

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E
ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CULTIVARES DE
TRIGO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Rodrigo Luiz Ludwig

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E
ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CULTIVARES DE TRIGO**

Rodrigo Luiz Ludwig

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

Orientador: Thomas Newton Martin

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Ludwig, Rodrigo Luiz

Inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cultivares de trigo / Rodrigo Luiz Ludwig.-2015.

103 p.; 30cm

Orientador: Thomas Newton Martin

Coorientadores: Ubirajara Russi Nunes, Sandro José Giacomini

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2015

1. *Triticum aestivum* 2. *Azospirillum brasilense* 3. Nitrogênio 4. Inoculação 5. Tratamento de sementes I. Martin, Thomas Newton II. Nunes, Ubirajara Russi III. Giacomini, Sandro José IV. Título.

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Rodrigo Luiz Ludwig. A reprodução de partes ou de todo este trabalho só poderá ser feita mediante citação da fonte.

Endereço: Rua José Manhago, 297, Bairro Camobi, CEP: 97105-430 - Santa Maria/RS. Fone: (55) 9658-2682; e-mail: rodrigoluilzudwig@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de
Mestrado

**INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM CULTIVARES DE TRIGO**

elaborada por
Rodrigo Luiz Ludwig

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

**Prof. Dr. Thomas Newton Martin
(Presidente/Orientador)**

**Prof. Dr. Sandro José Giacomini
(UFSM)**

**Prof. Dr. Paulo Sergio Pavinato
(ESALQ –USP)**

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2015.

Aos meus pais, Gervásio Ludwig e Nerci Inês Royer Ludwig, pelo amor, carinho e ensinamentos a mim passados. À minha irmã, Carine Ludwig pelo incentivo aos estudos e apoio incondicional. À minha namorada Marta E. Machado Alves, pelo amor, carinho e companheirismo em todos momentos.

Dedico esse trabalho

Agradecimentos

À minha família e namorada, pelo incentivo à realização desse trabalho, pelo apoio e conselhos a mim passados;

Ao professor e orientador Thomas Newton Martin, por ter me recebido para orientação, dedicação e conhecimentos a mim passados durante a realização desse trabalho;

Aos professores Ubirajara Russi Nunes e Sandro José Giacomini pelas contribuições prestadas no decorrer do trabalho;

À todos integrantes do Grupo de Pesquisa em Grandes Culturas de Coxilha, especialmente os colegas da Pós-Graduação, pela troca de experiências, amizade e auxílio na realização do experimento;

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado;

À Universidade Federal de Santa Maria, pela qualidade de ensino e estrutura oferecidos durante o curso de graduação e mestrado;

À todos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia e do curso de Agronomia pelos ensinamentos passados;

À Cooperativa Central Gaúcha Ltda (CCGL) pela concessão de área experimental para realizar parte do experimento;

Ao pesquisador da CCGL, Dalvane Rockembach e sua equipe, pelo apoio contínuo na condução do experimento de Cruz Alta;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa de estudo.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CULTIVARES DE TRIGO

Autor: Rodrigo Luiz Ludwig
Orientador: Thomas Newton Martin
Santa Maria, 27 de fevereiro de 2015.

O trigo (*Triticum aestivum*) representa a segunda maior produção de grãos do mundo, com grande importância na alimentação humana e animal. Necessita-se de mais tecnologias que proporcionem aumentos de produtividades com baixo custo. Uma tecnologia recentemente disponível para a cultura do trigo é a inoculação de sementes com bactérias promotoras de crescimento e fixadoras de nitrogênio atmosférico. O trabalho foi dividido em dois capítulos, sendo o primeiro com objetivo de avaliar a influência da inoculação e sua interação com o tratamento químico de sementes na germinação, vigor e crescimento inicial de cultivares de trigo. Para tal, conduziu-se um experimento no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes da UFSM no ano de 2013. O segundo capítulo teve por objetivo verificar a contribuição da bactéria *Azospirillum brasilense* para a fixação biológica de nitrogênio sobre os componentes de rendimento na cultura do trigo, em diferentes cultivares, manejos da adubação nitrogenada, locais, épocas de semeadura e anos de cultivo. Para isto, conduziram-se experimentos nos anos de 2013 e 2014, nos municípios de Santa Maria e Cruz Alta. A inoculação promoveu o aumento da massa seca de plântulas de trigo nas cultivares FUNDACEP Bravo, TBIO Itaipu e BRS 331, aos sete dias após a semeadura, não afetando as demais variáveis estudadas. O tratamento químico de sementes com o fungicida triadimenol reduziu a germinação, emergência e o crescimento inicial das plântulas de trigo. A inoculação apresentou resposta positiva para a produtividade e massa do hectolitro (MH) em algumas cultivares, com incremento máximo de 21% de produtividade na cultivar TEC 07-244, na segunda época de semeadura de 2014, em Cruz Alta. Para a MH, houve aumentos significativos, principalmente na época 1 de 2013 em Santa Maria, onde a média foi 75,6 e 77,2 kg hL⁻¹, para as não inoculadas e inoculadas, respectivamente. A adubação nitrogenada foi importante para a melhoria nos componentes do rendimento do trigo, proporcionando grandes incrementos na produtividade, com melhores incrementos por kg de N aplicado na dose de 50 kg de N ha⁻¹.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*. *Azospirillum brasilense*. Nitrogênio. Inoculação.

ABSTRACT

Master's Degree Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

INOCULATION WITH *Azospirillum brasilense* AND NITROGEN FERTILIZER IN WHEAT CULTIVARS

Author: Rodrigo Luiz Ludwig
Adviser: Thomas Newton Martin
Santa Maria, february 27th, 2015.

Wheat (*Triticum aestivum*) is the second largest world production of grains, with great importance in food and feed. It needs more technologies that provide productivity increases at low cost. A newly available technology for the wheat crop is the seed inoculation with growth promoting bacteria and atmospheric nitrogen fixing. The study was divided into two chapters, the first to evaluate the influence of inoculation and its interaction with the chemical seed treatment on germination, vigor and initial growth of wheat cultivars. To this end, we conducted an experiment in Didactic Laboratory and Seeds Research in UFSM in 2013. The second chapter aimed to verify the contribution of *Azospirillum brasilense* bacteria for biological nitrogen fixation on yield components in the culture wheat in different cultivars, management of nitrogen fertilization, local, sowing dates and years of cultivation. For this, experiments were conducted in the years 2013 and 2014 in Santa Maria and Cruz Alta cities. Inoculation promoted the increase of the dry mass of wheat seedlings in cultivars FUNDACEP Bravo, TBIO Itaipu and BRS 331, seven days after sowing, not affecting the other variables. The chemical treatment of seeds with fungicide triadimenol reduced germination, emergence and early growth of wheat seedlings. Inoculation had a positive response to productivity and hectoliter mass (HM) in some cultivars, with a maximum increase of 21% productivity in genotype TEC 07-244, the second sowing date 2014, in Cruz Alta. For HM, there were significant increases, especially during 1, 2013 in Santa Maria, where the average was 75,6 and 77,2 kg hL⁻¹, for non-inoculated and inoculated, respectively. The nitrogen was important to improve the yield of wheat components, providing great increases in productivity, with better increments per kg of N applied at the rate of 50 kg N ha⁻¹.

Keywords: *Triticum aestivum*. *Azospirillum brasilense*. Nitrogen. Inoculation.

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I - ESPECIFICIDADE DA AÇÃO DO TRATAMENTO QUÍMICO E *Azospirillum brasilense* No CRESCIMENTO INICIAL DE TRIGO

Tabela 1 –	Emergência de plântulas em canteiros das diferentes cultivares de trigo, com e sem inoculante, nos diferentes tratamentos de semente (TS). UFSM, Santa Maria, 2013.	31
Tabela 2 –	Primeira contagem de plântulas das diferentes cultivares de trigo, com e sem inoculante, nos diferentes tratamentos de semente (TS). Germinação de plântulas para as diferentes cultivares e para os diferentes TS. UFSM, Santa Maria, 2013.....	33
Tabela 3 –	Comprimento de parte aérea, de raiz e total das cultivares avaliadas com tratamento químico de semente (TS) e inoculação. UFSM, Santa Maria, 2013.....	35
Tabela 4 –	Massa seca da parte aérea de plântulas para as diferentes cultivares nos diferentes TS, bem como com e sem inoculação. UFSM, Santa Maria, 2013.....	37
Tabela 5 –	Massa seca de raiz de plântulas das diferentes cultivares de trigo, com e sem inoculante, nos diferentes tratamentos de semente (TS). UFSM, Santa Maria, 2013.....	38

CAPITULO II - DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE TRIGO EM RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E DOSES DE NITROGÊNIO

Tabela 1 –	Número de plantas emergidas para as cultivares, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.	52
Tabela 2 –	Número de filhinhos por planta das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.	54
Tabela 3 –	Número de filhinhos por planta das diferentes doses de nitrogênio, nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.	55
Tabela 4 –	Número de espigas por m ² das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013.	57
Tabela 5 –	Número de espigas por m ² das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante e com inoculante, doses de nitrogênio, nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2014.	59

Tabela 6 – Produtividade de grãos das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013.	61
Tabela 7 – Produtividade de grãos das diferentes doses de nitrogênio, nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013.	62
Tabela 8 – Produtividade de grãos das diferentes cultivares de trigo, sem e com inoculante, doses de nitrogênio, nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2014.	64
Tabela 9 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), na primeira época de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.	66
Tabela 10 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, nas doses de N, na primeira época de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.	67
Tabela 11 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, sem e com inoculante, doses de nitrogênio, na segunda época de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013.	69
Tabela 12 – Massa 1000 grãos das diferentes cultivares de trigo nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.	70
Tabela 13 – Massa 1000 grãos das diferentes cultivares de trigo, dose de N, nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.	71
Tabela 14 – Emergência de plantas das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013 e 2014.	73
Tabela 15 – Número de afilhos por planta das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante e com inoculante, doses de N, nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013.	75
Tabela 17 – Número de afilhos por planta das diferentes cultivares de trigo, doses de N, sem inoculante e com inoculante, doses de N, na segunda época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.	78
Tabela 18 – Número de espigas m ⁻² das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI). CCGL, Cruz Alta, 2013 e 2014.	79
Tabela 19 – Número de espigas m ⁻² das diferentes cultivares de trigo, doses de N, nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013 e 2014.	81
Tabela 20 – Produtividade de grãos das diferentes cultivares de trigo, doses de N, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013.	83
Tabela 21 – Produtividade de grãos das diferentes cultivares de trigo, sem e com inoculante, doses de N, na primeira época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.	85

Tabela 22 – Produtividade de grãos das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, na segunda época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.	86
Tabela 23 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013.	87
Tabela 24 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, sem e com inoculante, doses de N, na primeira época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.....	89
Tabela 25 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, na segunda época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.	90
Tabela 26 – Massa 1000 grãos das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013.	92
Tabela 27 – Massa 1000 grãos das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, na primeira época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.	93
Tabela 28 – Massa 1000 grãos das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, na segunda época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.	94

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
Nitrogênio na cultura do trigo	14
Fixação biológica de N	16
Benefícios da FBN	18
Fatores que afetam a resposta do <i>A. brasilense</i>	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPITULO I - ESPECIFICIDADE DA AÇÃO DO TRATAMENTO QUÍMICO E <i>Azospirillum brasilense</i> NO CRESCIMENTO INICIAL DE TRIGO	25
Resumo	25
Abstract	25
Introdução	26
Material e métodos.....	28
Resultados e discussão	30
Conclusão	38
Referências bibliográficas	39
CAPITULO II - DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE TRIGO EM RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM <i>Azospirillum brasilense</i> E DOSES DE NITROGÊNIO.....	45
Resumo	45
Abstract	45
Introdução	46
Material e métodos.....	48
Resultados e discussão	50
Conclusão	95
Referências bibliográficas	95
CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
ANEXOS	103

INTRODUÇÃO

O Trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma planta de ciclo anual, de estação fria, sendo um cereal de inverno de grande importância econômica no mundo todo. Muito usado na alimentação humana na forma de pães, massas, biscoitos, na alimentação animal, e também em sistemas de rotações de culturas. Também muito importante para o sistema de plantio direto, resíduos vegetais deixados na superfície, contribuindo para a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e suprimindo a plantas daninhas. Ainda, o trigo é uma das poucas culturas economicamente viáveis disponível a ser cultivada no período de inverno, principalmente na região sul.

No Brasil, a área plantada de trigo na safra 2013/14 foi de 2.209,8 mil hectares, e a expectativa para a próxima safra é de um aumento de 21,4%, atingindo uma área de 2.682 mil hectares. A maior parte da produção do cereal está concentrada na região sul do país, sendo que na última safra, o maior estado produtor foi o Rio Grande do Sul, seguido pelo Paraná e Santa Catarina, responsáveis por 47, 44,9 e 3,3% da produção brasileira, respectivamente (CONAB, 2014).

O trigo representa a segunda maior produção de grãos do mundo, com 716,1 milhões de toneladas produzidas na safra 2013/2014 (USDA, 2015). Segundo a CONAB (2014), a produção brasileira da safra 2013/14 foi de 5,5 milhões de toneladas, atendendo apenas parte da demanda nacional pelo cereal, que foi de 10,9 milhões de toneladas, havendo assim, a necessidade de importações da ordem de 5,4 milhões de toneladas. O Brasil se coloca entre os países que mais importam este cereal, principalmente pela instabilidade climática (SOUZA et al., 2013), tendo como desafio tornar a cultura competitiva frente aos demais países produtores, e ter uma menor dependência de importações do cereal. Para isso, é necessário atingir patamares mais altos de produtividades, buscando tecnologias que proporcionem incrementos de produção sem onerar os custos.

Neste sentido, a pesquisa vem buscando constantemente encontrar métodos e técnicas destinadas ao cultivo do trigo, com intuito de obter maiores produtividades com melhor qualidade dos grãos e menor custo. A nutrição de

plantas geralmente é o fator que mais limita as produtividades, podendo-se destacar o macro elemento nitrogênio (N), que possui influência direta nos componentes do rendimento das culturas.

Sem dúvidas, o N proporciona expressivos aumentos de produtividade, embora sua utilização represente significativa parte do custo de produção de uma lavoura, pela complexidade do processo de obtenção da uréia, forma de adubação de N mais usada. Nesse contexto, uma alternativa é a utilização de bactérias fixadoras de N atmosférico, as quais, além de diminuir os custos de aplicação também podem contribuir para uma melhor acumulação do nutriente pelas plantas e uma menor contaminação ambiental pelo N.

A fixação biológica de nitrogênio é a conversão de N_2 presente na atmosfera na forma gasosa em NH_3 (amônia), promovida por alguns organismos, que empregam o N fixado na biossíntese de proteínas e ácidos nucléicos (NUNES et al., 2003). Algumas bactérias proporcionam diversos benefícios devido às alterações que podem causar no metabolismo das plantas, sendo consideradas promotoras do crescimento de plantas (BURDMAN et al., 2000).

A utilização em práticas agrícolas das bactérias do gênero *Azospirillum* tem sido alternativa para aumentar a produção de grãos de muitos cereais no campo (BASHAN; HOGUIN, 1997; HUNGRIA, 2010). No entanto, estes resultados possuem pequena repetitividade, sendo que os fatores responsáveis por essas irregularidades (fatores ambientais e genéticos) não foram ainda bem identificados, principalmente porque as características básicas das interações planta e *Azospirillum* não são bem compreendidas. Deve-se levar em conta que pode haver interação da bactéria com cada genótipo da cultura, tipo de solo, clima e tratamento de sementes (HOLGUIN et al., 1999).

Sendo assim, este estudo teve por objetivo verificar a influência da inoculação de *Azospirillum brasilense* e sua interação com o tratamento de sementes no crescimento inicial das plântulas, e a contribuição da inoculação para a fixação biológica de nitrogênio e da adubação nitrogenada sobre os componentes de rendimento na cultura do trigo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produtividade da cultura do trigo e demais culturas agrícolas é limitada por uma gama de fatores, como clima, manejo do solo, sanidade, genética, qualidade da semente, dentre outros. Dentre os aspectos ligados a construção e manutenção da produtividade por meio do manejo, destaca-se a adubação. As culturas em geral, são muito responsivas à adubação, desde que aplicada em quantidade adequada, época correta e também, num solo que esteja em condições adequadas (pH, estrutura, disponibilidade hídrica), para que possa receber esta adubação e disponibilizá-la para as plantas.

São vários os elementos minerais essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas de trigo, entre eles o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K). Considerando valores médios, uma lavoura que produz 3 toneladas de grãos por hectare extrai do solo 84 kg de N, 11,7 kg de P e 59,7 kg de K, sendo que destes, 60,3 kg de N, 9,6 kg de P e 10,5 kg de K são exportados pelos grãos, e o restante retorna ao solo pela decomposição dos restos culturais (PAULETTI, 1998).

Nitrogênio na cultura do trigo

Dentre os elementos essenciais para as plantas (exceto carbono, oxigênio e hidrogênio), o nitrogênio é o elemento presente nas plantas em maior quantidade (TAIZ; ZEIGER, 2013), um dos elementos necessitados em maior quantidade pela cultura do trigo (DA ROS et al., 2003) e o que mais limita a produtividade da cultura do trigo (MUNDOSCK, 2005; WIETHÖLTER, 2011). Faz parte das moléculas de clorofila, citocromos e de todas enzimas e coenzimas (MARIOT et al., 2003). Participa de muitos processos bioquímicos importantes das células vegetais, sendo encontrado nos nucleotídeos e nos aminoácidos que formam a estrutura dos ácidos nucléicos e das proteínas, respectivamente (TAIZ; ZEIGER, 2013).

No trigo, o N possui uma influência direta nos componentes do rendimento, como o número e tamanho de espigas e massa de grãos (MUNDOSCK, 2005) e também determina o número de afilhos e é essencial na fase de formação dos

nós e no início do alongamento do colmo (SALA et al., 2005), tendo participação importante na molécula de clorofila (GROSS et al., 2006), a qual exerce funções regulatórias das reações de síntese, sendo que a escassez de nitrogênio afeta diretamente a capacidade fotossintética das plantas. Sua deficiência rapidamente inibe o crescimento da planta, e quando persiste, apresenta clorose das folhas, principalmente nas mais velhas, próximas à base da planta. Em caso de uma forte deficiência de N, estas folhas ficam completamente amareladas e caem da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Atualmente, a indicação de N para cultura de trigo nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina está baseada no teor de matéria orgânica no solo, na cultura precedente e na expectativa de rendimento de grãos da cultura. A dose a ser aplicada na semeadura deve ser de 15 a 20 kg ha⁻¹, sendo o restante aplicado em cobertura, entre os estádios de afilhamento e de alongação. No caso de doses mais elevadas, pode ocorrer o parcelamento em duas aplicações, sendo a primeira no início do afilhamento e a segunda no início do alongamento (REUNIÃO, 2014).

