cultivar foi realizado teste de germinação, com base nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). De acordo com os resultados, a cultivar apresentou 96% de germinação.

A inoculação das sementes foi realizada na mesma data da semeadura. Seguindo as recomendações da empresa desenvolvedora do inoculante, foram utilizados 100 ml do produto para cada 25 kg de sementes. A concentração do inoculante é de  $2 \times 10^8$  Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por milímetro do produto comercial. As cepas Ab-V5 e Ab-V6 constituem o inoculante.

A adubação da cultura baseou-se nos valores encontrados em análise realizada no local de implantação do estudo, no início de 2014. Objetivando uma produtividade de 3 toneladas de grãos por hectare, e baseando-se no manual de adubação e calagem para os estados do RS e SC, foram utilizados os seguintes teores de nutrientes: 90 kg de nitrogênio, que foram fornecidos na forma de ureia ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), parcelados em 20 kg na semeadura e os demais aplicados em cobertura, quando a cultura iniciou o seu perfilhamento (IAPAR, 2013); 30 kg de potássio, fornecidos na semeadura e na forma de Cloreto de potássio (KCl); e 50 kg de fósforo, que foram fornecidos à cultura sob a forma de Superfosfato triplo (SFS), também aplicados durante a semeadura.

Ainda no início do desenvolvimento da cultura, objetivando controle de algumas plantas espontâneas, especialmente azevém (*Lolium multiflorum*) e nabo (*Raphanus sativus*), foi realizada aplicação de herbicida do grupo químico das sulfoniluréias, numa dose de 120 gramas do produto em calda de 150 litros de água por hectare; a aplicação do produto foi realizada com pulverizador costal.

Devido a ocorrência de algumas doenças fúngicas, em especial oídio (*Erysiphe graminis* f. sp. *Tritici*) e ferrugem da folha (*Puccinia recondita* f. sp. *Tritici*) durante o desenvolvimento vegetativo, e giberela (*Gibberela zae*) no estágio reprodutivo, realizaram-se duas aplicações de fungicida a base de estrobilurina, sendo a primeira quando a cultura estava na fase de alongamento, próximo ao espigamento. A segunda aplicação foi realizada cerca de três semanas após a primeira.

### 3.3 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS AVALIADOS

Foram testados neste estudo oito diferentes tratamentos, associando a inoculação das

sementes por bactérias *Azospirillum brasilense* com diferentes épocas de aplicação de adubação nitrogenada. Estes oito tratamentos foram testados em quatro repetições, de acordo com o delineamento de blocos ao acaso (DBC). O tamanho de cada parcela era de 27,2 m<sup>2</sup>, com dimensões de 10 metros de comprimento e 2,72 metros de largura. A tabela a seguir apresenta os diferentes tratamentos avaliados.

Tabela 3. Tratamentos e condições avaliadas no experimento.

<b>Tratamento</b>	<b>Condição avaliada</b>
T1	Apenas inoculação das sementes (sem N)
T2	Dose dobrada de inoculante nas sementes (sem N)
T3	Inoculação das sementes + N em cobertura (70 kg/ha)
T4	Inoculação das sementes + N na semeadura (20 kg/ha)
T5	Inoculação + N na semeadura (20 kg/ha) + N em cobertura (70 kg/ha)
T6	Inoculação + N na semeadura (20 kg/ha) + N em cobertura (35 kg/ha)
T7	N na semeadura (20 kg/ha) + N em cobertura (70 kg/ha)
T8	Testemunha (sem aplicação de N)

### 3.4 ATRIBUTOS AVALIADOS NO EXPERIMENTO

Diversas características morfológicas e atributos agronômicos foram avaliados durante o transcorrer do experimento, com intuito de identificar a resposta das bactérias de *Azospirillum brasilense* sobre a cultura do trigo. Avaliaram-se o número de perfilhos no estágio de pleno florescimento; matéria seca, altura de plantas, comprimento de espigas, número de espiguetas por espiga e grãos por espiga em pré-maturação; e índice de colheita, produtividade, peso de mil grãos e peso hectolitro em pós-maturação, que serão melhor descritos a seguir. Todas as avaliações foram realizadas nas dependências da Universidade Federal da Fronteira Sul, no laboratório de Física do Solo ou a campo.

Antes do início do perfilhamento demarcou-se um metro linear de plantas em cada parcela, onde contabilizou-se o número de plantas estabelecidas. Quando a cultura encontrou-se em estágio de pleno florescimento fez-se a contagem do número de perfilhos em cada linha demarcada; o valor encontrado foi dividido pelo número de plantas, tendo-se assim o valor do número de perfilhos por planta em cada parcela.

Para a avaliação do peso de matéria seca demarcou-se três metros de planta em cada

parcela, respeitando-se as linhas centrais, que foram preservadas para avaliação de produtividade; quando as plantas atingiram o pleno florescimento, estas foram cortadas rente ao solo, pesadas, com posterior secagem em estufa, a cerca de 60°C de temperatura; após atingirem peso constante, novamente foram pesadas, para determinação da matéria seca das plantas, cujo valor foi transformado em quilogramas por hectare.

As avaliações de altura de plantas, comprimento de espigas, e número de espigas por metro quadrado foram realizadas no próprio campo, quando a cultura encontrava-se próxima a maturação. Para altura de plantas e comprimento de espigas, foram escolhidos dez perfis em cada parcela, de maneira aleatória, sendo medidos com régua. A contagem do número de espigas foi realizada através da demarcação de 2 metros lineares de plantas em cada parcela, com a contagem das espigas e posterior transformação do valor encontrado para a unidade de espigas por metro quadrado.

Para a avaliação do número de espiguetas por espiga e de grãos por espiga, foram coletadas, de forma aleatória, 10 espigas em cada parcela. Após contagem do número de espiguetas, as espigas foram debulhadas manualmente, para contagem do número de grãos por espiga.