Conforme Zagonel et al. (2002), a utilização de elevadas doses de nitrogênio é fator positivo para o aumento da produtividade do trigo, porém, pode resultar no acamamento da cultura, o que interfere negativamente na produção e na qualidade dos grãos. Quando este acamamento ocorre na fase de enchimento de grãos, limita a translocação de carboidratos nas plantas (PENCKOWSKI et al., 2009).

Na biosfera, a maior parte do N se encontra na atmosfera (cerca de 77%), na forma molecular (N₂), não estando diretamente disponível para os organismos vivos. Para poder aproveitar esse N, é preciso quebrar a ligação tripla entre as duas moléculas de N (N≡N), para produzir amônia (NH₃) ou nitrato (NO₃⁻) (TAIZ; ZEIGER, 2013). Essas reações de quebra da molécula de N₂ podem ser feitas por processos naturais ou industriais.

O processo industrial de fixação do N₂, demanda de condições de altas temperaturas e pressão, para poder superar a alta energia de ligação entre as moléculas de N. Frente a isso, o custo de obtenção de fertilizantes nitrogenados, como a ureia, é muito elevado. Segundo Machado (1998), a adubação nitrogenada representa aproximadamente 40% do custo de produção da cultura

do milho, e 75% dos custos em fertilizantes, sem falar que estas formas de adubação representam potenciais fontes de contaminação ambiental, pela instabilidade que o elemento representa no solo, sendo facilmente lixiviado pela chuva. Em média 50% dos fertilizantes nitrogenados aplicados no solo são perdidos pelos processos de lixiviação e volatilização (DOBBELAERE et al., 2002).

A ureia é a principal fonte de adubação nitrogenada utilizada na agricultura, devido ao menor custo por unidade de N, se comparada a outros fertilizantes nitrogenados. Quando aplicada na superfície do solo, sofre hidrólise enzimática, formando o gás amônia, que pode ser perdido para a atmosfera por volatilização (DA ROS et al., 2005; TEIXEIRA FILHO et al., 2010). O nitrato pode proporcionar a contaminação do ambiente, nesse sentido, grande é a preocupação com o teor de NO_3^- nas fontes de água (SPIERTZ, 2010).

Devido a esta alta instabilidade do N no solo, para evitar perdas pelos processos descritos anteriormente, o parcelamento da adubação nitrogenada proporciona uma maior eficiência na assimilação do nutriente pelo trigo, diminuindo as perdas por lixiviação em anos chuvosos e por volatilização em anos secos (MUNDSTOCK, 1999), sem falar que a aplicação parcelada, e nos momentos corretos, é fundamental para o incremento do rendimento de grãos, pois aplicações não coincidentes com os momentos de definições dos componentes do rendimento, não serão aproveitadas satisfatoriamente pelas plantas (SILVA et al., 2005).

Fixação biológica de N

Uma alternativa que vem sendo usada há muito tempo em plantas leguminosas e mais recentemente em gramíneas é a utilização de bactérias fixadoras de N atmosférico, as quais, além de diminuir os custos de aplicação de fertilizantes nitrogenados, também podem contribuir para uma melhor acumulação do nutriente pelas plantas e uma menor contaminação ambiental pelo N. A partir de uma série de estudos, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento permitiu o uso da bactéria *Azospirillum brasilense* na formulação de inoculantes para a cultura do trigo.

A fixação biológica de nitrogênio é a conversão de N_2 presente na atmosfera na forma gasosa em NH_3 (amônia) promovidas por alguns organismos, que empregam o N fixado na biossíntese de proteínas e ácidos nucleicos (NUNES et al., 2003). Essa conversão ocorre por intermédio de uma enzima chamada nitrogenase (MARTINS et al., 2003). Algumas bactérias proporcionam diversos benefícios devido às alterações que podem causar no metabolismo das plantas, sendo consideradas promotoras do crescimento de plantas (BURDMAN et al., 2000), dentre estes benefícios pode-se citar a fixação biológica de nitrogênio por bactérias do gênero *Azospirillum* (HUERGO et al., 2008). Estas bactérias são diazotróficas associativas e formam associações não mutualistas com diversas famílias botânicas, dentre elas as gramíneas, onde se localizam nos tecidos do córtex radicular, xilema, protoxilema e também nas folhas e colmos (BALANCHADAR et al., 2007).

Essas bactérias são classificadas como promotoras de crescimento, sendo benéficas às plantas pois colonizam a rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas atraídas pelos exudatos radiculares (KLOEPPER et al., 1989) e produzem substâncias que promovem o crescimento das plantas (BABALOLA, 2010). Os benefícios causados por essas bactérias podem ser devidos à produção de fitormônios e não somente à fixação biológica do N_2 (FBN). Os principais fitormônios sintetizados por essas bactérias são as auxinas, dos quais, o principal é o ácido indolacético (AIA) (TSAVKELOVA et al., 2006), também sintetizando ácido giberélico e Zeatina (CASSÁN et al., 2009). Bactérias diazotróficas endofíticas promoveram o crescimento e o acúmulo de N em plantas de trigo (SALA et al., 2005) e aumentos de produção (SALA et al., 2007).

O inoculante não substitui totalmente a adubação nitrogenada, mas promove uma melhor absorção e utilização daquele N que está no solo ou sendo fornecido pela adubação nitrogenada (SAUBIDET, 2002). Para Didonet et al. (2000), mesmo não ocorrendo diferenças no rendimento de grãos pela inoculação, há um melhor realocamento do N presente na biomassa para os grãos das plantas inoculadas, produzindo basicamente grãos mais cheios e pesados. A contribuição da fixação biológica de N_2 associativa à nutrição vegetal não é tão significativa como as simbioses, entretanto se for considerada a grande

extensão de terras recobertas por gramíneas e cereais, esta se torna importante, em termos globais (MOREIRA et al., 2010).

Benefícios da FBN

A utilização em práticas agrícolas das bactérias do gênero *Azospirillum* está tornando-se relevante. Tem sido alternativa para aumentar a produção de grãos de muitos cereais no campo em até 30%, e ainda maiores em condições controladas (BASHAN; HOGUIN, 1997). Para Hungria, 2010, a inoculação aumentou 16 a 30 % da produtividade em milho e 9 a 18 % em trigo, dependendo da estirpe inoculada.

Conforme Didonet (1996), a inoculação de *Azospirillum brasilense* em trigo proporcionou aumentos de 14,4 a 47,8 % em relação à testemunha sem inoculação, enquanto que no tratamento utilizando 60 kg de N ha⁻¹ o aumento foi de 76,8%, não diferindo do tratamento inoculado + 15 kg de N ha⁻¹. O mesmo autor fez uma relação entre a quantidade de grãos produzidos a mais que a testemunha com a quantidade de N aplicado no solo, onde que, cada kg de N aplicado produziu 30,5 kg de grãos no tratamento com 60 kg de N ha⁻¹ sem inoculante, ao passo que nos tratamentos inoculado cada kg de N aplicado correspondeu entre 51,5 a 75,9 kg de grãos, conforme a estirpe utilizada.

Na Argentina, em estudo realizado em 297 localidades entre os anos de 2002 a 2006, houve um aumento médio de 260 kg por ha na cultura do trigo utilizando inoculação com *Azospirillum brasilense* (DÍAZ-ZORITA et al., 2009). Os resultados encontrados por Hungria et al. (2010) em Londrina e Ponta Grossa no estado do Paraná, confirmam a viabilidade do inoculante, que resultou em incremento médio no rendimento de grãos de 27,1% para o milho e de 30,3% para o trigo, utilizando inoculante líquido, composto pelas estirpes Ab-V5 e Ab-V6. Neste mesmo estudo, os autores encontraram incrementos do teor de P e K nos grãos de milho, afirmando que as bactérias vão além da fixação de N, razão pela qual as são classificadas como promotoras do crescimento de plantas.

Fatores que afetam a resposta do *A. brasilense*

Os resultados obtidos pelas pesquisas com inoculação de trigo possuem pequena repetibilidade. Os fatores responsáveis por essas irregularidades (fatores ambientais e genéticos) não foram ainda bem identificados, principalmente pela complexa interação entre a planta, bactéria e o ambiente (fertilidade do solo, umidade, duração do dia, intensidade de luz e temperatura) (BABALOLA, 2010), genótipo da cultura, fungicidas e inseticidas utilizados como tratamento de sementes e se eles podem interagir negativamente com a bactéria (HOLGUIN et al., 1999).

O genótipo é o fator chave na obtenção de benefícios pela fixação biológica (REIS et al., 2000), aliado à seleção de estirpes eficientes, que terão que competir com as bactérias diazotróficas nativas do solo (DIODONET et al., 2000). A interação bactéria-planta depende da atração provinda pela liberação de exudatos radiculares pelas raízes das plantas (BIANCHET et al., 2013). A temperatura é um ponto muito importante para o desenvolvimento e multiplicação da bactéria, sendo que Eckert et al. (2001) encontrou o valor de 37 °C como temperatura ideal para o desenvolvimento do *A. brasilense*.

A presença de nitrogênio no solo é outro fator que afeta a resposta das bactérias, que para Dobbelaere et al. (2003) quando se utiliza inoculante em solos com quantidades significativas de N, poderá não se obter respostas positivas, pois a capacidade competitiva das bactérias diazotróficas com outras é eficientemente alta somente quando a disponibilidade de N no ambiente é baixa (SILVA et al., 2007). Pela existência de variação na resposta da cultura em relação à inoculação, necessita-se do estudo de um maior número de cultivares, ambientes e épocas de semeadura.

Existe a possibilidade de resposta positiva ao uso dessas bactérias em gramíneas, porém, ainda são necessários estudos a fim de elucidar a grande variabilidade existente na resposta das culturas à inoculação, compreendendo melhor os fatores envolvidos no processo de FBN na cultura do trigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BALANCHADAR, D.; RAJA, P.; KUMAR, K.; SUNDARAM, S. P. Non-rhizobia Inodulation in legumes. **Biotechnology and Molecular Biology Review**, v.2, n.2, p. 49-57, 2007.

BASHAND, Y.; HOGUIN, G. *Azospirillum*-plant relationship: Environmental and MHysiological advances (1990-1996). **Canadian Journal Microbiology**, Ottawa, v. 43, p. 103-121, 1997.

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

BURDMAN, S.; OKON.Y.; JURKEVITCH, E. Surface characteristics of *Azospirillum brasilense* in relation to cell aggregation and attachment to plant roots. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 26, p. 91-110, 2000.

CASSÁN F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v.45, n.1, p.28-35, 2009.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: Grãos**. Décimo segundo levantamento, setembro 2014 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, V.1, N.12, 2014.

DA ROS, C. O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Volatilização de amônia com aplicação de uréia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 799-805, 2005.

DA ROS, C. O.; SALET, R. L.; PORN, R. L.; MACHADO, J. N. C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de

adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 799-804, 2003.

DÍAZ-ZORITA, M.; FERNÁNDEZ-CANIGIA, M.V. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. **European Journal of Soil Biology**, v. 45, n. 1, p. 3-11, 2009.

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

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 31, n. 9, p. 645-651, 1996.

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

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

DOBBELAERE, S.; LEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews Plant Science**, v. 22, n. 2, p. 107-149, 2003.

ECKERT, B.; WEBER, O. B.; KIRCHHOF, G.; HALBRITTER, A.; STOFFELS, M.; HARTMANN, A. *Azospirillum doebereineriae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass *Miscanthus*. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.51, p.17-26, 2001.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006.

HOLGUIN, G.; PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. Genetics and molecular biology of *Azospirillum*. **Biol Fertil Soils**, v. 29, p. 10-23, 1999.

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

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

KLOEPPER J. W., LIFSHITZ R., ZABLOTOWICZ R. M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**, v. 7, p. 39-43, 1989.

MACHADO, A.T., SODEK, L.; DOBEREINER, J.; REIS, V. M. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho nitroflint. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.33, p.961-970, 1998.

MARIOT, C. H. P.; SILVA, P. R. F.; MENEZESI, V. G.; TEICHMANN, L. L. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38 (2): 233-241. 2003.

MARTINS, C. R.; PEREIRA, P. A. P.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a Importância na Química da Atmosfera. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n.5, p.28-41, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, pag. 74-99, 2010.

MUNDOSCK, C. M., **Quando aplicar o Nitrogênio em Trigo Cevada e Aveia**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2005. Disponível em: www.ufrgs.br/agronomia/plantas/destaques/folder_trigo.php, acessado em 05/06/2013.

MUNDSTOCK, C.M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: Evnagraf, 227p. 1999.

NUNES, F. S.; RAIMONDI, A. C.; NIEDWIESKI, A. C. Fixação de nitrogênio: estrutura, função e modelagem bioinorgânica das nitrogenases. **Química Nova**. v.26, n. 6, p. 872-879, 2003.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teor e interpretação**. Campinas: Fundação ABC/Fundação Cargill, 59p. 1998.

PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p. 473-479, 2009.

REIS, V. M.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L.; DÖBEREINER, J. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. **Critical Reviews in Plant Science**, Philadelphia, v.19, n.3, p.227-247, 2000.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 8, 2014, Canela, RS. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2015**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

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

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

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

SILVA, D. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J. S.; VOSS, M. Bactérias diazotróficas nas folhas e colmos de plantas de arroz irrigado (*Oriza sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, n.2, p.181-187, 2007.

SILVA, P. R. F.; STRIEDERI, M. L.; COSERI, R. P. S.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; ARGENTA, G. FORSTHOFER, E. L.; SILVA, A. A. Grain yield and kernel protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dresses. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.62, p.487-492, 2005.

SOUZA, W. P.; SILVA, E. M. B.; SCHLICHTING, A. F.; SILVA, M. C. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.575-580, 2013.

SPIERTZ, J. H. J. Nitrogen, sustainable agriculture and food security. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, n. 1, p. 43-55, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED, 918 p. 2013.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C.G.S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.8, p.797-804, ago. 2010.

TSAVKELOVA, E. A.; KLIMOVA, S. Y.; CHERDYNTSEVA, T. A.; NETRUSOV, A. I. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: a review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v.42, p.117-126, 2006.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World agricultural production**. Foreign Agricultural Service/USDA, February, 2015. Disponível em: <apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> Acesso em: 12 fev. 2015.

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

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

CAPITULO I - ESPECIFICIDADE DA AÇÃO DO TRATAMENTO QUÍMICO E *Azospirillum brasilense* NO CRESCIMENTO INICIAL DE TRIGO

Resumo - A eficiência agronômica dos inoculantes na cultura do trigo é afetada pelas condições de cultivo. Um dos fatores que pode influenciar essa resposta é a interação da bactéria com o tratamento químico das sementes, que pode ser prejudicial à colonização, produção de fitormônios e fixação biológica de nitrogênio. Frente a isto, o estudo tem por objetivo avaliar a influência da inoculação e sua interação com o tratamento de sementes na germinação, vigor e crescimento inicial de cultivares de trigo. Para tal, conduziu-se um experimento no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes da UFSM no ano de 2013. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em um trifatorial (4x4x2), sendo representado pelas combinações dos fatores cultivar (FUNDACEP Bravo, OR/TBIO Quartzo, TBIO Itaipu e BRS 331), tratamento químico de sementes (1- Inseticida + Fungicida; 2- Inseticida; 3- Fungicida; 4- Testemunha sem tratamento) e inoculação de *Azospirillum brasilense* (com e sem inoculante). As determinações realizadas foram: emergência em canteiros, primeira contagem do teste de germinação, germinação, comprimento de plântulas (raiz, parte aérea e total), massa seca (raiz e parte aérea). A inoculação de *Azospirillum brasilense* se mostrou eficiente para a variável massa seca de parte aérea, nas cultivares FUNDACEP Bravo, TBIO Itaipu e BRS 331. O tratamento de sementes com fungicida (triadimenol) apresentou efeito fitotóxico, prejudicando o crescimento inicial das plântulas.

Palavras chave: Inoculação, bactérias diazotróficas, triadimenol.

CHAPTER I - SPECIFICITY OF CHEMICAL TREATMENT AND *Azospirillum brasilense* IN WHEAT INITIAL GROWTH

Abstract - The agricultural efficiency of inoculants in wheat crop is affected by growing conditions. One of the factors that can influence this response is the interaction of the bacteria with the chemical seed treatment, which can be harmful to colonization, production of plant hormones and biological nitrogen fixation. Facing this, the study aims to evaluate the influence of inoculation and its interaction with seed treatment on germination, vigor and initial growth of wheat cultivars. To this end, we conducted an experiment in Didactic Laboratory and Seeds Research in UFSM in 2013. The experimental design was completely randomized in a factorial (4x4x2), represented by combinations of cultivating factors (FUNDACEP Bravo, OR/TBIO Quartzo, TBIO Itaipu and BRS 331), chemical seed treatment (1- Insecticide + Fungicide; 2- insecticide; 3- Fungicide; 4- untreated control) and inoculation of *Azospirillum brasilense* (with and without inoculation). The determinations were: emergency beds, first count of the

germination test, germination, seedling length (root, shoot and total), dry matter (root and shoot). Inoculation of *Azospirillum brasilense* was efficient for the variable dry mass of shoots, in cultivars FUNDACEP Bravo, TBIO Itaipu and BRS 331. Seed treatment with fungicide (triadimenol) showed phytotoxic effect, damaging the initial seedling growth.

Keywords: Inoculation, nitrogen-fixing bacteria, triadimenol.

INTRODUÇÃO

O Brasil, apesar de possuir extenso território agricultável, é um grande importador de Trigo (*Triticum aestivum*), principalmente pelas instabilidades climáticas, que causam baixas produtividades (SOUZA et al., 2013). Tem-se procurado alternativas viáveis que possam elevar a produtividade com baixo custo. Uma delas é a inoculação de *Azospirillum brasilense*, a qual tem apresentado resultados satisfatórios em vários trabalhos realizados (HUNGRIA et al., 2010; DÍAZ-ZORITA et al., 2009; SALA et al., 2007). No entanto, a eficiência agrônômica dos inoculantes pode variar em função das condições de cultivo do trigo (BRZEZINSKI et al., 2014). Um dos fatores que pode influenciar essa resposta é a interação da bactéria com o tratamento químico das sementes.

A cultura do trigo é susceptível ao ataque de doenças durante o seu cultivo, sendo algumas delas veiculadas pelas sementes (DANELLI et al., 2012), as quais podem causar prejuízos consideráveis, especialmente sob condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de epidemias, sendo que estes prejuízos são agravados quando várias doenças incidem simultaneamente na lavoura (BARROS et al., 2006). Os insetos também atacam o trigo, podendo prejudicar seu desenvolvimento e a qualidade final do produto. Geralmente, quando percebidos, os danos já ocorreram e são irreversíveis (LOTICI; GOMES, 2008). Desta forma, para evitar os danos ocasionados pelas doenças e pragas à cultura, principalmente nas fases iniciais, tem-se como alternativa o tratamento de sementes com inseticidas (SILVA, 1998) e fungicidas (BARROS; FURLAN, 2008).

A utilização de fungicidas e inseticidas no tratamento de sementes pode ser prejudicial à sobrevivência da bactéria inoculada, pelo fato desta estar em direto contato com os produtos químicos usados. No entanto, este possível efeito

prejudicial vai depender do produto usado, dose empregada, estirpe de bactéria inoculada, condições climáticas e de solo. É importante utilizar sementes com alta qualidade fisiológica e sanitária, e, aliado a boas condições de umidade do solo, quando cultivada em solo de primeiro cultivo, deve-se evitar o uso de fungicidas. Caso seja necessário utilizar o tratamento de sementes com o fungicida, priorizar produtos ou combinações de produtos que sejam menos tóxicas (HUNGRIA et al., 2001).

Uma das opções de fungicida para o tratamento das sementes é a molécula triadimenol (triazól) que proporciona bons resultados fitossanitários em plantas de trigo (PICININI; FERNANDES, 2003; GARCIA JUNIOR et al., 2008). Porém, pode prejudicar o desenvolvimento inicial de plântulas (ULGUIM et al., 2013; RAMPIM et al., 2012; BARROS; FURLAN, 2008; GARCIA JÚNIOR et al., 2008).

Considerando o efeito promotor de crescimento do *Azospirillum* e que substâncias produzidas por rizobactérias melhoram o desenvolvimento radicular e, posteriormente, aumentam a absorção de nutrientes pelas plantas de trigo (DOBBELAERE et al. 2001; ALI et al., 2002), a inoculação pode ser uma alternativa para promover um melhor crescimento das plântulas que foram tratadas como produtos químicos. Melhorias podem estar associadas à produção de fitormônios por essas bactérias, principalmente as auxinas, dos quais, o principal é o ácido indolacético (AIA) (TSAVKELOVA et al., 2006). As auxinas são os principais hormônios que regulam o crescimento vegetal, sendo fundamental para o alongamento celular, regulação da dominância apical, promover a formação de raízes laterais e adventícias, retardar o início da abscisão foliar, coordenar o fototropismo e geotropismo, dentre outros (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A inoculação apresenta benefícios no desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo, sem nenhum tratamento químico das sementes. Porém, os resultados são variáveis para diferentes cultivares e estirpes inoculadas, sendo difícil gerar uma indicação para cada material (DARTORA et al., 2013a). A interação entre o tratamento de sementes com o fungicida carboxina-tiram e o inseticida fipronil, e a inoculação com *Azospirillum brasilense*, não teve nenhum efeito observado sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo (DARTORA et al., 2013b).

Porém, fungicidas a base de triadimenol, apesar de apresentarem boa eficiência no controle de patógenos, tem apresentado efeitos prejudiciais, como redução da velocidade de emergência, da estatura de plântulas (GARCIA JUNIR et al., 2008; SOUZA et al., 2011), redução do comprimento do coleóptilo e mesocótilo (CAVARINI, et al., 1994; SILVA et al., 1993) indicando que existe fitotoxicidade no crescimento inicial das plantas tratadas (GOULART, 1988).

Frente a isto, o estudo tem por objetivo avaliar a influência da inoculação e sua interação com o tratamento de sementes na germinação, vigor e crescimento inicial de cultivares de trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, durante o mês de julho de 2013. Conduziu-se o experimento no delineamento inteiramente casualizado, em um trifatorial (4x4x2), sendo representado pelas combinações dos fatores cultivar, tratamento de sementes e inoculação de *Azospirillum brasilense*, totalizando 32 combinações com quatro repetições cada.

As quatro cultivares utilizadas foram FUNDACEP Bravo, OR/TBIO Quartzo, TBIO Itaipu e BRS 331. Os diferentes tratamentos de sementes foram: 1- Inseticida (imidacloprido + tiodicarbe) + Fungicida (triadimenol); 2- Inseticida (imidacloprido + tiodicarbe); 3- Fungicida (triadimenol); 4- Testemunha sem tratamento. A dose utilizada para o inseticida foi de 250 mL por 100 kg de semente e para o fungicida de 270 mL por 100 kg de semente. Para o fator inoculação, se procedeu com a inoculação ou não das sementes. Para as inoculadas, utilizou-se 2,5 mL de inoculante líquido por kg de semente. O inoculante é composto por uma cultura de bactérias *Azospirillum brasilense*, das estirpes AbV5 e AbV6, numa concentração de $2,0 \times 10^8$ UFC mL⁻¹. Essa inoculação ocorreu momentos antes da aplicação dos testes, para que a bactéria não perdesse sua viabilidade.

Após a aplicação dos tratamentos, as sementes foram submetidas às determinações de emergência, primeira contagem, germinação, comprimento de

plântulas (raiz, parte aérea e total), massa seca (raiz e parte aérea). A emergência de plântulas foi determinada em área anexa ao laboratório, em canteiros de 1 metro de largura contendo solo. Para cada tratamento distribuiu-se 50 sementes em cada linha de 1 metro, com espaçamento entre fileiras de 5 cm e 1 cm de profundidade. Foi realizada a contagem das plântulas emergidas aos 14 dias após da semeadura (DAS), determinando-se a emergência final.

Para os testes de primeira contagem e germinação as unidades experimentais foram constituídas por 50 sementes distribuídas equidistantes em três folhas de papel germiteste umedecidos com água destilada a 2,5 vezes a massa do papel seco. Após a deposição das sementes nas folhas de papel, elas foram embrulhadas na forma de rolos, colocadas em sacos plásticos para reduzir a perda de água e então foram acondicionadas verticalmente em germinador tipo Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.), regulado a temperatura de 25°C e fotoperíodo constante. O teste de primeira contagem foi realizado no quarto dia após a semeadura, e as plantas germinadas foram retiradas do papel e descartadas. Os rolos foram colocados novamente no germinador e permaneceram por mais quatro dias, e após este período, foi realizada uma nova contagem. A germinação foi realizada somando o número de plantas germinadas no quarto e oitavo dia após a semeadura (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Para os testes de comprimento de raiz, parte aérea e comprimento total das plântulas as unidades experimentais foram formadas por vinte sementes distribuídas de forma equidistante sobre papel germiteste umedecido com 2,5 vezes a massa do papel seco, e então enrolados e acondicionados em germinador tipo B.O.D. regulado a temperatura de 25 °C e fotoperíodo constante. Após sete dias, as amostras foram retiradas do germinador, e aleatoriamente, se retirou dez plântulas normais para fazer a medição do comprimento da raiz e da parte aérea, com auxílio de uma régua (BRASIL, 2009). Após a medição, as plântulas foram colocadas em sacos de papel e mantidas em estufa regulada a 60° C por 48 horas. Após serem retirados da estufa foram colocados em dessecador, por quinze minutos para a estabilização da massa, e então determinou-se a fitomassa seca em balança analítica de precisão.

Os dados experimentais foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático. A análise de variância foi realizada pelo teste F ($p \leq 0,05$) em que posteriormente as variáveis que obtiveram significância foram desdobradas para o estudo da interação ou de efeitos principais pelo teste de Skott-Knott ($p \leq 0,05$). O software utilizado para as análises foi o Sisvar (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das variáveis analisadas todas apresentaram interações significativas ($p < 0,05$) (triplas ou duplas) entre os fatores cultivar, tratamento químico de sementes e inoculação com *Azospirillum brasilense*, com exceção apenas da germinação, na qual foi verificado apenas significância nos efeitos principais das fontes de variação cultivar e tratamento de sementes.

As cultivares apresentaram diferenças significativas entre si para todas as variáveis analisadas. Diferenças essas associadas à qualidade fisiológica de cada material, sendo a germinação mínima garantida pelo multiplicador das sementes de 91% para a cultivar FUNDACEP Bravo e 80% para as demais cultivares utilizadas no experimento.

A emergência de plântulas em canteiro, avaliada aos 14 DAS (Tabela 1) apresentou interação tripla significativa entre os fatores. Essa variável simula uma situação real de campo onde há interferência de fatores edafoclimáticos, como profundidade de semeadura (MODOLO et al., 2010 e PACHECO et al., 2009), disponibilidade de água, resistência à penetração das raízes, compactação do solo sobre a semente (MODOLO et al., 2008), temperatura, umidade, aeração (NABI et al., 2000), que são controlados quando se analisa a germinação em laboratório.

Para o fator inoculação, apenas diferenças significativas na cultivar TBIO Itaipu, sendo que com a presença do inoculante houve uma redução da emergência nos tratamentos com fungicida + inseticida e sem tratamento de sementes. Esses resultados discordam dos obtidos por Dartora et al. (2013b) e Rampim et al. (2012) que não encontraram diferenças significativas de

germinação em sementes tratadas quimicamente ou não, e inoculadas com *A. brasilense*.

Na Tabela 1, verifica-se a contribuição do fungicida na redução da emergência das plântulas nas cultivares FUNDACEP Bravo e TBIO Itaipu, com inoculante e na cultivar FUNDACEP Bravo sem inoculação de *Azospirillum*. O triadimenol, apresenta toxidez às plântulas, causando redução da emergência (GARCIA JÚNIOR et al., 2008) redução de colmos por parcela aos 25 dias após a semeadura, bem como a redução do comprimento do coleótilo e mesocótilo (SILVA et al., 1993). Essa redução do número de colmos pode ser devido a redução do comprimento do mesocótilo, causado pelo atrofiamento deste órgão pelo tratamento com o triadimenol (FORCELINI, 1991).

Tabela 1 – Emergência de plântulas em canteiros das diferentes cultivares de trigo, com e sem inoculante, nos diferentes tratamentos de semente (TS). UFSM, Santa Maria, 2013.

Inoculante	TS	FUNDACEP Bravo	OR/TBIO Quartzo	TBIO Itaipu	BRS 331	Média
Com	Fung. + Inset.	65,0 b B α *	74,5 a A α **	52,0 b C β	83,0 a A α	68,62
	Inseticida	79,0 a A α	78,0 a A α	76,5 a A α	88,0 a A α	80,38
	Fungicida	62,5 b B α	68,5 a B α	77,0 a A α	77,0 a A α	71,25
	Sem TS	67,5 b B α	71,0 a B α	69,0 a B β	91,0 a A α	74,62
Sem	Fung. + Inset.	67,0 b A α	74,0 a A α	73,5 a A α	80,5 a A α	73,75
	Inseticida	73,0 a A α	79,0 a A α	76,5 a A α	87,0 a A α	78,87
	Fungicida	61,0 b B α	67,0 a B α	69,0 a B α	87,0 a A α	72,87
	Sem TS	77,5 a A α	73,5 a A α	80,5 a A α	81,5 a A α	78,25

CV: 10,56 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação do tratamento de sementes dentro de cada nível de inoculação e cultivar analisadas. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das cultivares dentro de cada nível de tratamento de sementes e inoculação. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de tratamento de sementes e cultivar.

A aplicação de *A. brasilense* apresentou interação apenas com a cultivar Itaipu para a primeira contagem da germinação (Tabela 2), apresentando redução do vigor nos tratamento de sementes composto pela mistura de inseticida e fungicida e na testemunha sem tratamento. Esse teste é baseado no princípio de que sementes que possuem maior velocidade de germinação são mais vigorosas (OLIVEIRA et al., 2009), e proporcionam rápido e uniforme estabelecimento da

população adequada de plantas no campo (HÖFS et al., 2004). Na cultura do arroz, o vigor das sementes não foi influenciado pela inoculação (ARAÚJO et al., 2010).

Essa baixa influência na inoculação no vigor das sementes pode estar associada ao fato de que no momento da avaliação (4 DAS), a plântula está sendo nutrida pelas reservas da semente, sendo portanto, mais dependente da quantidade de reservas acumuladas pela planta mãe. Plantas que foram inoculadas geram sementes mais vigorosas (BRZEZINSKI et al., 2014). Também, neste momento, a bactéria possa estar colonizando a radícula, não apresentando benefícios ainda.

As parcelas que receberam o fungicida apresentaram uma significativa redução na porcentagem de plântulas germinadas na primeira contagem. A molécula triadimenol apresenta como conseqüências a redução da velocidade e emergência (SOUZA et al., 2011; GARCIA JUNIOR et al., 2008) e inibe o desenvolvimento do mesocótilo ou entrenó subcoronal, apresentando características reguladoras de crescimento (CAVARINI et al., 1994). Para este mesmo autor, o triadimenol, em doses adequadas, permite a inibição quase total do mesocótilo, sem outros efeitos para as plântulas de trigo.

Para variável germinação não ocorreu interações entre os fatores testados (cultivar, tratamento de sementes e inoculação) (Tabela 2). A melhor média de germinação entre as cultivares foi a da BRS 331, com 85,06 % de plantas germinadas, sendo superior ao teste de germinação do multiplicador da semente. As menores médias foram das cultivares FUNDACEP Bravo (74,31%) e TBIO Itaipú (75,69%). Diferenças estas consideradas normais entre cultivares, tendo em vista que possuem base genética e origens distintas. A deteriorização das sementes causado por atrasos na colheita, excesso de chuvas ou secagem e armazenamento inadequados, reduzem a germinação e vigor das sementes, que geram plântulas mais fracas e com menor potencial (HÖFS et al., 2004). Porém, o teste de germinação, avaliado em condições controladas de temperatura, umidade, luminosidade e substrato podem não detectar estágios avançados de deterioração das sementes (LARRÉ, et al., 2009)

Quanto ao tratamento de sementes, a não aplicação de nenhum produto apresentou o maior percentual de germinação (84,19%), seguido do que recebeu

apenas inseticida, e os que receberam fungicida foram os que apresentaram menor número de plantas emergidas (Tabela 2). A germinação das plantas que receberam triadimenol ficou abaixo dos padrões mínimos exigidos quanto a comercialização da semente, que é de 80 % (MAPA, 2005), necessitando uma maior densidade de semeadura nestes tratamentos, para se manter um bom estande de plantas na lavoura. Esses dados discordam com Cavarini et al. (1994) e Ulguim et al. (2013), que não observaram diferenças na germinação quando tratadas com triadimenol.

Tabela 2 – Primeira contagem de plântulas das diferentes cultivares de trigo, com e sem inoculante, nos diferentes tratamentos de semente (TS). Germinação de plântulas para as diferentes cultivares e para os diferentes TS. UFSM, Santa Maria, 2013.

Primeira contagem (%)						
Inoculante	TS	FUNDA CEP Bravo	OR/TBIO Quartzo	TBIO Itaipu	BRS 331	Média
Com	Fung. + Inset.	31,5 b A α *	20,5 c B α **	9,00 c B β	43,5 b A α	20,90
	Inseticida	57,5 a A α	54,5 b A α	61,0 a A α	72,5 a A α	61,37
	Fungicida	41,0 b A α	50,5 b A α	39,0 b A α	52,0 b A α	45,62
	Sem TS	71,0 a A α	77,5 a A α	54,5 a B β	78,5 a A α	70,37
Sem	Fung. + Inset.	37,0 b A α	36,0 c A α	25,0 c A α	35,5 c A α	33,37
	Inseticida	60,5 a B α	56,5 b B α	50,5 b B α	76,5 a A α	61,00
	Fungicida	51,0 a A α	41,5 c A α	54,0 b A α	56,5 b A α	50,75
	Sem TS	57,0 a B α	75,5 a A α	82,0 a A α	83,5 a A α	74,50
Germinação (%)		74,31 C	78,87 B	75,69 C	85,06 A	78,48
Tratamento de sementes						
Germinação (%)	Fung. + Inset.	Inseticida	Fungicida	Sem TS	Média	
	75,87 C	79,12 B	74,75 C	84,19 A	78,48	

CV: 20,01 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação do tratamento de sementes dentro de cada nível de inoculação e cultivar analisadas. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das cultivares dentro de cada nível de tratamento de sementes e inoculação, na variável primeira contagem, e os efeitos principais de cultivar e TS na variável germinação. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de tratamento de sementes e cultivar.

A inoculação não se mostrou eficiente em melhorar a germinação, sendo que a média foi de 78,19% e 78,78% com e sem inoculante, respectivamente.

Esses dados concordam com Dartora et al., (2013b), que não observaram diferenças significativas quanto à inoculação de *A. brasilense*. Porém, Bertoncetti (2014) encontrou redução na germinação para a cultivar de trigo TEC 10 quando inoculada. Nota-se, que as respostas aos inoculantes estão intimamente ligados às cultivares utilizadas, que exerce efeitos diferenciais na colonização por estas bactérias, havendo uma especificidade entre genótipo e bactéria, o que pode ser devido à composição química dos exudatos liberados pelas plantas (BIANCHET et al., 2013; BERGAMASCHI, 2007).

O comprimento da parte aérea foi influenciado pela inoculação, sendo que somente nas cultivares OR/TBIO Quartzo (sem tratamento de sementes e inseticida) e na cultivar TBIO Itaipu (inseticida + fungicida) houve uma redução do comprimento da parte aérea (Tabela 3). O comprimento radicular também foi reduzido em alguns tratamentos pela presença do inoculante, porém não os mesmos onde foi observada a redução da parte aérea. Para o comprimento total, o efeito principal da inoculação também se mostrou prejudicial às plantas. Redução na altura de plantas de arroz quando inoculadas foi observado por Kuss et al., (2008). As raízes são sensíveis à alta concentração de auxinas, que pode causar efeito oposto ao desejado, pois o hormônio liberado em altas quantidades pode provocar efeitos negativos de crescimento das plantas (BIANCHET et al., 2013; TAIZ; ZIEGER, 2013).