O índice de colheita (IC), que representa a razão entre o rendimento de grãos e a produção total de biomassa acima do solo, sendo o valor expresso em porcentagem. Para esta avaliação utilizou-se os dados coletados para produtividade e matéria seca. A determinação do índice de colheita baseou-se na fórmula abaixo:

$$IC (\%) = \frac{\text{Produção de grãos (g)}}{\text{Produção de fitomassa (g)}} \times 100$$

A avaliação da produtividade do trigo, nos diferentes tratamentos avaliados, realizou-se através da coleta das espigas de 6 fileiras centrais de cada parcela e comprimento de 3 metros, totalizando assim uma área de 3,06 m<sup>2</sup> por parcela. A debulha e a limpeza foram realizadas manualmente, com posterior pesagem nas dependências dos laboratórios da UFFS. A umidade dos grãos foi corrigida para 14%, através de metodologia de Brasil (2009), determinando-se assim a produtividade.

Para a determinação do peso de mil grãos realizou-se a contagem de 200 grãos em cada parcela, sendo estes provenientes da análise de produtividade. Os grãos foram pesados, e o valor multiplicado por 5. O valor obtido foi corrigido para a umidade de 14%, seguindo metodologia de Brasil (2009).

A avaliação do PH (peso hectolitro) foi obtido através de análise com aparelho próprio para este fim, da marca “Dallemolle”. As sementes foram obtidas da avaliação de

produtividade. No aparelho é preenchido, com grãos, o volume de 250 ml, sendo estes posteriormente pesados, com o valor do peso hectolitro (Kg/hL) sendo obtido pela fórmula abaixo:

$$PH = \frac{\text{Massa de grãos (g)}}{100} \times 4$$

### 3.5 ANALISES ESTATÍSTICAS

A partir das coletas nos diferentes tratamentos, e posterior contagens e determinações, foi realizada a interpretação estatística dos dados, sendo realizada a análise de variância e as comparações de médias efetuadas pelo teste de Tukey. A análise estatística foi realizada através do programa Sasm-Agri. A discussão dos resultados foi baseada na comparação dos resultados obtidos com outros estudos similares, realizados principalmente no Brasil.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para facilitar a compreensão e discussão dos resultados, estes foram subdivididos em três grupos: características morfológicas da cultura, componentes secundários do rendimento e componentes primários da rendimento. Como características morfológicas avaliadas tem-se o número de perfilhos, matéria seca, altura de plantas e comprimento de espigas; dentre os componentes secundários do rendimento constam o número de espigas por metro quadrado, número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga. Os demais resultados, produtividade, peso de mil grãos, peso hectolitro e índice de colheita serão apresentados nos componentes primários do rendimento.

Cabe destacar, antes da demonstração e discussão dos resultados, que as condições meteorológicas, apresentadas na figura 1, através dos dados de temperatura mínima, temperatura máxima e temperatura média, acabaram causando prejuízos à produtividade da cultura, principalmente devido à alta incidência de doenças fungicas, durante todo o período de desenvolvimento da cultura. As altas temperaturas, associadas a alta umidade do ar, favoreceram o aparecimento de doenças como a giberela (*Gibberella zae*) e brusone (*Pyricularia grisea*).

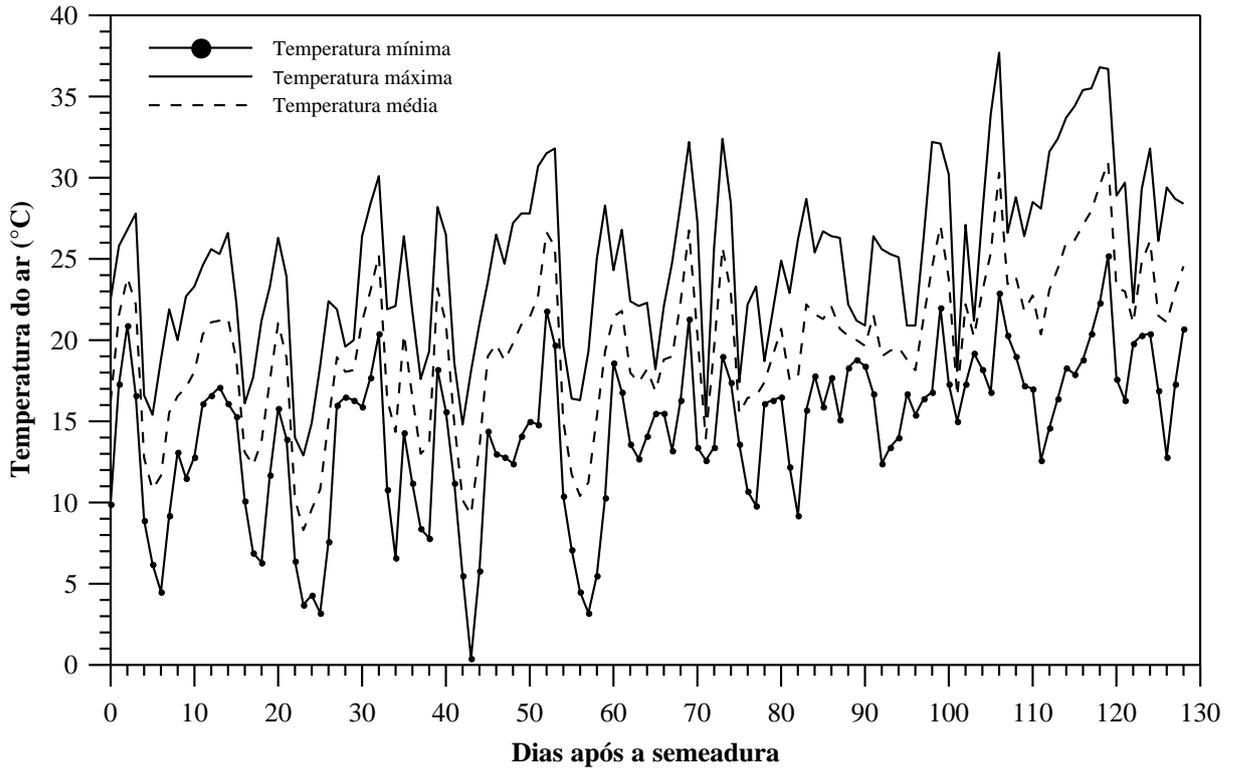


Figura 1- Temperatura máxima, mínima e média do ar ao longo do ciclo da cultura do trigo.