O ácido indolacético (AIA), principal auxina, é fundamental em vários processos do crescimento vegetal, como alongamento celular, regulação da dominância apical, formação de raízes laterais e adventícias, coordenar o fototropismo e geotropismo, dentre outros (TAIZ; ZEIGER, 2013). Em pequenas doses de AIA há um aumento do comprimento radicular, mas a medida que se aumenta a concentração, ocorre uma redução do comprimento da raiz (EL-KHAWAS; ADACHI, 1999).

Tabela 3 – Comprimento de parte aérea, de raiz e total das cultivares avaliadas com tratamento químico de semente (TS) e inoculação. UFSM, Santa Maria, 2013.

Inoculante	TS	FUNDACEP Bravo	OR/TBIO Quartzo	TBIO Itaipu	BRS 331	Média
Comprimento Parte Aérea (cm)						
Com	Fung. + Inset.	5,7 b A α^*	5,4 b A α^{**}	4,9 c A β	5,8 c A α	5,4
	Inseticida	9,8 a C α	10,6 a B β	11,3 a A α	10,5 b B α	10,5
	Fungicida	5,9 b A α	5,2 b B α	6,1 b A α	5,8 c A α	5,7
	Sem TS	9,5 a B α	10,1 a B β	11,0 a A α	11,2 a A α	10,5
Sem	Fung. + Inset.	6,0 b A α	5,7 c A α	5,8 b A α	5,4 b A α	5,7
	Inseticida	10,0 a B α	11,5 b A α	10,3 a B α	10,4 a B α	10,5
	Fungicida	6,2 b A α	5,1 c B α	6,3 b A α	5,8 b A α	5,8
	Sem TS	9,3 a C α	12,5 a A α	10,8 a B α	11,0 a B α	10,9
Comprimento de Raiz (cm)						
Com	Fung. + Inset.	9,5 d A β	7,7 c B β	7,3 d B α	9,4 c A α	8,5
	Inseticida	12,8 b A α	10,4 b B α	10,6 b B α	11,4 b B β	11,3
	Fungicida	11,3 c A α	8,0 c B α	9,5 c B α	10,7 b A α	9,8
	Sem TS	15,0 a A β	13,3 a B α	12,4 a B α	13,8 a B β	13,6
Sem	Fung. + Inset.	11,8 c A α	9,5 b B α	8,2 c B α	9,0 d B α	9,7
	Inseticida	13,9 b A α	11,8 a B α	10,1 b C α	13,1 b A α	12,2
	Fungicida	11,7 c A α	8,2 b B α	9,4 b B α	10,9 c A α	10,1
	Sem TS	17,4 a A α	12,9 a B α	12,7 a B α	16,2 a A α	14,8
Comprimento Total (cm)						
Fung. + Inset.		16,5 c A	14,1 c B	13,1 d C	14,8 d B	14,6
Inseticida		23,2 b A	22,2 b B	21,3 b B	22,7 b A	22,3
Fungicida		17,5 c A	13,2 c C	15,6 c B	16,6 c A	15,7
Sem TS		25,7 a A	24,4 a B	23,5 a B	26,1 a A	24,9
Inoculação						
Comprimento total (cm)		Com Inoculante			Sem Inoculante	
		18,9 B			19,9 A	

CV comprimento parte aérea: 6,13 %; CV comprimento raiz: 9,4 %; CV comprimento total: 6,91 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação do tratamento de sementes dentro de cada nível de inoculação e cultivar analisadas Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das cultivares dentro de cada nível de tratamento de sementes e inoculação, nas variáveis comprimento de parte aérea e raiz, e a interação das cultivares dentro de cada nível de TS e efeito principal de inoculação para o comprimento total. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de tratamento de sementes e cultivar.

O tratamento de sementes possui grande interferência no comprimento de parte aérea, radicular e total das plântulas, sendo a presença do fungicida o gerador das menores medidas. Fungicidas com princípio ativo triadimenol apresentam efeito negativo na altura de plântulas (MORAES et al., 1997; GARCIA JÚNIOR, 2008) e no comprimento do hipocótilo (RAMPIM et al., 2012), indicando que possa haver um efeito fitotóxico do tratamento de sementes às plântulas de trigo (GOULART, 1988). Em contrapartida quando se avaliou o diâmetro de hipocótilo os tratamentos que continham triadimenol proporcionaram os maiores valores, sendo superior a testemunha em todas as cultivares, mostrando que o produto reduz o comprimento e acarreta em incrementos no diâmetro do hipocótilo (RAMPIM et al., 2012). Esse efeitos podem ser positivos para reduzir os efeitos do acamamento (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

A produção de massa seca de parte aérea (Tabela 4) apresentou interação entre cultivares e tratamento de sementes e entre cultivares e inoculante. Verificase que a cultivar BRS 331 foi a que apresentou maior acúmulo de massa seca. Cada cultivar apresenta características distintas, mas neste caso podemos associar este resultado com a velocidade de crescimento, pois dentre as quatro cultivares, a BRS 331 apresenta o menor ciclo (125 a 130 dias) e conseqüentemente, mais rápido acúmulo de biomassa, comparada aos demais genótipos estudados. Souza et al. (2014) não observou aumento da matéria seca de parte aérea de plantas de milho quando inoculadas.

O tratamento de sementes seguiu o mesmo comportamento observado nas variáveis de comprimento de parte aérea, raiz e total, onde houve interferência do tratamento com triadimenol, e conseqüente redução da massa seca da parte aérea pelo efeito fitotóxico do produto. A inoculação se mostrou favorável para esta variável, pois apresentou aumentos de massa seca nas cultivares FUNDACEP Bravo, TBIO Itaipu e BRS 331 (Tabela 4). Rampim et al., (2012) encontrou incrementos de massa seca de plântulas pela inoculação de *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6) na cultivar de trigo CD-116, atribuindo esse efeito à capacidade que a bactéria tem de estimular o desenvolvimento radicular, aumentando a absorção de água e nutrientes pelas raízes, podendo favorecer também o equilíbrio hormonal da planta. Para a cultivar OR/TBIO Quartzo, a inoculação reduziu a massa seca das plântulas. Esse efeito

também foi observado por Kuss et al. (2008), que observaram efeito positivo da inoculação na massa seca de plântulas de arroz em apenas uma cultivar, atribuindo esse efeito a eficiência da associação planta-bactéria.

Tabela 4 – Massa seca da parte aérea de plântulas para as diferentes cultivares nos diferentes TS, bem como com e sem inoculação. UFSM, Santa Maria, 2013.

	FUNDACEP	OR/TBIO	TBIO	BRS	Média
	Bravo	Quartzo	Itaipu	331	
TS	Massa seca Parte aérea (g)				
Fung. + Inset.	5,2 b A *	4,8 c A **	4,9 b A	5,1 c A	5,0
Inseticida	6,6 a B	7,1 b B	7,7 a A	8,1 a A	7,3
Fungicida	5,2 b A	4,7 c B	5,5 b A	6,1 b A	5,4
Sem TS	6,2 a C	7,8 a B	7,8 a B	8,7 a A	7,6
	Massa seca Parte aérea (g)				
Com Inoculante	6,4 a B	5,8 b C	7,0 a A	7,2 a A	6,6
Sem Inoculante	5,7 b B	6,4 a A	6,3 b A	6,7 b A	6,3

CV: 9,93 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação do tratamento de sementes dentro de cada cultivar analisadas e a interação do inoculante dentro de cada cultivar. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das cultivares dentro de cada nível de tratamento de sementes ou inoculação.

Na tabela 5, estão apresentadas as interações triplas para a variável massa seca de raiz das plântulas de trigo. As maiores médias foram observadas para a cultivar BRS 331, seguindo o mesmo comportamento da massa seca da parte aérea. A inoculação apresentou efeito apenas nas cultivares OR/ TBIO Quartzo e TBIO Itaipu, não se mostrando eficiente para aumentar a massa seca radicular, pois as diferenças encontradas foram muito pontuais, sendo que não são suficientes para poder explicar o comportamento da bactéria para esta variável. No entanto, a inoculação de *A. brasilense* proporciona efeito positivo sobre o crescimento inicial de plântulas de trigo (PEREYRA et al., 2009), necessitando ser mais estudada e compreendida.

A massa seca de raiz não foi afetada pelo tratamento de sementes, exceto para a cultivar OR/TBIO Quartzo sem inoculante. Verificou-se que para ambos os tratamentos químicos, houve redução da massa seca nesta cultivar (Tabela 5). Resultados contraditórios foram observados por Dartora et al. (2013b),

onde o tratamento químico das sementes apresentou aumentos significativos da massa seca de raízes na cultura do trigo.

Tabela 5 – Massa seca de raiz de plântulas das diferentes cultivares de trigo, com e sem inoculante, nos diferentes tratamentos de semente (TS). UFSM, Santa Maria, 2013.

Inoculante	TS	FUNDACEP	OR/TBIO	TBIO	BRS	Média
		Bravo	Quartzo	Itaipu	331	
Massa seca Raíz (g)						
Com	Fung. + Inset.	5,8 a A α *	5,6 a A α *	4,6 b B β	6,5 a A α	5,6
	Inseticida	5,8 a B α	5,1 a B α	6,6 a A α	6,2 a A α	5,9
	Fungicida	6,7 a A α	5,7 a A α	6,2 a A α	6,3 a A α	4,7
	Sem TS	5,8 a A α	5,1 a B β	6,1 a A α	6,3 a A α	5,8
Sem	Fung. + Inset.	6,1 a A α	5,2 b A α	5,9 a A α	6,2 a A α	5,8
	Inseticida	6,2 a A α	5,4 b B α	5,2 a B β	6,4 a A α	5,8
	Fungicida	6,3 a A α	5,6 b A α	6,3 a A α	6,3 a A α	6,1
	Sem TS	5,4 a B α	7,1 a A α	5,6 a B α	5,8 a B α	6,0

CV:10,34 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação do tratamento de sementes dentro de cada nível de inoculação e cultivar analisadas. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das cultivares dentro de cada nível de tratamento de sementes e inoculação. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de tratamento de sementes e cultivar.

Apesar do comprimento de raiz ter apresentado reduções nos tratamentos que receberam o fungicida triadimenol, não foi observado esta tendência para a massa seca destas raízes. Talvez o produto possa ter causado uma interferência fisiológica e desencadeado um aumento do diâmetro ou do acúmulo de massa destas raízes.

CONCLUSÃO

A inoculação de *Azospirillum brasilense* mostrou efeito positivo para a variável massa seca de parte aérea, nas cultivares FUNDACEP Bravo, TBIO Itaipu e BRS 331, aos 7 DAS, não afetando as demais variáveis analisadas.

O tratamento de sementes com o fungicida triadimenol é prejudicial, reduzindo a emergência, primeira contagem, germinação, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, comprimento total e massa seca de parte aérea de plântulas de trigo.

O inseticida se mostrou prejudicial apenas para as variáveis comprimento de raiz e comprimento total das plântulas aos 7 DAS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, N. A.; DARWISH, S. D.; MANSOUR, S. M. Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* inoculation an anhydrous ammonia on root colonization, plant growth and yield of wheat plant under saline alkaline cognition. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, n.27, p.5575–5591, 2002.

ARAÚJO, A. E. S.; ROSSETO, C. A. V.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. Germinação e vigor de sementes de arroz inoculadas com bactérias diazotróficas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.4, p.932-939, 2010.

BARROS, B. C.; CASTRO, J. L.; PATRÍCIO, F. R. A. Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum*L.) ao controle químico das principais doenças fúngicas da cultura. **Summa Phytopathologica**, v.32, n.3, p.239-246, 2006.

BARROS, B.C.; FURLAN, S. H. Efeito do tratamento fungicida e da profundidade de semeadura no controle de *Bipolaris sorokiniana* em sementes e trigo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.75, n.4, p.499-505, 2008.

BERGAMASCHI, C.; ROESCH, L. F. W.; QUADROS, P. D.; CAMARGO, F. A. O. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.727-733, 2007.

BERTONCELLI, P. **Inoculação, manejo do nitrogênio e decomposição dos resíduos vegetais de cereais de inverno na produção de grãos e silagem de milho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

BIANCHET, P.; SANGOI, L.; KLAUBERG FILHO, O.; MIQUELLUTI, D. J.; FERREIRA, M. A.; VIEIRA, J. Formulação simples e mista de inoculantes com

bactérias diazotróficas, sob diferentes doses de nitrogênio na cultura do arroz irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.2555-2566, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 399p. 2009.

BRZEZINSKI, C. R.; ZUCARELI, C.; HENNING, F. A.; ABATI, J.; PRANDO, A. M.; HENNING, A. A. Nitrogênio e inoculação com *Azospirillum* na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 3, p. 257-265, 2014.

CAVARIANI, C.; VELINI, E.D.; BICUDO, S.J.; NAKAGAWA, J. Avaliação dos efeitos de doses de triadimenol e de tebuconazole sobre o crescimento do mesocótilo em plântulas de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.7, p.1035-1039, 1994.

DANELLI, A. D.; VIANA, E.; FIALOS, F. G. Fungos patogênicos detectados em sementes de trigo de ciclo precoce e médio, produzidas em três lugares do Rio Grande do Sul, Brasil. **Scientia Agropecuaria**, v.1, p.67-74, 2012.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; DENIELE MARINI; PINTO JÚNIOR, A. S.; CRUZ, L. M.; MENSCH, R. Influência do tratamento de sementes no desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal. Cândido Rondon, v. 12, n. 3, p.175-181, 2013b.

DARTORA, J.; MARINI, D.; GUIMARÃES, V. F.; PAULETTI, D. R.; SANDER, G. Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculadas com estirpes de *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*. **Global Science And Technology**, Rio Verde, v. 06, n. 03, p. 190-201, 2013a.

DÍAZ-ZORITA, M.; FERNÁNDEZ-CANIGIA, M.V. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. **European Journal of Soil Biology**, v. 45, n. 1, p. 3-11, 2009.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLERO-MELLADO, J.; AGUIRRE, J. F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Response of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, 28:871-879, 2001.

EL-KHAWAS, H.; ADACHI, K. Identification and quantification of auxins in culture media of *Azospirillum* and *klebsiella* and their effect on rice roots. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v. 28, n. 4, p. 377-381, 1999.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

FORCELINI, C. A. Trigo: a importância do tratamento de sementes. **Correio Agrícola**, V1, p. 1-5, 1991.

GARCIA JÚNIOR, D.; VECHIATO, M.H.; MENTEN, J.O.M. Efeito de fungicidas no controle de *Fusarium graminearum*, germinação, emergência e altura de plântulas em sementes de trigo. **Summa Phytopathologica**, v.34, n.1, p. 280-283, 2008.

GOULART, A.C.P. Eficiência de três fungicidas no tratamento de sementes de trigo (*Triticum aestivum*) visando o controle do fungo *Helminthosporium sativum* P.K. & B., em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Sementes**, v.10, n.1, p.55-61, 1988.

HÖFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 26, nº1, p.92-97, 2004.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, L. C. Fixação biológica de Nitrogênio na cultura da soja. Londrina: **Embrapa Soja**. 2001.

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

KUSS, A. V.; KUSS, V. V.; HOLTZ, K. E.; LOVATO, T. Inoculação de bactérias diazotróficas e desenvolvimento de plântulas de arroz irrigado em solo e câmara de crescimento. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.15, n.1, p. 90-102. 2008.

LARRÉ, C. F.; MORAES, D. M. DE; LOPES, N. F. Potencial fisiológico de dois lotes de sementes de arroz tratadas com 24-epibrassinólídeo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.4, p.27-35, 2009.

LOTICI, G. R.; GOMES, L. F. S. Qualidade da farinha de trigo em função dos diferentes inseticidas e dosagens via tratamento de sementes. **Revista cultivando o saber**. Cascavel, v.1, n.1, p.143-152, 2008.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DO ABASTECIMENTO, **Instrução normativa nº 25**, de 16 de dezembro de 2005.

MODOLO, A. J.; FERNANDES, A. C.; SCHAEFER, C. E. G.; SILVEIRA, J. C. M. Efeito da compactação do solo sobre a emergência de plântulas de soja em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.4, p.1259-1265, 2008.

MODOLO, A. J.; TROGELLO, E.; NUNES, A. L.; FERNANDES, H. C.; SILVEIRA, J. C. M, DAMBRÓS, M. P. Efeito de cargas aplicadas e profundidades de semeadura no desenvolvimento da cultura do feijão em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 739-745, 2010.

MORAES, M. H. D.; MENTEN, J. O. M.; ALMEIDA, R. R.; SOUZA, L. Efeito do tratamento químico na qualidade sanitária e fisiológica de sementes de trigo. Informativo **Abrates**, Brasília, v. 7, n. 1/2, p. 141, 1997. (Resumo)

NABI, G.; MULLINS, C. E.; MONTEMAYOR, M. B.; AKHTAR, M. S. Germination and emergence of irrigate cotton in Pakistan in relation to sowing depth and MHysical properties of the seedbed. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.59, n.2, p.33-44, 2000.

OLIVEIRA, A. C. S.; MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; VIEIRA, H. D. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Revista Científica Internacional**, v.2, p.1-21, n.4, 2009.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S.O.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Emergência e crescimento de plantas de cobertura em função da profundidade de semeadura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 305-314, 2009.

PEREYRA, M. A.; BALLESTEROS, F. M.; CREUS, C. M.; SUELDO, R. J.; BARASSI, C. A. Seedlings growth promotion by *Azospirillum brasilense* under normal and drought conditions remains unaltered in Tebuconazole-treated wheat seeds. **European Journal of Soil Biology**, Braunschweig, v.45, p.20-27, 2009.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M. C. Efeito do tratamento de sementes com fungicidas sobre o controle de doenças na parte aérea do trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, n.5, p.515-520, 2003.

RAMPIM, L.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; NACKE, J. K.; GUIMARÃES, V. F. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.4 p. 678 - 685, 2012.

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

SILVA, D. B.; CHARCHAR, M. J. D.; VIVALDI, L. J. Efeito do tratamento de sementes sobre a emergência de plântulas de trigo e de cevada em duas profundidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.28, n.3 p. 303 – 311, 1993.