Os maiores problemas ocorreram durante a fase reprodutiva da cultura, onde a alta umidade e as elevadas precipitações pluviométricas causaram grande prejuízo aos grãos, com consequentes perdas de produtividade. A precipitação pluvial atingiu 1062 mm, muito acima de valores considerados normais para o período, que giram entre 600 e 700 mm.

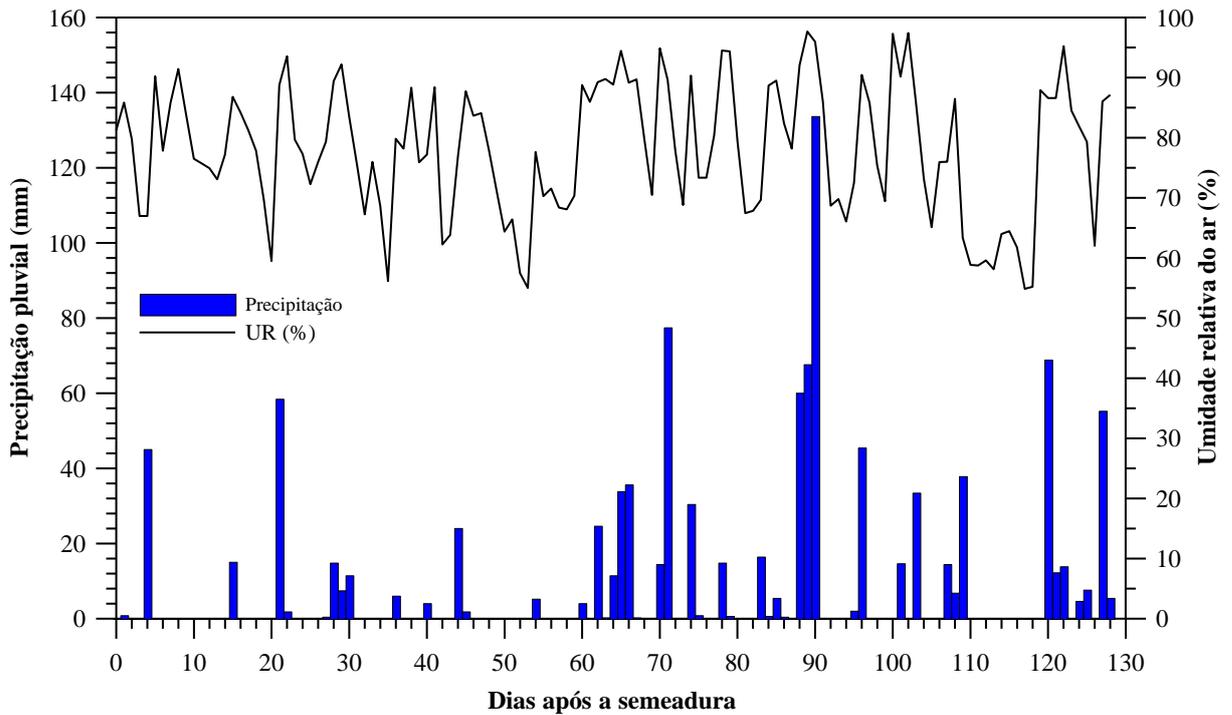


Figura 2- Precipitação e umidade relativa do ar ao longo do ciclo da cultura do trigo.

A safra de trigo de 2014 sofreu com intempéries durante todo o seu ciclo. No estabelecimento da lavoura, a alta umidade prejudicou o andamento da semeadura, obrigando muitos produtores a realizá-la tardiamente, fora do período determinado pelo zoneamento. Durante o desenvolvimento da cultura, uma grande variedade de problemas tornaram a safra frustrante, como falta de luminosidade, altas temperaturas, chuvas fortes, incidência de doenças (CONAB, 2014).

Além das baixas produtividades, a má qualidade do grão, com alto percentual de triguilho por exemplo, acarreta em um preço abaixo do esperado pelo produtor, gerando grandes prejuízos econômicos. Segundo dados da Conab (2014), boa parte dos agricultores estão recorrendo ao Proagro e ao Seguro Agrícola. De acordo com os dados divulgados até o mês de novembro, mais de 90% dos produtores já aderiram ao programa Proagro.

#### 4.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA CULTURA

O número de perfilhos, avaliados quando a cultura encontrava-se em pleno estágio de florescimento, não apresentou diferença estatística nos diferentes tratamentos avaliados, como pode ser observado na tabela 4. Mendes et al. (2011<sup>a</sup>), avaliando diferentes doses de nitrogênio associadas a inoculação com *Azospirillum brasilense*, encontraram os melhores resultados no tratamento onde 100% da dose recomendada de nitrogênio foi associada a inoculação das sementes, porém não havendo significância estatística em relação às demais condições avaliadas.

Tabela 4. Matéria seca (MS) número de perfilhos por planta da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados.

Condição avaliada	NP	MS
		Kg/ha
Apenas inoculação (dose recomendada)	1,38 a*	3002,87 c
Apenas inoculação (dose dobrada)	2,11 a	4615,33 bc
Inoculação + N em cobertura	2,18 a	7238,64 a
Inoculação + N na semeadura	2,29 a	6413,58 ab
Inoculação + N semeadura + 1 N cobertura	2,16 a	7565,55 a*
Inoculação + N semeadura + 1/2 N cobertura	2,37 a	6869,76 a
N na semeadura + N em cobertura	2,5 a	6890,94 a
Sem inoculação e sem N	1,6 a	3088,26 c
C.V. (%)	25,64	15,99

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Cabe destacar também que os tratamentos que não receberam nenhuma fonte mineral de nitrogênio apresentaram os valores mais baixos de perfilhos por planta, o que já foi destacado em estudo de Sala et al. (2005), onde encontrou-se, entre outras limitações, a baixa emissão de perfilhos quando da redução da adubação nitrogenada. Ainda, outro fator que pode ser considerado, baseando-se em trabalho de Heinemann et al. (2006), é que a ocorrência de temperaturas acima da média durante o desenvolvimento vegetativo, assim como a semeadura em época tardia, condições essas encontradas durante esse ano, limitam a emissão de perfilhos pelas plantas de trigo.

Apesar das condições meteorológicas ocorridas durante o desenvolvimento da cultura, onde o excesso de chuvas acarretou em elevada incidência de doenças, o desenvolvimento vegetativo das plantas, quando as condições nutricionais foram satisfatórias, mostrou-se positivo. Esse fato pode ser observado nos dados de produção de matéria seca, onde na condição em que a adubação de nitrogênio, na semeadura e em cobertura, esteve associada a inoculação, os valores atingiram 7565 kg por hectare; este valor não diferiu estatisticamente dos tratamentos 3, 6 e 7.

Algumas considerações importantes podem ser destacadas a partir dos dados de matéria seca encontrados no experimento; as práticas de eliminação da adubação na semeadura ou a redução da adubação de cobertura à metade da dose recomendada, quando estas estiveram associadas a inoculação das sementes, apresentaram valores estatisticamente similares à condição de adubação tradicionalmente realizada nas lavouras de trigo, ou seja, adubação de base e em cobertura. Desta forma, realizando a inoculação, tem-se a possibilidade de eliminar parte das necessidades de adubação nitrogenada, sem ocorrer a redução da produção de massa vegetal pela cultura, assim como reduzir parte dos custos ao produtor.

Nas condições onde não foi realizada nenhuma adubação nitrogenada encontraram-se os menores valores em termo de produção de matéria seca. No entanto, na condição onde utilizou-se o dobro da dose recomendada de inoculante foram observados valores significativamente superiores à condição onde a dose utilizada foi a recomendada pela empresa fornecedora do produto.

Como pode ser observado nos valores de matéria seca (tabela 4), quando da presença de inoculação, na condição onde a dose de nitrogênio em cobertura foi reduzida pela metade houve uma menor produção de massa vegetal, apesar de estatisticamente ser similar à condição onde aplicou-se dose cheia de N em cobertura. Para Didonet et al. (2000), que encontraram menor acúmulo de massa seca onde foram aplicadas as menores doses de nitrogênio, esses resultados

podem ser decorrentes do maior investimento das plantas em seu sistema radicular, em detrimento da parte aérea, provocado pela inoculação.

Como pode ser observado na tabela 5, o tratamento 5, com adubação nitrogenada tanto na semeadura como em cobertura associada a inoculação das sementes, apresentou resultados superiores estatisticamente para a variável comprimento de espigas, em relação aos demais tratamentos; o tratamento 6, com condição similar ao anterior porém com redução pela metade da adubação nitrogenada em cobertura, no entanto, apresentou valor bastante similar. Outras inferências importantes podem ser feitas: o tratamento 7 (N na semeadura + N em cobertura) apresentou valores inferiores para essa variável avaliada, em relação as condições 3 e 4, na qual a inoculação substituiu ou a adubação nitrogenada em cobertura ou a em semeadura. Pode-se inferir, a partir desses resultados, que a substituição da adubação nitrogenada, seja na semeadura ou em cobertura, pela inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, não apresenta redução nos valores de comprimento de espigas. Mais uma vez, cabe destacar, os tratamentos onde não utilizou-se nenhuma fonte química de nitrogênio apresentaram os valores mais baixos para a variável avaliada; no entanto, quando da utilização do dobro da dose recomendada do inoculante, em comparação com a dose normal, encontraram-se resultados positivos, o que pode indicar uma resposta mais eficaz das bactérias quando em uma população inicial maior.

Tabela 5. Comprimento de espigas (CE) e altura de plantas (AP) da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados.

Condição avaliada	CE (m)	AP
Apenas inoculação (dose recomendada)	7,1 c	71,5 c
Apenas inoculação (dose dobrada)	7,62 abc	73,02 bc
Inoculação + N em cobertura	8,12 abc	80,25 abc
Inoculação + N na semeadura	8,12 abc	81,85 ab
Inoculação + N semeadura + 1 N cobertura	8,42 a*	85,32 a*
Inoculação + N semeadura + 1/2 N cobertura	8,28 ab	85,1 a
N na semeadura + N em cobertura	8,1 abc	81,8 ab
Sem inoculação e sem N	7,1 c	70,9 c
C.V. (%)	6,29	5,06

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Para a variável altura de plantas (tabela 5), mais uma vez as condições que associaram a condição tradicional de adubação nitrogenada em trigo (aplicação de parte da dose recomendada na semeadura e o restante em cobertura) com a inoculação das sementes apresentaram os resultados mais positivos, porém não demonstrando diferença para os tratamentos 3, 4, 6 e 7. A redução da dose recomendada de nitrogênio em cobertura pela metade,

quando da utilização de *Azospirillum brasilense*, não apresentou redução da altura média das plantas.

#### 4.2 COMPONENTES SECUNDÁRIOS DO RENDIMENTO

Não foram encontradas diferenças, estatisticamente significativas, para as variáveis número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga (tabela 6), nos tratamentos avaliados.

Em estudo realizado por Mendes et al. (2011<sup>a</sup>), avaliando a resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* em associação à redução das doses de nitrogênio fornecidas via adubação, foram encontrados resultados estatisticamente significativos para a variável número de grãos por espiga nos tratamentos onde realizou-se a adubação em semeadura e cobertura, além dos tratamentos com inoculação, quando comparados ao tratamento testemunha, sem adubação e sem inoculação. Em outro trabalho, conduzido por Rosário (2013), não foram observadas diferenças estatisticamente significativos para o número de grãos por espiga.

Tabela 6. Número de espiguetas por espiga (NEE) e número de grãos por espiga (NGE) da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados.