SILVA, M.T.B. Inseticidas na proteção de sementes e plantas. **Seed News**, Pelotas, n.5 (maio/junho), p.26-27, 1998.

SOUZA, E. J.; MAGALHÃES, F. F.; ALVES, C. Z.; CÂNDIDO, A. C. S.; SILVA, T. R.; CUNHA, F. F. Inoculação de *Azospirillum brasilense* na qualidade fisiológica de sementes de milho doce. **Nucleus**, v.11, n.1, 2014.

SOUZA, M. F.; COELHO, R. I., PEREIRA JUNIOR, O. S., PAULUCIO, V. O., PEREIRA, E. O.; MARTINS, M. Q. Efeito do triadimenol sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e atividade microbiológica do solo. **IDESIA** (chile), volume 29, N° 2, 2011.

SOUZA, W. P.; SILVA, E. M. B.; SCHLICHTING, A. F.; SILVA, M. C. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.575–580, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED, 918 p. 2013.

TSAVKELOVA, E. A.; KLIMOVA, S. Y.; CHERDYNTSEVA, T. A.; NETRUSOV, A. I. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: a review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v.42, p.117-126, 2006.

ULGUIM, A. R.; AGOSTINETTO, D.; MARTINI, A. T; WESTENDORFF, N. R.; LANGARO, A. C. Características agronômicas do trigo em função do tratamento de sementes e épocas de aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 19, ns.1/2, p. 16-23, 2013.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v.25, n.2, p.331-339, 2007.

CAPITULO II - DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE TRIGO EM RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E DOSES DE NITROGÊNIO

Resumo - Na busca de elevações na produtividade da cultura do trigo, tem se destacado o manejo da adubação nitrogenada, tendo em vista que o nitrogênio é o elemento necessitado em maiores quantidade, possuindo relações diretas com os componentes do rendimento. Este elemento apresenta elevado custo e grande instabilidade no solo, sendo facilmente perdido pela lixiviação ou volatilização. Frente a isso, a inoculação de *Azospirillum brasilense* vem sendo utilizada para aumentar a produtividade e reduzir custos de produção em culturas não leguminosas. O objetivo do trabalho foi verificar a contribuição de *Azospirillum brasilense* para a fixação biológica de nitrogênio sobre os componentes de rendimento na cultura do trigo, com diferentes cultivares, manejos da adubação nitrogenada, locais, épocas de semeadura e anos de cultivo. Para isto, conduziram-se experimentos nos anos de 2013 e 2014, nos municípios de Santa Maria e Cruz Alta. O delineamento experimental utilizado foi o de Blocos Casualizados com três repetições por tratamento, distribuídos em um trifatorial (10x3x2) com os fatores cultivar, dose de nitrogênio e inoculação de *Azospirillum brasilense*. As variáveis resposta avaliadas foram plantas m⁻², afixos planta⁻¹, espigas m⁻², produtividade de grãos, massa de hectolitro e massa de 1000 grãos. A inoculação apresenta resposta positiva para a produtividade, massa do hectolitro e massa de 1000 grãos, porém apresenta comportamento distinto entre as cultivares, e ambientes. A adubação nitrogenada é importante para a melhoria nos componentes do rendimento do trigo, principalmente o rendimento de grãos, número de afixos planta⁻¹ e número de espigas m⁻².

Palavras chave: *Triticum aestivum*, fixação biológica de nitrogênio, inoculante, produtividade.

CHAPTER II - AGRONOMIC PERFORMANCE OF WHEAT CULTIVARS IN RESPONSE TO INOCULATION WITH *Azospirillum brasilense* AND NITROGEN DOSES

Abstract - In search of increases in wheat crop productivity, has stood the management of nitrogen fertilization, given that nitrogen is the element needed in larger quantity, having direct relationships with yield components. This element is expensive and very unstable soil and is easily lost by leaching or volatilization. Faced with this, the inoculation of *Azospirillum brasilense* has been used to increase productivity and reduce production costs in non-leguminous crops. The objective was to assess the contribution of *Azospirillum brasilense* for biological

nitrogen fixation on yield components in wheat crop, with different cultivars, management of nitrogen fertilization, local, sowing dates and years of cultivation. For this, experiments were conducted in the years 2013 and 2014 in Santa Maria and Cruz Alta cities. The experimental design was randomized blocks with three replicates per treatment, distributed in a three-factor (10x3x2) with the factors cultivar, nitrogen dose and inoculation *Azospirillum brasilense*. The variables evaluated response were plants m^{-2} , tillers $plant^{-1}$, ears m^{-2} , grain yield, hectolitre mass and weight of 1000 grains. Inoculation has positive response to productivity, hectoliter mass and the 1000 grains, but presents distinct behavior among cultivars and environments. Nitrogen fertilization is important to improve the components of wheat yield, particularly grain yield, number tiller $plant^{-1}$ and the number of ears m^{-2} .

Keywords: *Triticum aestivum*, biological nitrogen fixation, inoculant, productivity.

INTRODUÇÃO

A ampliação da competitividade no mercado mundial de trigo passa obrigatoriamente pela elevação dos patamares de produtividade, buscando tecnologias que proporcionem incrementos de produção com custos ajustados. A produtividade da cultura no Brasil é baixa, atingindo apenas 2859 kg ha^{-1} em 2014 (CONAB, 2014). Essa produção é definida em função da cultivar, insumos utilizados e do manejo adotado (ZAGONEL et al., 2002). Dentre os fatores limitantes para a cultura, pode-se destacar a adubação nitrogenada.

O nitrogênio (N) é um dos elementos necessitados em maior quantidade pela cultura do trigo (DA ROS et al., 2003) e o que mais limita sua produtividade (WIETHÖLTER, 2011). Possui uma influência direta nos componentes do rendimento, como o número e tamanho de espigas e massa de grãos (MUNDOSCK, 2005), determina o número de afilhos e também é essencial na fase de formação dos nós e no início do alongamento do colmo (SALA et al., 2005). Seu fornecimento é de grande importância nos períodos em que o potencial de rendimento está sendo estabelecido (BRAZ et al., 2006), sendo a maior demanda no período compreendido entre a emergência e o final do afilhamento (MUNDSTOCK; BREDEMEIER, 2001).

O manejo da adubação nitrogenada é dificultado na prática, devido a alta instabilidade do N no solo. Está sujeito a perdas, em média, de 50%

(DOBBELAERE et al., 2002) pelos processos de volatilização da amônia e lixiviação do nitrato (TEIXEIRA FILHO et al., 2010). Essas perdas são acentuadas em condições de deficiência hídrica (amônia) e excesso hídrico (nitrato), sendo esse último, potencial poluidor das fontes de águas subterrâneas, quando lixiviado (SPIERTZ, 2010).

Uma alternativa para se reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados, aumentar a produtividade e reduzir custos é a utilização de bactérias promotoras do crescimento, que fixam nitrogênio atmosférico (N_2) em plantas não leguminosas (HUNGRIA et al., 2010). Dentre elas, pode-se destacar a bactéria *Azospirillum brasilense*, que tem sido alternativa para aumentar a produção de grãos de muitos cereais no campo em até 30%, e ainda maiores em condições controladas (BASHAN; HOGUIN, 1997).

O *Azospirillum brasilense* promove o crescimento e o acúmulo de N em plantas de trigo (SALA et al., 2005) e aumentos de produção (HUNGRIA et al., 2010; DÍAZ-ZORITA et al., 2009; SALA et al., 2007; DIDONET et al., 2000). Os benefícios causados por essas bactérias podem ser devidos à produção de fitormônios e não somente à fixação biológica do N_2 (FBN). Os principais fitormônios sintetizados por essas bactérias são as auxinas, dos quais, o principal é o ácido indolacético (AIA) (TSAVKELOVA et al., 2006).

Apesar de se observar benefícios da inoculação, ainda se carece de trabalhos que expliquem os fatores envolvidos no processo de fixação, principalmente as interações planta e *Azospirillum*. Essa relação é complexa e interdependente, envolvendo não apenas a planta e a bactéria, mas outros fatores bióticos e abióticos da região da rizosfera, como composição de exudato da raiz, propriedades da estirpe bacteriana, condições do solo e atividades de outros microorganismos do solo (DUTTA; PODILE, 2010). Deve-se levar em conta que pode haver interação da bactéria com cada genótipo da cultura, tipo de solo, tratamento químico de sementes (HOLGUIN et al., 1999).

O objetivo do trabalho foi verificar a contribuição de *Azospirillum brasilense* para a fixação biológica de nitrogênio sobre os componentes de rendimento na cultura do trigo, com diferentes cultivares, manejos da adubação nitrogenada, locais, épocas de semeadura e anos de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nos anos de 2013 e 2014, em Santa Maria e Cruz Alta - RS. As coordenadas geográficas do primeiro local são 29°43'02.93"S e 53°44'00.10"O com 119 metros de elevação e no segundo local 28°26'14.06"S e 53°40'26.90"O com 426 metros de elevação. As áreas possuem clima tipo "Cfa", subtropical úmido, com temperatura média anual de 19,3 e 18,9°C e precipitação de 1688 e 1736mm em Santa Maria e Cruz Alta, respectivamente (MORENO, 1961). O solo da área de Santa Maria é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico, e o de Cruz alta, como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA 2006).

O delineamento experimental utilizado foi o de Blocos Casualizados com três repetições por tratamento, distribuídos em um trifatorial (10x3x2) com os fatores cultivar, dose de N e inoculação de *Azospirillum brasilense*. O experimento resultou em 60 combinações, compostas por 10 cultivares de trigo (TBIO Itaipu, FUNDACEP Bravo, TBIO Pioneiro 2010, TEC Frontale, BRS 331, OR/TBIO Quartzo, TEC 07-244, TEC Vigore, TEC 10 e BRS 327), com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense*, e submetidas a três doses de nitrogênio em cobertura (0, 50 e 100 kg N ha⁻¹). Todo o experimento foi repetido em duas épocas distintas de semeadura, e dois anos consecutivos (2013 e 2014). A área de cada unidade experimental foi de 6 m².

A semeadura ocorreu sob área de pousio de verão em Santa Maria, e cultivada com soja em Cruz Alta. Antecedendo a semeadura (15 a 20 dias), as áreas foram dessecadas com herbicida sistêmico não seletivo, Glifosato (Roundup original) na dose de 3,5 L ha⁻¹, e Metsulfuron-metílico (Nufuron) na dose de 6,0 g ha⁻¹. As sementes foram tratadas com o inseticida Cropstar (imidacloprido + tiodicarbe) na dose de 250 mL por 100 kg de semente e com o fungicida Baytan FS (triadimenol) na dose de 270 mL por 100 kg de semente. A inoculação foi realizada momentos antes da semeadura com 5 mL kg⁻¹ de semente de inoculante líquido composto por uma cultura de bactérias *Azospirillum brasilense*, das estirpes Ab-V5 e Ab-V6, na concentração de 2,0 x 10⁸ UFC mL⁻¹.

A semeadura em Santa Maria foi realizada nos dias 06 de junho e 03 de julho no ano 2013, e 11 de junho e 14 de julho para 2014, na primeira e segunda

época, respectivamente. Em Cruz Alta, ocorreu nos dias 24 de maio e 01 de julho no ano de 2013, e 12 de junho e 15 de julho em 2014 para a primeira e segunda época, respectivamente. Para isso, se utilizou uma semeadora adubadora, previamente regulada para distribuir 300 a 330 sementes por m^2 com espaçamento entre fileiras de 0,2 metros, e 300 kg ha^{-1} de fertilizante da fórmula comercial 00-20-20, conforme necessidade prevista pela análise de solo.

A adubação nitrogenada em cobertura, para os tratamentos com 50 e 100 kg de N ha^{-1} foi dividida em duas parcelas, sendo a primeira aplicação quando a cultura iniciou a fase de início afilhamento (aproximadamente 35 dias após a semeadura (DAS)), e a segunda, aplicada na fase de alongação (aproximadamente 50 DAS). O fertilizante nitrogenado utilizado foi ureia (46 % de N), e as aplicações foram realizadas de forma manual, em superfície. O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado sempre que necessário para evitar competições e danos á cultura, seguindo as indicações técnicas para a cultura do trigo (REUNIÃO, 2014).

Após a maturação fisiológica da cultura, e quando a umidade estava aproximada aos 17%, se realizou a colheita. Em Santa Maria, a área útil colhida foi de $3,2 \text{ m}^2$ com auxílio de uma moto segadora, e em seguida, foram trilhadas em uma trilhadora elétrica e limpas em um classificador de sementes. Em Cruz Alta, colheu-se uma área de 3 m^2 através de uma colhedora de parcelas.

As variáveis avaliadas durante o ciclo da cultura foram emergência (plantas m^{-2}), afilhamento (afilhos planta^{-1}), espigamento (espigas m^{-2}), através de contagens de um metro linear em cada unidade experimental. Com a colheita das parcelas foram determinadas a produtividade de grãos (Kg ha^{-1} a 13% de umidade), massa de hectolitro e massa de 1000 grãos. A massa do hectolitro (MH) foi determinada em balança hectolétrica (BRASIL, 2009).

Os dados experimentais foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático. A análise de variância foi realizada pelo teste F ($p \leq 0,05$) em que posteriormente as variáveis que obtiveram significância foram desdobradas para o estudo da interação ou de efeitos principais pelo teste de Skott-Knott ($p \leq 0,05$). O software utilizado para as análises foi o Sisvar (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Santa Maria

A população de plantas emergidas está apresentada na tabela 1, podendo se destacar que existem diferenças significativas entre os genótipos, independente da inoculação ou não das sementes. Diferenças entre genótipos foram observadas para todas as variáveis neste trabalho. É pertinente se fazer uma discussão sobre a variabilidade de respostas obtidas quando se trabalha com diferentes genótipos, principalmente quanto à inoculação de *Azospirillum brasilense*.

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

A população de plantas emergidas está abaixo do indicado pelas recomendações técnicas, que é de 300 a 330 plantas m⁻², devido a dificuldade de se obter uma condição ótima de umidade do solo no momento da semeadura, e principalmente na segunda época de 2014, ocorreu um período de intensas precipitações no mês de julho, logo após a semeadura (Anexo 1).

O trigo possui dentre as suas características a capacidade compensatória dada pelo afilhamento (ZAGONEL et al., 2002), que é influenciado por diversos fatores (VALÉRIO et al., 2009). A densidade de semeadura é um dos fatores mais importantes para estimular o afilhamento. O trigo é capaz de compensar linearmente a falta de plantas pelo estímulo do afilhamento, não interferindo no rendimento de grãos (GROSS et al., 2009) para a maioria das cultivares estudadas (BARBIERI et al., 2013).

A inoculação apresentou efeito significativos na emergência de plântulas, sendo positivo para algumas cultivares e negativo para outras na primeira época

de ambos os anos, porém, na segunda época, se mostrou prejudicial para algumas cultivares em 2013, apresentando um menor número de plantas emergidas. Em 2014, o efeito principal da inoculação na época 2 de 2014 foi significativo, sendo observado um efeito negativo, com 190,72 e 160,89 plantas m^{-2} , quando não inoculadas e inoculadas, respectivamente. A resposta da inoculação para apenas algumas cultivares é resultante de características peculiares de cada genótipo. Uma das variáveis que contribui para a complexidade das respostas à inoculação é a interação do genótipo da planta e a estirpe inoculada (LEMOS et al., 2013). Esse resultado se faz importante para o planejamento da implantação de uma lavoura de trigo, para que se possam ter opções de escolha de materiais mais responsivos às tecnologias que se pretende utilizar no campo.

Tabela 1 – Número de plantas emergidas para as cultivares, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.

Cultivares	Plantas m ⁻²			
	2013			
	Época 1		Época 2	
	SI	CI	SI	CI
TBIO Itaipu	198,9 b A*	177,8 a A**	167,8 c A	167,2 b A
FUNDACEP Bravo	197,8 b A	142,8 b B	204,4 b A	171,1 b B
TBIO Pioneiro 2010	173,3 b A	168,9 a A	251,7 a A	209,4 a B
TEC Frontale	212,2 a A	185,6 a A	170,6 a A	191,1 a A
BRS 331	182,8 b A	141,1 b B	160,6 c A	153,9 b A
OR/ TBIO Quartzo	137,2 c B	167,2 a A	174,4 c A	145,0 b B
TEC 07-244	234,4 a A	181,7 a B	217,8 b A	177,8 a B
TEC Vigore	137,2 c A	161,7 a A	144,4 c A	113,9 c B
TEC 10	201,7 b A	181,1 a A	177,8 c A	190,0 a A
BRS 327	117,8 c B	161,7 a A	80,6 d A	95,6 c A
Média	179,3	167,0	165,0	161,5
Cultivar	2014			
	Época 1		Época 2	
	SI	CI		
TBIO Itaipu	248,3 b A*	208,3 b B**	184,4 a	
FUNDACEP Bravo	232,8 b A	234,4 b A	163,1 b	
TBIO Pioneiro 2010	233,9 b A	268,9 a A	165,0 b	
TEC Frontale	218,9 b B	256,7 a A	186,4 a	
BRS 331	231,1 b A	244,4 a A	200,6 a	
OR/ TBIO Quartzo	203,9 b A	210,6 b A	168,6 b	
TEC 07-244	240,6 b A	260,6 a A	171,1 b	
TEC Vigore	322,2 a A	263,9 a B	198,3 a	
TEC 10	261,1 b A	269,4 a A	156,9 b	
BRS 327	234,4 b A	223,3 b A	164,2 b	
Média	242,7	244,0	175,9	
Época 2	190,7 A	160,9 B		

2013 (CV época 1: 17,54 %; CV época 2: 17,11 %); 2014 (CV época 1: 16,23 %; CV época 2: 21,72 %)

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de inoculação ou efeito principal na época 2 de 2014. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação da inoculação em cada cultivar, em cada época de semeadura.

A emissão, o desenvolvimento e a sobrevivência dos afilhos são de extrema importância para a cultura do trigo (VALÉRIO et al., 2008). Na tabela 2

está apresentado o número de afilhos por planta. Verifica-se que há diferenças entre os genótipos na capacidade de afilhamento (SANGOI et al., 2007), e também, maior emissão de afilhos para aqueles que apresentaram menor população de plantas emergidas, compensando a falta de plantas com afilhos. Genótipos com reduzido potencial de afilhamento são mais dependentes da densidade de semeadura, em termos produtivos (VALÉRIO et al., 2008).