Condição avaliada	NEE	NGE
Apenas inoculação (dose recomendada)	15,02 a*	24,78 a*
Apenas inoculação (dose dobrada)	16,02 a	28,68 a
Inoculação + N em cobertura	16,18 a	29,7 a
Inoculação + N na semeadura	15,82 a	27,12 a
Inoculação + N semeadura + 1 N cobertura	16,75 a	30,38 a
Inoculação + N semeadura + ½ N cobertura	16,65 a	30,9 a
N na semeadura + N em cobertura	16,45 a	27,55 a
Sem inoculação e sem N	16, 15 a	28,52 a
C.V. (%)	5,93	10,99

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O número de espigas em uma determinada área apresenta importante relação com o rendimento final da cultura, apesar de aqui estar agrupado como um componente secundário do rendimento. O tratamento 3, onde a inoculação esteve associada a adubação nitrogenada apenas em cobertura, apresentou resultado estatístico, quando em comparação aos demais tratamentos, para a variável espigas por metro quadrado (tabela 7). A partir deste resultado pode-se inferir que a inoculação tem potencial para substituir a adubação com nitrogênio na semeadura, resultando numa redução de custos ao produtor.

Tabela 7. Número de espigas por metro quadrado (NEsp) nos diferentes tratamentos avaliados.

Condição avaliada	NEsp
Apenas inoculação (dose recomendada)	404,25 bc
Apenas inoculação (dose dobrada)	448,35 abc
Inoculação + N em cobertura	571,83 a*
Inoculação + N na semeadura	540,22 ab
Inoculação + N semeadura + 1 N cobertura	515,14 ab
Inoculação + N semeadura + 1/2 N cobertura	524,5 ab
N na semeadura + N em cobertura	452,76 abc
Sem inoculação e sem N	361,62 c
C.V. (%)	12,3

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Apesar da importância do nitrogênio fornecido na semeadura, que garante um rápido desenvolvimento inicial das plantas, esta prática pode influenciar negativamente o processo de fixação biológica realizado por bactérias diazotróficas. Neste contexto, de acordo com Moreira et al. (2010), a enzima nitrogenase, responsável pela conversão do nitrogênio atmosférico em amônia, é inativada quando da presença de fontes químicas de nitrogênio, principalmente na forma de amônio.

Avaliando condições onde diferentes doses de inoculante estiveram associadas a doses de nitrogênio, em semeadura e cobertura, Mendes et al. (2011<sup>b</sup>) não encontraram diferenças estatisticamente significativas para a variável número de espigas, entre nenhum dos tratamentos avaliados.

#### 4.3 COMPONENTES PRIMÁRIOS DO RENDIMENTO

A produtividade do trigo mostrou-se, em termos gerais, inferior ao potencial esperado para a cultura. Os tratamentos onde a inoculação esteve associada à adubação nitrogenada (semeadura ou cobertura), não diferiram estatisticamente do tratamento onde utilizou-se a adubação com N na semeadura e em cobertura, como pode ser observado na tabela 8. Da mesma forma, nos tratamentos onde a inoculação esteve associada à adubação, tanto em semeadura como em cobertura, não houveram diferenças para a condição normalmente utilizada pelos agricultores (parte do N na semeadura e o restante em cobertura). As condições avaliadas que não receberam nitrogênio apresentaram os piores resultados, diferindo estatisticamente das demais condições, onde ao menos parte da adubação nitrogenada necessária foi aplicada.

Os resultados encontrados até hoje, avaliando a resposta de *Azospirillum brasilense* na produtividade do trigo, são bastante contraditórios. Alguns estudos, como de Campos et al. (1999), Didonet et al. (2000) e Rosário (2013), não encontraram resultados estatisticamente positivos, quando comparados aos demais tratamentos. Por outro lado, existem casos onde aumentos significativos são observados, como em estudo de Sala et al. (2007), que obtiveram ganhos entre 14 e 20% de produtividade testando diferentes estirpes de *Azospirillum* e com adição de 60 kg de nitrogênio na cultura do trigo.

Em estudo conduzido por Corassa et al. (2013), a substituição da inoculação de base pela inoculação das sementes, desde que associada a adubação em cobertura, garantiu ganhos em produtividade no trigo. Sem nenhuma adubação, apenas com a inoculação, houve redução na produtividade.

Tabela 8. Produtividade da cultura do trigo (kg/ha) nos diferentes tratamentos testados.

Condição avaliada	Produtividade
	Kg/há
Apenas inoculação (dose recomendada)	987,25 b
Apenas inoculação (dose dobrada)	1177,50 b
Inoculação + N em cobertura	1718,33 a
Inoculação + N na semeadura	1673,51 a
Inoculação + N semeadura + 1 N cobertura	1800,34 a
Inoculação + N semeadura + 1/2 N cobertura	1857,96 a*
N na semeadura + N em cobertura	1839,11 a
Sem inoculação e sem N	1126,36 b
C.V. (%)	12,67

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O peso de 1000 grãos, de acordo com a tabela 9, não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Devido aos problemas meteorológicos e fitossanitários ocorridos durante o desenvolvimento da cultura, os valores dessa variável ficaram abaixo do peso normal para a cultivar Tbio Sintonia, que é de 33 gramas.

Tabela 9. Peso de 1000 grãos da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados.

Condição avaliada	Peso de 1000 grãos
Apenas inoculação (dose recomendada)	25,68 a
Apenas inoculação (dose dobrada)	28,14 a
Inoculação + N em cobertura	28,03 a
Inoculação + N na semeadura	28,28 a
Inoculação + N semeadura + 1 N cobertura	28,75 a
Inoculação + N semeadura + $\frac{1}{2}$ N cobertura	28,86 a*
N na semeadura + N em cobertura	27,77 a
Sem inoculação e sem N	26,68 a
C.V. (%)	5,18

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

De acordo com estudo desenvolvido por Piccinin (2010), a associação da inoculação com metade da dose de N em cobertura apresentou os melhores resultados para a variável massa de 1000 grãos, apresentando diferenças estatisticamente positivas para os demais tratamentos. Resultado muito similar foi encontrado por Rosário (2013), com o maior valor de peso de 1000 grãos sendo encontrado no tratamento com associação entre a inoculação, nitrogênio em semeadura e metade da dose de N em cobertura; no entanto não houve diferença estatística dessa condição para os demais tratamentos.

Também avaliando condições onde a inoculação esteve associada a adubação nitrogenada, Mendes et al. (2011<sup>b</sup>) não encontraram diferenças significativas para o peso de 1000 grãos, porém com os menores valores para os tratamentos onde a inoculação se fez ausente.

Diretamente ligado com a produtiva e a qualidade dos grãos, o peso hectolitro apresentou valores abaixo dos parâmetros exigidos pelo mercado. Nos tratamentos avaliados não foram observadas diferenças estatisticamente significativas, como pode ser observado na tabela 10.

Tabela 10. Peso hectolitro (PH) da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados.

Condição avaliada	Peso hectolitro (PH)
Apenas inoculação (dose recomendada)	68,32 a
Apenas inoculação (dose dobrada)	69,22 a
Inoculação + N em cobertura	70,39 a
Inoculação + N na semeadura	70,92 a
Inoculação + N semeadura + 1 N cobertura	71,28 a*
Inoculação + N semeadura + 1/2 N cobertura	71,21 a
N na semeadura + N em cobertura	70,33 a
Sem inoculação e sem N	68,90 a
C.V. (%)	1,94

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

De acordo com Gutkoski et al. (2007) os maiores valores de PH no trigo relacionam-se a um maior percentual de endosperma no grão, e por consequência maior extração de farinha. De acordo com a norma de identidade e qualidade do trigo (BRASIL, 2001), o PH é um parâmetro para diferenciar em tipos o trigo, sendo necessário um valor mínimo de 78 kg/hL para pertencer ao tipo 1, que seria o de maior qualidade e valor no mercado; o tipo 2 deve apresentar PH entre 75 e 78 kg/hL, enquanto que a faixa entre 72 e 75 kg/hL é classificado como tipo 3. Valores abaixo de 72 kg/hL não são utilizados na produção de farinha ou outros derivados, sendo classificados como “triguilho”, e destinados para a produção de ração, e por um valor comercial bastante reduzido.

Avaliando a resposta da inoculação com diferentes doses e épocas de aplicação de nitrogênio, Piccinin (2012) encontrou os melhores valores de PH para a condição onde a inoculação esteve associada a redução pela metade a dose de N em cobertura. O tratamento onde utilizou-se dose cheia de nitrogênio mais inoculação apresentou resultados similares. Buscando identificar a resposta da inoculação com diferentes doses de nitrogênio, Detoni et al. (2013) não encontraram influência dos diferentes tratamentos sobre o peso hectolitro.

Em relação ao índice de colheita, cujos dados são apresentados na tabela 11, foram encontrados valores contraditórios; a maior relação entre grãos e matéria seca total foi encontrada nos tratamentos onde não realizou-se nenhuma adubação com nitrogênio, tratamentos estes que apresentaram as menores produtividade de grãos e matéria seca. Dentre as hipóteses para esse resultado tem-se a grande diferença de produção de massa seca encontrada, principalmente entre os tratamentos com e sem adubação nitrogenada, enquanto que a produtividade teve uma menor diferença entre os tratamentos.

Tabela 11. Determinação do Índice de Colheita da cultura do trigo nos diferentes tratamentos avaliados.

Condição avaliada	IC
	%
Apenas inoculação (dose recomendada)	32,94 ab
Apenas inoculação (dose dobrada)	25,62 b
Inoculação + N em cobertura	24,53 b
Inoculação + N na semeadura	26,95 b
Inoculação + N semeadura + 1 N cobertura	23,80 b
Inoculação + N semeadura + 1/2 N cobertura	27,07 ab
N na semeadura + N em cobertura	26,74 b
Sem inoculação e sem N	36,43 a*
C.V. (%)	14,24

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Analisando condições com e sem inoculação nas sementes de trigo, Didonet et al. (2000) encontraram diferenças estatisticamente positivas onde a inoculação se fez presente, para a variável índice de colheita. Como exemplo, foram encontrados os valores 36,6 e 38,0% para as condições sem e com inoculação, respectivamente.

## 5 CONCLUSÕES

A redução da dose de nitrogênio aplicada em cobertura pela metade, ou a eliminação da adubação com N na semeadura, quando associadas à inoculação das sementes, permitem produções de matéria seca similares às condições onde foram mantidas as condições tradicionais de adubação nitrogenada.

A inoculação das sementes de trigo, mesmo associada a adubação nitrogenada, não garantiu efeitos estatisticamente significativos aos principais parâmetros avaliados na cultura: produtividade, peso de 1000 grãos e peso hectolitro.

A inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* não permite a eliminação da adubação nitrogenada.

As condições meteorológicas durante a condução do experimento, bem como a questão fitossanitária, podem ter apresentado influência sobre a resposta da bactéria *Azospirillum brasilense*.

Estudos sequencias e repetidos devem ser realizados para avaliar com maior precisão a resposta da bactéria à cultura do trigo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTO, C. et al. **Resposta à vernalização de cultivares brasileiras de trigo**. *Bragantia*, volume 68, número 2. Campinas 2009.

ALBERTO, C. **Modelagem do desenvolvimento e do balanço de água no solo em trigo**. 2008. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS, 2008.

ALVARENGA, C. et al. Avaliação de quatro densidades de semeadura e duas doses de nitrogênio no comportamento do trigo irrigado sob bioma Cerrado em sistema de semeadura direta no município de Perdizes Minas Gerais. **Biosci. J.**, v. 25, n. 5, p. 15-20, Uberlândia-MG, setembro/outubro, 2009.

BÁRBARO, I. BRANCALIÃO, S. TICELLI, M. É possível a fixação biológica de nitrogênio no milho? **Pesquisa e Tecnologia**, v. 5, n. 1, jan-jun 2008.

BERTI, M. ZAGONEL, J. FERNANDES, E. Produtividade de cultivares de trigo em função do Trinexapacethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.

BERTOL, O. et al. Perdas de nitrogênio via superfície e subsuperfície em sistema de semeadura direta. **Floresta**, v. 35, n. 3, Curitiba-PR, setembro/dezembro de 2005.