Comparando-se os dois anos de cultivo, é possível perceber que no ano de 2013 a emissão de afilhos foi maior. Na primeira época de semeadura, este efeito pode ter sido atribuído ao menor estande de plantas e a consequente compensação pela maior emissão de afilhos (ZAGONEL et al., 2002). No entanto, na segunda época de cultivo praticamente não existe diferença de população entre os anos, podendo atribuir esta baixa emissão de afilhos às condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura nesta fase (excesso hídrico). O excesso de chuva leva a alagamentos e, portanto, de forma adversa afeta o desenvolvimento da cultura, apresentando baixa população de plantas e perfilhamento (GARRIDO-LESTACHE et al., 2004). Consequentemente ao excesso de chuvas, se tem diminuição da quantidade e qualidade da luz, o que prioriza acúmulo de massa seca no colmo principal, resultando em menor emissão de afilhos e afilhos de menor massa seca (ALMEIDA; MUNDSTOCK, 2001).

A inoculação se mostrou favorável ao afilhamento no ano de 2013 para a maioria das cultivares, apesar de apenas a cultivar FUNDACEP Bravo ter apresentado diferença significativa na época 1, enquanto que, a cultivar BRS 327 mostrou redução do afilhamento com a inoculação (Tabela 2). Na época 2, não houve interação entre os fatores, sendo o efeito principal do inoculante significativo, com média de 2,66 afilhos planta⁻¹ para as inoculadas e 2,33 afilhos planta⁻¹ para as não inoculadas. Houve um aporte de nitrogênio pela bactéria, e/ou maior produção de fitormônios, que favoreceram a emissão de afilhos. O aumento do número de afilhos está diretamente ligado à contribuição da FBN, quando associada a bactérias como *Azospirillum* ssp (SANTA et al., 2008). O controle hormonal exercido pela bactéria também interfere a emissão de afilhos (REYNDERS; VLASSAK 1982).

Tabela 2 – Número de afilhos por planta das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.

Cultivares	Afilhos planta ⁻¹		
	Época 1		Época 2
	SI	CI	
2013			
TBIO Itaipu	2,6 c A*	3,5 c A**	1,7 c
FUNDACEP Bravo	3,6 b B	5,4 a A	2,7 b
TBIO Pioneiro 2010	3,8 b A	4,6 b A	2,1 c
TEC Frontale	3,2 c A	4,1 b A	2,9 b
BRS 331	2,5 c A	2,9 c A	1,5 c
OR/ TBIO Quartzo	3,7 b A	2,7 c B	2,1 c
TEC 07-244	2,5 c A	2,9 c A	2,2 c
TEC Vigore	3,6 b A	3,4 c A	3,1 b
TEC 10	3,1 c A	3,1 c A	2,3 c
BRS 327	4,9 a A	3,9 b B	4,3 a
Média	3,3	3,6	2,5
Época 2	2,33 B	2,66 A	
2014			
TBIO Itaipu	0,7 c A	0,9 a A	1,0 b
FUNDACEP Bravo	1,3 a A	0,8 a B	2,0 a
TBIO Pioneiro 2010	0,9 b A	0,4 b B	1,7 a
TEC Frontale	1,1 b A	0,8 a A	1,7 a
BRS 331	0,9 b A	0,7 a A	0,9 b
OR/ TBIO Quartzo	0,9 b A	0,6 a A	1,7 a
TEC 07-244	1,0 b A	0,5 b B	1,4 b
TEC Vigore	0,2 d A	0,3 b A	1,1 b
TEC 10	0,6 c A	0,6 a A	2,1 a
BRS 327	0,5 c B	0,9 a A	1,4 b
Média	0,8	0,6	1,5
Época 2	1,3 B	1,7 A	

2013 (CV época 1: 28,34 %; CV época 2: 36,37 %), 2014 (CV época 1: 46,29 %; CV época 2: 48,10 %)

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de inoculação, na época 1, e efeitos principais de cultivar na época 2, em ambos os anos. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação da inoculação em cada cultivar, na primeira época de semeadura.

No ano de 2014, de maneira geral, o afilhamento foi maior nos tratamentos sem inoculante para a primeira época, onde apenas a cultivar BRS 327 apresentou aumento no número de afilhos quando inoculada. Nota-se, que a

mesma cultivar, nos diferentes anos apresentou resultados distintos, configurando a existência de fatores biótico e abióticos que interferem na resposta de cada cultivar (DUTTA; PODILE, 2010). Para a segunda época deste mesmo ano, se observou que a presença do inoculante favoreceu significativamente a emissão de afilhos, sendo observado 1,68 e 1,32 afilhos planta⁻¹ para a média dos tratamentos com e sem inoculante, respectivamente.

A adubação nitrogenada influenciou diretamente a emissão de afilhos (Tabela 3), afirmando a importância do elemento nitrogênio no crescimento e desenvolvimento das plantas. No primeiro ano, não se observou diferenças entre os tratamentos que receberam N, somente entre aplicar ou não a adubação. No entanto, essa diferença de 50 kg de N ha⁻¹ pode ser importante para tornar o maior número de afilhos férteis e gerar espigas. Aplicações de N em períodos compreendidos entre a emergência e a emissão da 3ª folha proporcionam a maior emissão de afilhos e aplicações na 7ª folha reduzem a mortalidade e retardam a senescência dos afilhos, aumentando o número de colmos férteis e a produtividade do trigo (MUNDSTOCK; BREDEMEIER, 2002).

No ano de 2014, se observou aumento significativo na emissão de afilhos com o aumento da dosagem de N. Neste ano, a grande quantidade de chuvas pode ter propiciado perdas de nitrogênio pelo processo de lixiviação, tendo a planta conseqüentemente, absorvido menor quantidade do nutriente. Neste caso, não sendo suficiente a dose de 50 kg ha⁻¹ para suprir sua demanda, por isso, apresentou menor emissão de afilhos do que a maior dose aplicada (100 kg ha⁻¹).

Tabela 3 – Número de afilhos por planta das diferentes doses de nitrogênio, nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.

Dose de N	Afilhos planta ⁻¹				
	2013		2014		Média
	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2	
0 kg de N ha ⁻¹	2,2 b*	1,9 b**	0,3 c	1,1 c	1,4
50 kg de N ha ⁻¹	4,1 a	2,8 a	0,8 b	1,5 b	2,3
100 kg de N ha ⁻¹	4,1 a	2,7 a	1,1 a	1,9 a	2,5

2013 (CV época 1: 28,34 %; CV época 2: 36,37 %), 2014 (CV época 1: 46,29 %; CV época 2: 48,10 %)

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam os efeitos principais das doses de N dentro de cada época de semeadura.

A inoculação de *Azospirillum brasilense* não se mostrou eficiente para aumentar o número de espigas m^{-2} em 2013, pois na primeira época, apenas a cultivar TBIO Pioneiro 2010 respondeu ao inoculante, em contra partida, a cultivar FUNDACEP Bravo, apresentou menos espigas quando inoculada (Tabela 4). Na segunda época do mesmo ano, as médias não diferiram estatisticamente, sendo 414 e 411,5 espigas m^{-2} para não inoculadas e inoculadas, respectivamente. Apesar da inoculação ter apresentado aumentos no número de afilhos $planta^{-1}$ (Tabela 2), não houve aumento do número de espigas, indicando que parte destes afilhos emitidos pelas plantas não geraram espigas, ou seja, a inoculação, apesar de aumentar o afilhamento, não foi suficiente para suprir suas demandas e desenvolver espiga, ou a bactéria possa não ter sobrevivido por um pequeno período de tempo, não contribuindo mais para a FBN nos demais estágios da planta. O menor número de espigas nos tratamentos inoculados se dá a um maior percentual de afilhos inviáveis, uma vez que o maior crescimento inicial do sistema radicular promoveria o afilhamento, e posteriormente, esses afilhos sofrem competição por N, que se torna limitante na definição dos afilhos viáveis (DIDONET et al., 2000).

A adubação nitrogenada se mostrou eficiente em estimular a emissão de espigas (Tabela 4), aumentando significativamente o número de espigas m^{-2} para todas as cultivares na época 1, exceto a TEC 10, que se mostrou indiferente às aplicações de N. Na segunda época, não houve interações significativas entre os fatores, o efeito da adubação nitrogenada foi significativo entre os três níveis testados, com aumento do número de espigas conforme se aumentou a aplicação de N. Ao contrário do observado no fator inoculação, a aplicação de N, além de aumentar o número de afilhos, proporcionou condições para o desenvolvimento destes até gerar espigas. A produção de afilhos é de crucial importância para se determinar o rendimento da cultura do trigo, pois influencia o número de espigas por área, que é um importante componente do rendimento (MUNDSTOCK; BREDEMEIER, 2002).

Tabela 4 – Número de espigas por m⁻² das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013.

Cultivares	Espigas m ⁻²		
	Época 1		Época 2
	SI	CI	
TBIO Itaipu	515,6 a A*	473,3 a A**	394,4 c
FUNDACEP Bravo	531,1 a A	464,4 a B	501,1 a
TBIO Pioneiro 2010	436,1 b B	507,2 a A	501,7 a
TEC Frontale	501,1 a A	471,1 a A	470,8 a
BRS 331	387,8 b A	368,3 b A	318,1 d
OR/ TBIO Quartzo	433,9 b A	398,3 b A	391,4 c
TEC 07-244	410,6 b A	368,3 b A	428,9 b
TEC Vigore	409,4 b A	377,8 b A	362,8 c
TEC 10	455,0 b A	475,6 a A	428,3 b
BRS 327	418,9 b A	461,1 a A	330,0 d
Média	449,9	436,5	412,7
Cultivares	Espigas m ⁻² - Época 1		
	Dose de N		
	0 kg ha ⁻¹	50 kg ha ⁻¹	100 kg ha ⁻¹
TBIO Itaipu	335,0 b B*	585,0 a A**	563,3 a A
FUNDACEP Bravo	410,0 a B	557,5 a A	525,8 a A
TBIO Pioneiro 2010	334,2 b B	522,5 a A	558,3 a A
TEC Frontale	369,2 a B	575,8 a A	513,3 a A
BRS 331	279,2 b B	407,5 b A	447,5 b A
OR/ TBIO Quartzo	310,8 b B	443,3 b A	494,2 b A
TEC 07-244	338,3 b B	372,5 b B	457,5 b A
TEC Vigore	333,3 b B	398,3 b A	449,2 b A
TEC 10	440,8 a A	417,5 b A	483,3 b A
BRS 327	387,5 a B	473,3 b A	513,3 a A
Média	353,8	475,3	500,6
Espigas m⁻² - Época 2	317,8 C	430,1 B	490,3 A

CV época 1: 14,45 %; CV época 2: 21,79 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de inoculação ou dose de N na época 1, e o efeito principal de cultivar na época 2. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação da inoculação ou dose de N em cada cultivar, na primeira época de semeadura.

A interação tripla para o número de espigas m⁻² na primeira época de 2014 e a interação dupla entre cultivar-dose de N estão apresentadas na tabela 5. Na época 1 se destacaram as cultivares TEC Frontale e TEC 10, que apresentaram as maiores médias, independente do nível de inoculação ou dose de N. Na

segunda época, a cultivar TBIO Itaipú foi superior às demais para as três doses de N. A inoculação apresentou na época 1 de 2014 diferenças significativas em apenas alguns tratamentos, podendo destacar, a cultivar TEC Vigore, onde se observou redução do número de espigas para as três doses de N, quando se utilizou inoculante (Tabela 5). Na segunda época, não houve interações significativas do fator inoculante com os demais fatores, porém, a inoculação das sementes resultou em redução do número médio de espigas, que foi de 319,89 e 283,83 espigas m⁻², para os tratamentos sem inoculante e com inoculante, respectivamente. Para ambos os anos, a segunda época de semeadura apresentou benefício do inoculante para o afilhamento, porém, o número de espigas não seguiu o mesmo comportamento. Possivelmente a contribuição da bactéria foi muito baixa, ou ocorreu somente no início do crescimento da cultura, resultando na menor emissão de espigas por área.

A adubação nitrogenada apresentou efeito significativo na primeira época de semeadura apenas para as cultivares TBIO Pioneiro 2010, TEC Frontale e TEC 07-244, quando não inoculadas. Verificou-se, que quando se inoculou, não houve diferenças entre as doses de N, podendo atribuir uma pequena contribuição da FBN no número de espigas quando não se utilizou N mineral. A presença de N no solo pode interferir na associação da bactéria diazotrófica e as plantas, portanto, a inoculação em solos com estas condições não tenham respostas positivas do uso destas bactérias (DOBBELAERE et al., 2003). Na segunda época, apenas as cultivares TBIO Itaipú e TEC 10 tiveram aumento do número de espigas com a aplicação de nitrogênio.

Tabela 5 – Número de espigas por m⁻² das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante e com inoculante, doses de nitrogênio, nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2014.

Cultivares	Espigas m ⁻² - Época 1		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
	Sem inoculante		
TBIO Itaipu	266,7 a A α*	366,7 b A α**	350,0 b A α
FUNDACEP Bravo	306,7 a A α	400,0 a A α	403,3 a A α
TBIO Pioneiro 2010	315,0 a B α	350,0 b B α	503,3 a A α
TEC Frontale	226,7 a B β	483,3 a A α	491,7 a A α
BRS 331	291,7 a A α	306,7 b A α	321,7 b A α
OR/ TBIO Quartzo	266,7 a A α	328,3 b A α	380,0 b A α
TEC 07-244	235,0 a B α	378,3 a A α	418,3 a A α
TEC Vigore	405,0 a A α	431,7 a A α	485,0 a A α
TEC 10	338,3 a A α	415,0 a A α	465,0 a A α
BRS 327	268,3 a A α	271,7 b A α	215,0 c A β
Média	292,0	373,2	403,3
Com inoculante			
TBIO Itaipu	360,0 a A α	298,3 b A α	300,0 a A α
FUNDACEP Bravo	358,3 a A α	250,0 b B β	363,3 a A α
TBIO Pioneiro 2010	281,7 b A α	371,7 b A α	315,0 a A β
TEC Frontale	380,0 a A α	458,3 a A α	421,7 a A α
BRS 331	328,3 a A α	315,0 b A α	355,0 a A α
OR/ TBIO Quartzo	228,3 b A α	346,7 b A α	293,3 a A α
TEC 07-244	276,7 b A α	356,7 b A α	396,7 a A α
TEC Vigore	286,7 b A β	316,7 b A β	265,0 a A β
TEC 10	375,0 a A α	436,7 a A α	298,3 a A β
BRS 327	218,3 b A α	300,0 b A α	346,7 a A α
Média	309,3	345,0	335,5
Espigas m ⁻² - Época 2			
	0 kg ha ⁻¹	50 kg ha ⁻¹	100 kg ha ⁻¹
TBIO Itaipu	362,5 a B	330,0 a B	488,3 a A
FUNDACEP Bravo	289,2 a A	308,3 a A	331,7 c A
TBIO Pioneiro 2010	295,0 a A	339,2 a A	379,2 b A
TEC Frontale	305,0 a A	345,0 a A	377,5 b A
BRS 331	243,3 b A	316,7 a A	304,2 c A
OR/ TBIO Quartzo	221,7 b A	262,5 a A	307,5 c A
TEC 07-244	260,8 b A	298,3 a A	290,0 c A
TEC Vigore	283,3 a A	292,5 a A	245,8 c A
TEC 10	211,7 b B	266,7 a A	314,2 c A
BRS 327	282,5 a A	256,7 a A	246,7 c A
Média	275,5	301,6	328,5

CV época 1: 19,24 %; CV época 2: 20,27 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N e inoculação para a primeira época, e a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N na segunda época. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N em cada cultivar. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de cultivar e dose de N na primeira época de semeadura.

A produtividade de grãos apresentou interação cultivar-inoculante na primeira época de 2013 (Tabela 6). As cultivares apresentaram diferenças de produtividade em ambas as épocas, podendo destacar a cultivar TBIO Itaipu, a qual apresentou superioridade nas duas épocas de semeadura deste ano. Neste ano de cultivo, as produtividades foram satisfatórias, ficando superiores as médias do estado do Rio Grande do Sul e do Brasil, que foram 3060 e 2502 kg ha⁻¹, respectivamente (CONAB, 2014).

A inoculação apresentou efeito significativo apenas em três cultivares na época 1, com incremento de produtividade na cultivar TBIO Pioneiro 2010 de 405 kg ha⁻¹, correspondendo a aproximadamente 10 %. Esses resultados concordam com Hungria et al. (2010); Mendes et al. (2011); Didonet et al. (1996), que encontraram na produtividade de grãos de trigo quando associado ao uso de *A. brasilense*. Esse incremento na produtividade é muito importante, principalmente pelo baixo custo do inoculante comparado ao fertilizante nitrogenado. Aumentos acima de 15,43 kg ha⁻¹ já justificam a utilização da prática de inoculação (SALA et al., 2008).

Em contra partida, ocorreu redução da produtividade para os genótipos TEC 07-244 e TEC Vigore de 361 e 249 kg ha⁻¹. Essa redução está associada a uma incompatibilidade da bactéria com o genótipo, ou, a quantidade de fitormônios (auxinas) produzidas pela bactéria prejudicou o desenvolvimento da planta (TAIZ; ZIEGER, 2013). Na segunda época de semeadura, a inoculação não se mostrou eficiente em aumentar a produtividade das cultivares estudadas.

Tabela 6 – Produtividade de grãos das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013.

Cultivares	Produtividade - kg ha ⁻¹		
	Época 1		Época 2
	SI	CI	
TBIO Itaipu	4355,7 a A*	4222,8 a A**	3605,3 a
FUNDACEP Bravo	3730,6 c A	3867,3 b A	3589,3 a
TBIO Pioneiro 2010	3654,0 c B	4059,4 a A	3414,7 b
TEC Frontale	3379,8 d A	3300,8 c A	3214,2 b
BRS 331	3603,6 c A	3390,9 c A	2669,6 c
OR/ TBIO Quartzo	3771,8 c A	4032,4 a A	3799,8 a
TEC 07-244	3890,6 b A	3529,1 c B	3365,7 b
TEC Vigore	3818,7 c A	3469,5 c B	3377,0 b
TEC 10	3972,7 b A	3814,6 b A	3417,6 b
BRS 327	3925,5 b A	3905,4 b A	3304,5 b
Média	3810,3	3759,2	3375,8
Época 2	3418,9 A	3332,6 A	

CV época 1: 7,92 %; CV época 2: 11,88 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de inoculação na época 1, e o efeito principal de cultivar na época 2. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação da inoculação em cada cultivar, na primeira época de semeadura.