BISSANI, C. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas**. FAURGS – Laboratório de Análises de Solo, Genenis, Porto Alegre-RS, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa - SARC nº 7 de 15 de agosto de 2001. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade do trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 21 de agosto de 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: p. 395, Mapa/ACS, 2009.

CAMPOS, B.H.C.; THEISEN, S.; GNATTA, V. Inoculante "Graminante" nas culturas de trigo e aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.23, n.3, p.401-407, 1999.

CARVALHO, A. REIN, T. **Eficiência de uso de nitrogênio em sistemas agrícolas no Cerrado**. Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2009.

CAVALLET, L. et al. 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, Campina Grande-PB, 2000.

CAZETTA, D. FORNASIERI FILHO, D. ARF, O. Resposta de cultivares de trigo e triticale ao nitrogênio no sistema de plantio direto. **Cientifica**, v. 35, n. 2, p. 155-165, Jaboticabal-SP, 2007.

CENTRO ESTADUAL DE METEOROLOGIA – **CEMETRS**. Porto Alegre, 2013. Disponível em < <http://www.cemet.rs.gov.br/>>. Acesso em: 25 jun. 2014.

COLLING, A. et al. Eficiência agrônômica da utilização de *Azospirillum* na cultura do trigo. **XVII Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, UNICRUZ, Cruz Alta-RS, novembro de 2012.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. Informações técnicas para Trigo e Triticale-safra 2013. **VI Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, 2013.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de recomendação de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, SBCS/NRS, 2004. 400p.

Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos; safra 2013/14 – novembro de 2013**. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_11\\_08\\_09\\_29\\_24\\_boletim\\_graos\\_novembro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_08_09_29_24_boletim_graos_novembro_2013.pdf)>. Acessado em 23 abril de 2014.

Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos; safra 2014/15 – novembro de 2014**. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_11\\_13\\_09\\_19\\_35\\_boletim\\_graos\\_novembro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_11_13_09_19_35_boletim_graos_novembro_2014.pdf)>. Acessado em 15 de novembro de 2014.

CORASSA, G. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada em trigo na região norte do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia biosfera Centro Científico Conhecer**, v. 9, N. 16. Goiás, 2013.

CRUZ, J. et al. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 13-24, Belo Horizonte-MG, janeiro/fevereiro de 2001.

DALLA SANTA, O. et al. Influência da inoculação de *Azospirillum sp.* Em trigo, cevada e aveia. **Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 4, n. 2, p. 197-207, Guarapuava-PR, maio/agosto de 2008.

DEGRAF, H. ZAGONEL, J. FERNANDES, E. Doses de nitrogênio, regulador de crescimento e programas de controle de doenças afetando a cultivar de trigo Ônix. **Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.**, Ponta Grossa-PR, 2008.

DENARDIM, E. et al. Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista. **Documentos – Embrapa Trigo**, Passo Fundo, dezembro de 2012.

DENOTI, M. et al. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em trigo com adição de crescentes doses de nitrogênio. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Florianópolis-SC, 2013.

DIDONET, A. et al. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido a inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 401-411, fevereiro 2000.

DIDONET, A. RODRIGUES, O. KENNER, M. Acumulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária brasileira**; vol. 31, n. 9, p. 645-651, Brasília, setembro de 1996.

DOBEREINER, J. History and new perspective of diazotrophs in association with non-leguminous plants. **Symbiosis**, v. 13, n.1, p. 1-13, 1992.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de

solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 3ª edição, Rio de Janeiro: CNPS, 2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição Mineral de Plantas: princípios e perspectivas**. 2ª edição, Editora Planta. Londrina-PR, 2006.

FERNANDES, E. **População de plantas e regulador de crescimento afetando a produtividade de cultivares de trigo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR, 2009.

FERNANDES, M. et al. **Nutrição Mineral de Plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa – MG, 2006.

FERREIRA JR., J. et al. Eficiência da inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum* (*Azospirillum brasilense*) em associação à adubação nitrogenada sobre o rendimento da cultura. **VIII Encontro Internacional de Produção Científica**, Maringá-PR, 2013.

FIBACH-PALDI, S.; BURDMAN, S.; OKON, Y. Key physiological properties contributing to rhizosphere adaptation and plant growth promotion abilities of *Azospirillum brasilense*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 326, p. 99-108, 2012.

GOMES, J. **Emissão de gases do efeito estufa e mitigação do potencial de aquecimento global por sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 2006. 151 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GUTKOSKI, L. et al. Efeito do teor de amido danificado na produção de biscoitos tipo semi-duros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 119-124, Campinas, 2007.

HUNGRIA, M. CAMPO, R. MENDES, I. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. **Embrapa Soja, Documento 283**, ISSN 1516-781X, Londrina-PR, Junho de 2007.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. **Embrapa Soja, Documento 325**, ISSN 2176-2937, Londrina-PR, Julho de 2011.

JEZEWSKI, T.; SILVA, J., FERNANDES, S. Efeito da inoculação com *Azospirillum* em trigo, isolado e associado à estimulante de crescimento, no Noroeste do RS. **XIX Congresso de Iniciação Científica**, Universidade Federal de Pelotas, 2010.

KAPPES, C. et al. Aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura no milho safrinha. **XII Seminário Nacional do Milho Safrinha – EMBRAPA**, Dourados-MS, 2013.

KEGLER, W. MOURÃO, A. Adubação nitrogenada aplicada em cobertura na cultura do trigo na região Sudoeste do Paraná. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 1, p. 62-72, 2011.

KUINCHTNER, A. BURIOL, G. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, v. 2, n. 1, p. 171-182, Santa Maria 2001.

KUSS, A. et al. Inoculação de bactérias diazotróficas e desenvolvimento de plântulas de arroz irrigado em solo e câmara de crescimento. **Revista da FZVA**, v. 15, n. 1, p. 90-102, Uruguaiana-RS, 2008.

KUSS, A. **Fixação de nitrogênio por bactérias diazotróficas em cultivares de arroz irrigado**. 2006. 110 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2006.