O efeito principal do fator dose de nitrogênio está apresentado na tabela 7, onde que, para ambas as épocas de semeadura no ano de 2013, a aplicação de N repercutiu em aumentos significativos na produtividade de grãos. Os maiores incrementos são obtidos com 50 kg, onde as diferenças extrapolam 1000 kg ha⁻¹, destacando assim, o quão limitante este elemento é para a cultura (WIETHÖLTER, 2011).

Analisando a tabela 7, pode-se calcular o incremento de produtividade proporcionado por cada kg de N aplicado em cada dose. Para a dose de 50 Kg de N ha⁻¹ o incremento foi de 22,8 e 20,4 kg de grãos kg⁻¹ de N para as épocas 1 e 2, respectivamente quando comparados à dose de 0 N. Para a dose de 100 kg de N ha⁻¹, os incrementos foram de apenas 7,5 e 9,3 kg de grãos kg⁻¹ de N para as épocas 1 e 2, respectivamente quando comparados à dose de 50 kg de N ha⁻¹. Resultados satisfatórios para a dose de 50 kg de N ha⁻¹ com inoculante foram verificados por Piccinin et al. (2013), não diferindo estatisticamente do tratamento que recebeu 100 Kg de N ha⁻¹, sem inoculação. No entanto, para Saubidet et al.

(2002) a inoculação não substitui o adubo nitrogenado, porém promove a melhor absorção e utilização do N disponível.

Tabela 7 – Produtividade de grãos das diferentes doses de nitrogênio, nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013.

Dose de N	Produtividade - kg ha ⁻¹		
	Época 1	Época 2	Média
0 kg de N ha ⁻¹	2897,6 c*	2540,9 c*	2719,2
50 kg de N ha ⁻¹	4040,1 b	3560,6 b	3800,3
100 kg de N ha ⁻¹	4416,6 a	4025,8 a	4221,2

CV época 1: 7,92 %; CV época 2: 11,88 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam os efeitos principais das doses de N em cada época de semeadura.

No ano de 2014, as produtividades foram menores que no anos de 2013, devido ao excesso de chuvas ocorrido durante praticamente todo o ciclo da cultura (Anexo 1) afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas. A reduzida luminosidade nos dias chuvosos afeta os processos de fotossíntese e acúmulo de biomassa da cultura, além de que o excesso de chuvas favorece a ocorrência de doenças, principalmente a giberela (*Gibberella zeae*), que é, atualmente, uma das mais importantes doenças da cultura do trigo (DEL PONTE et al., 2004). O estado do Rio Grande do Sul foi fortemente afetado pelo clima nesta safra, atingindo média de produtividade de 1330 kg ha⁻¹, sendo 56,5% menor do que na safra 2013 (CONAB, 2015).

Para a primeira época de semeadura, houve interação tripla entre os fatores estudados (Tabela 8). Na cultivar TEC 10 houve incrementos significativos de produtividade nas doses de 0 e 50 kg de N ha⁻¹ quando inoculada, porém, nesta mesma cultivar, quando se aplicou 100 kg de N ha⁻¹, não houve diferenças significativas pelo uso do inoculante. A bactéria, neste caso, proporcionou incrementos na produtividade nas doses baixa de N, onde que, ainda havia necessidade de um maior aporte do elemento, o que não foi necessário quando de forneceu uma maior dose do fertilizante nitrogenado. Na segunda época de semeadura, a inoculação não apresentou interações significativas com os demais fatores, porém houve uma redução significativa da produtividade média de 1607,55 para 1364,99 kg ha⁻¹, quando se utilizou inoculante.

A adubação nitrogenada, do mesmo modo que no ano de 2013, foi muito importante para elevar a produtividade da cultura, independentemente da época de semeadura (Tabela 8). As maiores produtividades foram obtidas na dose de 100 kg de N ha⁻¹ para todas as cultivares testadas, nas duas épocas. Para alguns genótipos, não se observou diferenças significativas entre os níveis de 50 e 100 kg de N ha⁻¹, indicando que estes materiais não são responsivos a elevadas doses de N, sendo uma boa alternativa para lavouras de média ou baixa tecnologia, onde o investimento é menor. Este efeito foi mais significativo na segunda época de semeadura, onde que, apesar de se ter um aumento no número de afilhos (Tabela 3) nas doses de N, não se observou aumento do número de espigas m⁻² (Tabela 5) e conseqüentemente, pouco acréscimo da produtividade entre as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N para a maioria das cultivares.

Tabela 8 – Produtividade de grãos das diferentes cultivares de trigo, sem e com inoculante, doses de nitrogênio, nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2014.

Cultivares	Produtividade kg ha ⁻¹		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
Época 1			
Sem inoculante			
TBIO Itaipu	1297,1 a C α*	2109,2 b B α**	3060,3 c A α
FUNDACEP Bravo	1111,9 a B α	2096,7 b A α	2417,9 d A α
TBIO Pioneiro 2010	1140,3 a B α	2250,0 b A α	2637,4 d A α
TEC Frontale	1390,2 a B α	1879,3 b B α	3061,6 c A α
BRS 331	1476,7 a C α	2277,9 b B α	3059,8 c A α
OR/ TBIO Quartzo	1989,5 a C α	2948,6 a B α	4366,9 a A α
TEC 07-244	1518,7 a C α	2478,0 b B α	3197,2 c A α
TEC Vigore	1285,2 a C α	2392,4 b B α	3460,9 b A α
TEC 10	1286,6 a C β	2434,6 b B β	3443,1 b A α
BRS 327	1679,3 a C α	3009,3 a B α	3716,7 b A α
Média	1417,5	2387,6	3242,2
Com inoculante			
TBIO Itaipu	1234,2 b C α	2321,8 b B α	3479,2 a A α
FUNDACEP Bravo	1365,5 b B α	1862,9 b A α	2277,8 b A α
TBIO Pioneiro 2010	1002,0 b C α	2116,2 b B α	2961,4 a A α
TEC Frontale	1834,7 b C α	2459,4 b B α	3672,7 a A α
BRS 331	1337,3 b C α	2286,8 b B α	3167,9 a A α
OR/ TBIO Quartzo	1658,7 b C α	2892,8 a B α	3521,0 a A β
TEC Vigore	1666,0 b B α	2876,1 a A α	3485,1 a A α
TEC 10	2633,2 a A α	3223,1 a A α	2952,2 a A α
BRS 327	1431,0 b C α	2563,9 b B α	3506,7 a A α
Média	1585,6	2506,7	3245,3
Época 2			
TBIO Itaipu	1100,6 a B	1415,4 b B	1743,9 a A
FUNDACEP Bravo	1250,6 a A	1050,6 b A	1270,1 b A
TBIO Pioneiro 2010	1088,2 a B	1582,9 b A	1941,5 a A
TEC Frontale	1138,4 a C	1589,8 b B	2005,8 a A
BRS 331	927,0 a B	1839,5 a A	2054,7 a A
OR/ TBIO Quartzo	1145,0 a B	1424,4 b B	1752,7 a A
TEC 07-244	1040,0 a B	2062,0 a A	1770,2 a A
TEC Vigore	1263,0 a B	1930,5 a A	2065,5 a A
TEC 10	860,3 a B	1427,2 b A	1536,2 b A
BRS 327	1217,1 a B	1326,1 b B	1768,4 a A
Média	1103,0	1564,8	1768,4

CV época 1: 15,66 %; CV época 2: 23,98 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N e inoculação para a primeira época, e a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N na segunda época. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N em cada cultivar. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de cultivar e dose de N na primeira época de semeadura.

Para a variável massa do hectolitro (MH), as interações cultivar-inoculante para a primeira época de semeadura nos dois anos de experimento estão apresentadas na tabela 9. No primeiro ano, a inoculação proporcionou aumento significativos nos valores de MH para cultivares FUNDACEP Bravo, TBIO Pioneiro 2010, TEC Frontale, OR/ TBIO Quartzo, TEC 07-244, BRS 327, corroborando com Mendes et al. (2011), que observou que o MH foi influenciado positivamente pelo uso de *Azospirillum brasilense*, via tratamento de sementes, independente da dose utilizada.

O valor de MH é utilizado como medida de comercialização do trigo, e expressa indiretamente a qualidade de grãos. Sabe-se que quanto maior o valor do MH, maior a aceitação e valorização de mercado do produto (MAZZUCO et al., 2002). Tem-se o valor de 78 kg hL⁻¹ como referência, ou seja, MH igual ou acima deste valor, considera-se trigo tipo 1. Na determinação do MH estão associados várias características do grão, como forma, textura do tegumento, tamanho, massa, e também a presenças de impurezas (palha, terra). Valores muito baixo de MH podem indicar ocorrência de problemas na lavoura, que afetam o enchimento e qualidade do grão (GUARIENTE, 1993), como e excesso de chuvas por exemplo.

A inoculação se mostrou muito importante no aumento da MH, pois de duas cultivares com MH maior ou igual a 78 sem uso do inoculante, se obteve quatro cultivares acima deste valor com a prática da inoculação. O valor da MH depende muito da quantidade de N que é translocado até os grãos e desta forma, a inoculação das sementes com *Azospirillum* pode ter contribuído com um maior aporte de N na fase de enchimento de grão, tendo em vista que, devido a instabilidade do N no solo, aquele que foi aplicado via fertilizante nitrogenado nas fases de afilhamento e alongamento, poderá não estar mais disponível para a planta nesta fase. A inoculação promove a melhor absorção e utilização do N disponível (SAUBIDET et al., 2002), translocação mais eficiente da biomassa das

plantas para os grãos, produzindo grãos mais pesados e mais cheios (DIDONET et al., 2000), importante fator para aumentos da MH (GUARIENTI, 1993).

Tabela 9 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), na primeira época de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.

Cultivares	MH - kg hL ⁻¹							
	Época 1 - 2013			Época 1 - 2014				
	SI	CI		SI	CI			
TBIO Itaipu	75,5	c A*	76,4	c A**	66,9	d A	68,2	d A
FUNDACEP Bravo	72,8	e B	75,6	c A	70,2	c B	72,2	c A
TBIO Pioneiro 2010	76,6	b B	78,0	b A	73,4	b A	72,4	c A
TEC Frontale	73,9	d B	76,5	c A	74,4	a A	74,4	b A
BRS 331	78,9	a A	79,8	a A	73,1	b A	72,8	c A
OR/ TBIO Quartzo	73,9	d B	75,7	c A	73,5	b A	71,9	c B
TEC 07-244	73,9	d B	77,3	b A	74,2	a A	73,8	b A
TEC Vigore	77,7	a A	78,3	b A	75,0	a A	75,5	a A
TEC 10	78,1	a A	78,1	b A	72,3	b A	71,5	c A
BRS 327	75,0	c B	76,3	c A	73,5	b A	73,4	b A
Média	75,6		77,2		72,6		72,6	

CV 2013: 1,4 %; CV 2014: 2,11%

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de inoculação. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação da inoculação em cada cultivar, dentro de cada ano de cultivo.

No segundo ano, se observou incrementos significativos do valor de MH apenas na cultivar FUNDACEP Bravo, além de que independente de inoculadas ou não, todas as cultivares apresentaram valores de MH abaixo de 78. Esta variável é muito sensível a variações climáticas, principalmente quando está próxima a maturação fisiológica, resultando em significativas redução de MH, se agravando mais em algumas cultivares menos tolerantes.

O aumento da adubação nitrogenada ocasionou redução do valor de MH em 6 e 3 cultivares avaliadas na primeira época dos anos de 2013 e 2014, respectivamente (Tabela 10). Essa redução pode estar associada ao aumento do número de afilhos nestas doses de N (Tabela 3), bem como, emissão mais tardia de afilhos. Neste caso, os afilhos tardios têm pequeno número de grãos por espiga, poucas espiguetas férteis e poucos grãos por espiguetas, dificultando assim, o aproveitamento de genótipos de trigo com elevado potencial de

afilhamento (VALÉRIO et al., 2009). Desta forma, uma maior contribuição dos afilhos na produção de grãos, pode ter reduzido a massa do hectolítrico destas amostras. Outra hipótese é a diluição da proteína que ocorre nos grãos onde se aplica elevadas doses de N, também reduzindo o MH. Sangoi et al. (2007) observaram uma relação inversa entre teor de proteína nos grãos no momento da colheita e rendimento de grãos, onde que a cultivar mais produtiva foi a que apresentou menor teor de proteína, e a cultivar que apresentou maior teor proteico foi a de menor produtividade. Isso se deve ao maior gasto energético que a planta tem para formar proteína, que pode comprometer o acúmulo de carboidratos (SOUZA et al., 2004).

Tabela 10 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, nas doses de N, na primeira época de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.

Cultivares	MH - kg hL ⁻¹		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
Época 1 - 2013			
TBIO Itaipu	76,5 b A*	75,7 c A**	75,7 c A
FUNDACEP Bravo	75,6 b A	73,8 d B	73,1 d B
TBIO Pioneiro 2010	78,1 b A	77,4 b A	76,4 b B
TEC Frontale	74,9 b B	76,2 c A	74,5 d A
BRS 331	79,4 a A	79,4 a A	79,2 a A
OR/ TBIO Quartzo	75,4 b A	75,1 c A	73,9 d B
TEC 07-244	76,7 b A	76,1 c A	74,2 d B
TEC Vigore	78,5 a A	78,0 b A	77,6 b A
TEC 10	78,5 a A	78,5 a A	77,2 b B
BRS 327	76,0 b A	76,8 b A	74,1 d B
Média	77,0	76,7	75,6
Época 1 - 2014			
TBIO Itaipu	67,8 d A	67,3 e A	67,5 c A
FUNDACEP Bravo	71,6 c A	70,6 d A	71,4 b A
TBIO Pioneiro 2010	74,1 b A	73,5 b A	71,1 b B
TEC Frontale	74,6 b A	73,9 b A	74,8 a A
BRS 331	74,5 b A	73,1 b A	71,1 b B
OR/ TBIO Quartzo	73,5 b A	72,0 c A	72,5 a A
TEC 07-244	73,9 b A	73,5 b A	74,6 a A
TEC Vigore	76,4 a A	75,5 a A	73,8 a B
TEC 10	71,4 c A	71,5 c A	72,7 a A
BRS 327	73,9 b A	72,7 c A	73,7 a A
Média	73,2	72,4	72,3

CV 2013: 1,4 %; CV 2014: 2,11 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada dose de N, dentro de cada ano de cultivo. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N em cada cultivar.

Para a segunda época de semeadura, no ano de 2013 ocorreu interação tripla entre os fatores testados (Tabela 11), e no ano de 2014, somente os efeitos principais de cultivar e inoculação apresentaram diferenças significativas entre seus níveis. Ao contrário da primeira época, a inoculação apresentou redução no MH da maioria das cultivares (TEC Frontale, BRS 331, OR/ TBIO Quartzo, TEC 07-244, TEC Vigore e BRS 327) em ambos níveis de adubação nitrogenada. No ano de 2014, a inoculação também resultou em significativa diminuição do valor de MH, onde se obteve médias de 72,13 e 71,05 Kg hL⁻¹ nas plantas não inoculadas e inoculadas, respectivamente.

O aumento da adubação nitrogenada ocasionou redução no MH das cultivares TBIO Pioneiro 2010, TEC Frontale, BRS 331 e TEC 07-244 quando não inoculadas. O uso do inoculante de maneira geral reduziu o valor do MH, porém, quando se analisa as doses de N dentro do fator inoculação, apenas nas cultivares TEC Frontale e BRS 331 houve redução de MH com aumento da adubação nitrogenada. Neste caso, pode-se, do mesmo modo como na época 1, atribuir esse efeito ao aporte de N pela bactéria, proporcionando translocação mais eficiente do N (DIDONET et al., 2000).

Tabela 11 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, sem e com inoculante, doses de nitrogênio, na segunda época de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013.

Cultivares	MH - kg hL ⁻¹		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
Sem inoculante			
TBIO Itaipu	77,1 b A α*	77,1 b A α**	76,5 b A β
FUNDACEP Bravo	78,2 a A α	78,4 b A α	78,2 a A α
TBIO Pioneiro 2010	79,7 a A α	78,2 b B α	78,1 a B α
TEC Frontale	79,6 a A α	80,2 a A α	77,7 a B α
BRS 331	75,7 c A α	73,7 d B α	74,9 c A α
OR/ TBIO Quartzo	76,8 b A α	77,3 b A α	77,7 a A α
TEC 07-244	79,3 a A α	79,1 a A α	77,1 a B α
TEC Vigore	78,0 a A α	77,7 b A α	77,9 a A α
TEC 10	75,3 c A α	75,8 c A α	76,3 b A α
BRS 327	79,0 a A α	78,6 b A α	78,7 a A α
Média	77,9	77,6	77,3
Com inoculante			
TBIO Itaipu	77,5 a A α	77,5 b A α	78,0 a A α
FUNDACEP Bravo	77,6 a A α	78,3 a A α	78,5 a A α
TBIO Pioneiro 2010	79,0 a A α	79,6 a A α	78,8 a A α
TEC Frontale	78,1 a A α	76,8 b B β	78,5 a A α
BRS 331	72,5 c A β	70,9 d B β	72,5 d A β
OR/ TBIO Quartzo	75,7 b A α	75,4 c A β	75,8 c A β
TEC 07-244	77,0 a A β	77,3 b A β	77,2 b A α
TEC Vigore	75,4 b A β	75,9 c A β	76,5 b A α
TEC 10	76,4 a A α	74,5 c A α	75,5 c A α
BRS 327	77,7 a A α	76,7 b A β	77,9 a A α
Média	76,7	76,3	76,9

CV: 1,15 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N e inoculação. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N em cada nível de cultivar e inoculação. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de cultivar e dose de N.

A massa de grãos é um dos principais componentes do rendimento do trigo (GONDIM et al., 2008). As cultivares apresentam variações significativas entre si, devido a suas características genéticas e respostas ao manejo (Tabela 12). Pode-se destacar a cultivar BRS 327, que apresentou os maiores valores de massa de 1000 grãos para ambas as épocas e anos de cultivo e a cultivar TEC Frontale,

que apresentou os piores resultados. A variável massa de mil grãos apresentou correlação positiva e significativa com rendimento de grãos (GONDIM et al., 2008), sendo essa uma das mais importantes características a ser considerada quando se deseja fazer seleção para o rendimento de grãos. Ao fazer um comparativo da produtividade de grãos destas duas cultivares, pode-se perceber que a massa de 1000 grãos foi importante na contribuição do rendimento da cultura, que apresentou produtividades elevadas para o genótipo BRS 327 e mais baixa para o TEC Frontale.