LANA, M. et al. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, vol. 59, nº 3, Viçosa-MG, maio de 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. Editora Agronômica Ceres LTDA. Centro de Energia Nuclear na Agricultura – ESALQ, São Paulo 2006.

MANDARINO, J. Componentes do trigo: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas. **Embrapa Soja, Documento 75**, CDD: 633.11, Londrina-PR, 1993.

MARTINS, L. et al. Monitoramento nutricional do trigo através do índice de balanço nutricional – DRIS. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 4, p. 455-462, outubro/dezembro de 2005.

MELO JUNIOR, H. CAMARGO, R. WENDLING, B. Sistema de plantio direto na conservação do solo e água e recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 7, n. 12, p. 1-17, Goiânia-GO, 2011.

MENDES<sup>a</sup>, Marcelo Cruz. et al. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo. **V Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**, Dourados-MS, julho de 2011.

MENDES<sup>b</sup>, M. et al. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade da farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 95-110, Guarapuava-PR, 2011.

MIRALLES, D. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de Trigo. **Información técnica de trigo**. Publicación Miscelánea nº. 101. Campaña, mayo 2004.

MOREIRA, F. et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 2, p. 74-99, 2010.

MUNDOSTOCK, C. BREDEMEIER, C. Dinâmica do afilamento afetada pela disponibilidade de nitrogênio e sua influência na produção de espigas e grãos em trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 26, p. 141-149, 2002.

NAKAGAWA, J. CAVARIANI, C. MACHADO, J. Adubação nitrogenada no perfilhamento da Aveia-preta em duas condições de fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 6, p. 1071-1080, Brasília-DF, junho de 2000.

PERUZZO, G. **Nitrogênio no seu trigo**. Grupo Cultivar, revista Grandes Culturas, nº 16, p. 1-3, 2000.

PICCININ, G. Agronomic efficiency of *Azospirillum brasilense* in physiological parameters and yield components in wheat crop. **Journal of Agronomy**, n. 10, p. 132-135, 2011.

PICCININ, G. **Eficiência da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* no rendimento e no potencial fisiológico das sementes de trigo**. Maringá, 79 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, fevereiro de 2012.

PIRES, J. et al. Avaliação de cultivares de trigo em sistemas de manejo tradicional e otimizado. **Embrapa Trigo – Documentos 54**, ISSN 1518-6512, Passo Fundo-RS, 2004.

PIRES, J.; VARGAS, L.; CUNHA, G. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Embrapa Trigo, Passo Fundo 2011.

PORTUGAL, J. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar associada a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. **XXIX Congresso Nacional de milho e sorgo**, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Águas de Lindóia-SP, agosto de 2012.

POVINELI, V. **Fixação biológica de nitrogênio por *Azospirillum brasilense* na cultura do milho**. 2012. 27 f. Monografia (graduação em Tecnologia em Mecanização em agricultura de Precisão. Faculdade de Tecnologia “Shunji Nishimura” – FATEC, Pompéia – SP, 2012.

QUADROS, P. **Inoculação de *Azospirillum spp.* em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul**. 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RAMPIM, L. et al. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 34, nº 4, p. 678-685, Marechal Cândido Rondon-PR, 2012.

REIS JUNIOR, F. TEIXEIRA, K. REIS, V. Fixação biológica de nitrogênio associada a pastagens de Braquiária e outras gramíneas forrageiras. **Embrapa Cerrados – Documentos 52**, ISSN 1517-5111, Planaltina-DF, 2002.

REIS, V. Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas. **Embrapa Agrobiologia – Documentos 232**, Seropédica-RJ, 2007.

RIBEIRO, T. et al. Respostas fenológicas de cultivares de trigo à vernalização e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 44, n. 11, p. 1383-1390. Brasília, novembro de 2009.

RODRIGUES, L. et al. Características agrônômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Ver. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, v. 18, n. 1 p. 31-37, Campina Grande-PB, 2014.

RODRIGUES, O. et al. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: EMBRAPA, 2003. (Circular Técnica, 14). Disponível em <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p\\_ci14\\_1.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci14_1.htm)>

ROSÁRIO, J. **Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à redução na adubação nitrogenada de cobertura em cultivares de trigo**. 2013. 85 f. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava – PR, 2013.

ROSCOE, R. MIRANDA, R. **Fixação biológica de nitrogênio e promoção de crescimento em milho safrinha**. Fundação MS, 2002. Disponível em <[http://www.fundacaoms.org.br/uploads/publicacoes/Cap%C3%ADtulo%2002\\_1272878516.pdf](http://www.fundacaoms.org.br/uploads/publicacoes/Cap%C3%ADtulo%2002_1272878516.pdf)>

SALA, V. et al. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:345-352, 2005.

SALA, V. et al. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 833-842, junho de 2007.

SALA, V. **Resposta da cultura do trigo aos novos endófitos, *Achromobacter* e *Zoogloea*, em condições de campo.** 2006, 140 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba-SP, 2006.

SANGOI, L. et al. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação de ureia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p. 65-70, Santa Maria-RS, janeiro/fevereiro de 2003.

SANTOS, Karen Marques. **Emissão de óxido nitroso e volatilização de amônia em pastagem de Capim-Marandu.** 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Nova Odessa-SP, fevereiro de 2013.

STRECK, E. **Levantamento de solos e avaliação do potencial de uso agrícola das terras da microbacia do lajeado Atafona (Santo Ângelo/RS).** 1992. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, janeiro de 1992.

TEIXEIRA FILHO, M. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 797-804, Brasília-DF, agosto de 2010.

WALTER, L. et al. Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de cultivares de trigo e sua associação com a emissão de folhas. **Ciência Rural**, volume 29, número 8. Santa Maria, novembro de 2009.

WENDLING, A. et al. Recomendação de adubação nitrogenada para trigo em sucessão ao milho e soja sob plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, 31:985-994, 2007.

WENDT, W. DUCA, L. CAETANO, V. Avaliação de cultivares de trigo de duplo propósito, recomendados para cultivo no estado do Rio Grande do Sul. **Comunicado Técnico da Embrapa Clima Temperado.** Pelotas-RS, junho de 2006.