Tabela 12 – Massa 1000 grãos das diferentes cultivares de trigo nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.

Cultivares	Massa 1000 grãos–(g)		
	Época 1 - 2013	Época 1 - 2014	Época 2 - 2014
Tbio Itaipu	36,5 b*	26,1 c**	25,3 c*
Fundacep Bravo	31,9 e	23,2 e	20,4 d
Tbio Pioneiro 2010	35,1 c	23,7 e	24,3 c
TecFrontale	30,2 e	22,5 e	21,3 d
Brs 331	33,9 d	26,4 c	29,2 b
Or/ TBIO Quartzo	37,3 b	29,6 b	27,5 c
Tec 07-244	35,7 c	27,0 c	23,9 c
Tec Vigore	34,1 d	25,9 c	26,9 c
TEC 10	35,5 c	25,0 d	24,2 c
BRS 327	41,9 a	34,9 a	31,2 a
Média	35,2	26,4	25,4

2013 (CV época 1: 5,31 %); 2014 (CV época 1: 6,85 %; CV época 2: 8,00 %)

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada época e ano de cultivo.

A inoculação com *Azospirillum* não apresentou nenhuma interação com os demais fatores estudados, apenas na segunda época de semeadura de 2013 se observou um pequeno aumento, porém significativo, de 34,19 para 34,70 gramas em 100 grãos de trigo na média geral para aquelas plantas que receberam o inoculante. Essa diferença pode parecer pequena, mas se extrapolada para uma área maior, como por exemplo 1 hectare, passa a ser importante, podendo ser economicamente viável. Aumentos na massa de 1000 grãos também foram observados por Didonet et al., (2000) pela maior eficiência na translocação do N acumulado na biomassa. A associação de N e *Azospirillum* também proporciona

maior massa de grãos (LEMOS et al., 2013) dependendo da cultivar utilizada, sendo superior ao tratamento contendo apenas N, possivelmente pelo maior aproveitamento deste quando inoculado (SAUBIDET et al., 2002).

A adubação nitrogenada não se mostrou eficiente para elevar a massa de 1000 grãos no ano de 2013 (Tabela 13). Na primeira época, a interação cultivar-dose de N, aponta redução da massa de 1000 grãos para as cultivares TBIO Pioneiro 2010, OR/ TBIO Quartzo, TEC 07-244, TEC Vigore e TEC 10. Para as demais, não se observou efeito significativo. Essa redução pode estar associada à maior contribuição dos afilhos na produção de grãos, que foram estimulados pela elevação da adubação nitrogenada. Normalmente espigas de afilhos possuem menos grãos e menores (VALÉRIO et al., 2009), resultando em menor massa de grãos. Aplicações precoces de N favorecem o afilhamento, e conseqüentemente mais competição pelo elemento, resultando em menor massa de grãos. Grãos mais pesados são obtidos por aplicações de N mais tardias (emborrachamento) (SANGOI et al., 2007).

Tabela 13 – Massa 1000 grãos das diferentes cultivares de trigo, dose de N, nas duas épocas de semeadura. UFSM, Santa Maria, 2013 e 2014.

Cultivares	Massa 1000 grãos – (g)		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
	Época 2 - 2013		
TBIO Itaipu	37,0 b A*	36,0 c A**	35,4 b A
FUNDACEP Bravo	30,1 d A	30,1 f A	29,2 e A
TBIO Pioneiro 2010	34,9 b A	31,9 e B	31,2 d B
TEC Frontale	29,0 d A	28,7 f A	27,4 f A
BRS 331	35,3 b A	33,9 d A	34,1 c A
OR/ TBIO Quartzo	39,1 b A	37,4 b B	36,4 b B
TEC 07-244	34,8 b A	32,0 e B	29,8 e C
TEC Vigore	36,0 b A	35,5 c A	35,6 b A
TEC 10	35,9 b A	33,6 d B	33,4 c B
BRS 327	43,9 a A	42,5 a A	43,1 a A
Média	35,6	34,2	43,1
Época 1 - 2013	35,9 A	34,9 B	34,8 B
Época 1 - 2014	25,8 B	26,1 B	27,4 A
Época 2 - 2014	25,3 A	25,3 A	25,7 A

2013 (CV época 1: 5,31 %; época 2: 3,89 %); 2014 (CV época 1: 6,85 %; CV época 2: 8,00 %)

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada dose de N na época 2 de 2013. Letras maiúsculas na linha representam a interação das

doses de N em cada cultivar na época 2 de 2013 e os fatores principais das doses de N nas demais épocas e anos.

No segundo ano de experimento, a aplicação de N resultou em grãos mais pesados na época 1 com a maior dose. Verifica-se que neste experimento, o afilhamento foi reduzido, e conseqüentemente, houve menor competição do nitrogênio entre afilhos e colmo principal, resultando em uma maior contribuição de grãos provindos de espigas de colmos principais. Na segunda época, apesar de se observar tendências de aumento da massa de grãos conforme se aumenta a dose de N, essas diferenças não foram significativas, corroborando com Teixeira Filho et al. (2010) e Piccinin et al. (2013), que não observaram diferenças quanto as doses de N para esta variável. Essa variável aparenta ter pouca influência do manejo, sendo fortemente coordenada por fatores genéticos (GUARIENTI, 2005).

CRUZ ALTA

A emergência das plantas ocorreu de forma satisfatória para ambas as épocas e anos, resultado de uma boa semeadura, com semente de qualidade e semeada em condições de solo e clima favoráveis a emergência. Destaca-se as cultivares BRS 331 e TBIO Pioneiro 2010 como as que apresentaram maior número de plantas emergidas nos anos de 2013 e 2014, respectivamente (Tabela 14). A mesma cultivar não apresentou o mesmo comportamento nos dois anos, pois as sementes são oriundas de lotes diferentes (ano, local) e também a condição de solo e clima de cada ano variou, e desta forma, cada genótipo responde de uma forma distinta nos diferentes anos.

A interação dupla obtida entre as cultivares e inoculação para os dois anos e duas épocas de semeadura, mostra que a inoculação apresenta melhores resultados na primeira época em ambos os anos de cultivo. Esse resultado pode ser atribuído a condição de solo no momento da semeadura, que na segunda época, se encontra mais frio, podendo prejudicar ou reduzir a atividade da bactéria, que apresenta melhor atividade na temperatura de 37 °C (ECKERT et al., 2001).

Tabela 14 – Emergência de plantas das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013 e 2014.

Cultivares	Plantas m ⁻²			
	Época 1		Época 2	
	SI	CI	SI	CI
2013				
TBIO Itaipu	303,9 b B*	440,6 b A**	337,2 a A	288,3 a B
FUNDACEP Bravo	283,9 c A	305,6 c A	226,7 c A	196,1 C A
TBIO Pioneiro 2010	408,3 a A	358,3 c A	336,1 a A	273,3 a B
TEC Frontale	265,6 c A	327,8 c A	202,2 d A	185,0 c A
BRS 331	441,7 a A	487,8 a A	352,8 a A	267,2 a B
OR/ TBIO Quartzo	341,1 b B	416,1 b A	247,8 c B	292,8 a A
TEC 07-244	408,3 a A	392,8 b A	296,1 b A	231,1 b B
TEC Vigore	262,8 c B	374,4 c A	183,3 d A	189,7 c A
TEC 10	376,1 a A	311,1 c B	276,7 b A	235,6 b A
BRS 327	333,3 b A	320,6 c A	201,1 d A	214,4 b A
Média	342,5	373,5	266,0	342,5
2014				
TBIO Itaipu	304,4 d A	346,1 a A	255,0 b B	306,1 a A
FUNDACEP Bravo	269,4 d A	288,3 b A	207,2 c A	173,3 c A
TBIO Pioneiro 2010	438,3 a A	416,1 a A	351,1 a A	267,8 a B
TEC Frontale	306,1 d B	355,6 a A	207,8 c A	180,0 c A
BRS 331	338,9 c A	327,2 b A	286,7 b A	281,7 a A
OR/ TBIO Quartzo	353,3 c A	374,4 a A	276,7 b A	265,0 a A
TEC 07-244	346,1 c A	299,4 b A	282,2 b A	232,2 b B
TEC Vigore	288,3 d A	326,7 b A	262,8 b B	316,7 a A
TEC 10	388,9 b A	285,0 b B	273,9 b A	224,4 b B
BRS 327	326,1 c B	379,4 a A	272,8 b A	286,7 a A
Média	336,0	339,9	267,2	253,4

2013 (CV época 1: 18,47 %; época 2: 17,44 %); 2014 (CV época 1: 14,99 %; CV época 2: 16,75%)

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de inoculação, dentro da mesma época e ano. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação da inoculação em cada nível de cultivar, na mesma época de semeadura.

Entre os anos de cultivo, pode se verificar que não são as mesmas cultivares que apresentaram interação significativa com a bactéria, por exemplo, a cultivar OR/ TBIO Quartzo, no ano de 2013, apresentou aumento da emergência para as duas épocas, mas no segundo ano, não houve diferença significativa ao inocular as sementes. A especificidade planta-bactéria é ponto chave nos resultados com inoculação (BALDANI; BALDANI, 2005), sendo muito dependente

de fatores bióticos e abióticos da região da rizosfera (DUTTA; PODILE, 2010), que podem variar entre locais, épocas de semeadura e anos de cultivo e da composição química dos exudatos liberados pelas plantas (BIANCHET et al., 2013; BERGAMASCHI, 2007). Na segunda época, para ambos os anos, a inoculação se mostrou desfavorável, reduzindo a emergência em quatro e três cultivares enquanto melhorou em apenas uma e duas cultivares nos anos de 2013 e 2014, respectivamente. Um desequilíbrio hormonal pode ter causado este efeito, pois excesso de auxinas podem inibir o desenvolvimento radicular (TAIZ; ZEIGER, 2013), reduzindo a absorção de nutrientes e conseqüentemente, um menor crescimento.

O número de afilhos é um dos principais determinantes do rendimento em trigo (DAVIDSON; CHEVALIER, 1990), devido sua importância na contribuição do número de espigas por área. A obtenção de uma adequada população de plantas emergidas nos experimentos, sem necessidade de compensar falhas, resultou em baixa emissão de afilhos, ajustando a população (GROSS et al., 2009). Se houvesse afilhamento em grande quantidade, uma competição por luz e nutrientes entre os afilhos se instalaria (VALÉRIO et al., 2008), de modo que nenhum conseguira se desenvolver satisfatoriamente e poucos desenvolveriam espigas. As cultivares TEC Frontale e FUNDACEP Bravo foram as que apresentaram maior afilhamento na primeira época, independentemente do nível de inoculação (Tabela 15). Esses dois genótipos apresentaram número de plantas emergidas baixo, e conseqüentemente emitiram mais afilhos. Para Sangoi et al., (2007), é importante se estudar várias cultivares, pois elas diferem substancialmente na sua capacidade de emissão de afilhos, e demais características, podendo interferir na sua capacidade produtiva.

Na tabela 15, a interação tripla entre os fatores, mostra que na primeira época de 2013 a inoculação reduziu a emissão de afilhos em algumas cultivares e doses de N. A adubação nitrogenada também não proporcionou aumentos significativos na maioria das cultivares, apenas na BRS 331 sem inoculante e na FUNDACEP Bravo com inoculante. Na segunda época do mesmo ano, verifica-se aumento da emissão de afilhos com a inoculação na dose de 100 kg ha⁻¹ de N, a qual diferiu estatisticamente dos outros dois níveis de dose de N dentre as plantas inoculadas. A inoculação associada ao N mineral proporciona benefícios, quando

comparada aos fatores isolados (LEMOS et al., 2013) devido ao maior aproveitamento do N com a presença do inoculante (SAUBIDET et al., 2002).

Tabela 15 – Número de filhos por planta das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante e com inoculante, doses de N, nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013.

Cultivares	Afilhos planta ⁻¹		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
	Época 1		
	Sem inoculante		
TBIO Itaipu	1,9 a A α*	2,1 b A α**	1,4 b A α
FUNDACEP Bravo	1,7 a A α	2,3 b A α	2,4 a A α
TBIO Pioneiro 2010	1,3 a A α	2,1 b A α	1,4 b A α
TEC Frontale	1,6 a B α	3,4 a A α	1,9 a B α
BRS 331	0,5 b B α	0,2 c B α	1,3 b A α
OR/ TBIO Quartzo	0,9 b A α	0,9 c A α	0,8 b A α
TEC 07-244	0,8 b A α	0,8 c A α	1,0 b A α
TEC Vigore	1,8 a A α	1,8 b A α	1,9 a A α
TEC 10	0,7 b B α	1,9 b A α	1,0 b B α
BRS 327	1,5 a A α	2,1 b A α	1,2 b A α
Média	1,3	1,8	1,4
	Com inoculante		
TBIO Itaipu	0,4 b A β	1,0 b A β	0,7 b A α
FUNDACEP Bravo	1,2 a B α	2,2 a A α	2,0 a A α
TBIO Pioneiro 2010	1,7 a A α	1,0 b A β	1,7 a A α
TEC Frontale	1,6 a A α	1,4 a A β	1,9 a A α
BRS 331	0,6 b A α	0,6 b A α	0,4 b A β
OR/ TBIO Quartzo	0,6 b A α	0,7 b A α	0,7 b A α
TEC 07-244	0,9 b A α	1,0 b A α	0,9 b A α
TEC Vigore	0,8 b A β	1,5 a A α	1,1 b A β
TEC 10	1,3 a A α	1,5 a A α	0,9 b A α
BRS 327	1,0 b A α	1,6 a A α	1,0 b A α
Média	1,0	1,2	1,1
	Época 2		
Sem inoculante	0,9 a A	1,3 a A	1,2 b A
Com Inoculante	1,2 a B	1,2 a B	1,8 a A

CV época 1: 37,23 %; CV época 2: 50,79 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott. ** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N e inoculação na época 1 e interação da inoculação em cada nível de dose de N na época 2. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N em cada nível de cultivar e inoculação na época 1 e interação das doses de N em cada nível de inoculação na época 2. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de cultivar e dose de N.

No ano de 2014, a aplicação de N em cobertura favoreceu significativamente a emissão dos afilhos, concordando com resultados obtidos por Mundstock; Bredemeier (2002). Algumas cultivares responderam significativamente somente a dose de 50 kg, e outras para ambas as doses (Tabelas 16 e 17). Cultivares com maior potencial de afilhamento, geralmente respondem melhor a aumentos da adubação nitrogenada, tendo em vista que as menos exigentes já expressam seu potencial produtivo em doses menores. No entanto, um maior afilhamento não significa maior produtividade, tendo em vista que grande parte dos afilhos que são emitidos não resultam em espigas (DAVIDSON; CHEVALIER, 1990). Um dos motivos da baixa produtividade média das lavouras de trigo no Brasil é a pequena participação dos afilhos na formação do rendimento final (ALMEIDA et al., 2002). Os afilhos, além de serem importantes na composição do rendimento da cultura, são importantes para suprir assimilados ao colmo principal (SANGOI et al., 2007).

Tabela 16 – Número de afilhos por planta das diferentes cultivares de trigo, doses de N, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, na primeira época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.

Cultivares	Afilhos pl^{-1}				
	Dose de N			SI	CI
	0 kg de N ha^{-1}	50 kg de N ha^{-1}	100 kg de N ha^{-1}		
TBIO Itaipu	0,4 b B*	1,5 a A**	1,7 a A	1,5 a A	0,9 a B
FUNDACEP Bravo	0,8 a B	1,4 a A	1,7 a A	1,5 a A	1,2 a A
TBIO Pioneiro 2010	0,3 b B	0,5 b B	0,9 b A	0,6 b A	0,5 b A
TEC Frontale	0,7 a B	1,3 a A	1,2 b A	1,3 a A	0,8 a B
BRS 331	0,4 b B	0,6 b B	1,2 b A	0,7 b A	0,8 a A
OR/ TBIO Quartzo	0,4 b B	0,5 b B	1,0 b A	0,8 b A	0,5 b B
TEC 07-244	0,8 a A	0,6 b A	1,0 b A	0,9 b A	0,8 a A
TEC Vigore	0,6 a C	1,2 a B	1,8 a A	1,6 a A	0,8 a B
TEC 10	0,5 b B	1,0 a A	1,2 b A	0,8 b A	1,0 a A
BRS 327	0,8 a B	1,2 a B	1,6 a A	1,4 a A	0,9 a B
Média	06	1,0	1,3	1,1	0,8

CV 36,59 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N ou inoculação. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N ou inoculação em cada nível de cultivar, na mesma época de semeadura.

Na segunda época, verifica-se incrementos na emissão de afilhos com a inoculação apenas nas menores doses de N (0 e 50 kg de N ha⁻¹) sendo observado efeito contrário para a dose de 100 kg de N ha⁻¹. A bactéria se mostrou importante em doses baixas, onde a emissão dos afilhos estava sendo limitada por algum fator (disponibilidade de N). A presença de N mineral no ambiente é um dos fatores que influencia na interação da bactéria e a planta (DOBBELAERE et al., 2003), podendo não apresentar efeitos positivos quando existe N em maiores quantidades no ambiente.

A cultivar TEC 10 se mostrou responsiva à inoculação nos três níveis de dose de N, podendo ser devido à fixação biológica (SANTA et al., 2008) ou por uma maior concentração hormonal (REYNDERS; VLASSAK 1982) que a bactéria proporcionou, promovendo o crescimento.

Tabela 17 – Número de afilhos por planta das diferentes cultivares de trigo, doses de N, sem inoculante e com inoculante, doses de N, na segunda época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.

Cultivares	Afilhos pl^{-1}		
	0 kg de N ha^{-1}	50 kg de N ha^{-1}	100 kg de N ha^{-1}
Sem inoculante			
TBIO Itaipu	0,9 c A α^*	1,4 b A α^{**}	2,0 b A α
FUNDACEP Bravo	2,5 a B α	2,9 a B α	3,9 a A α
TBIO Pioneiro 2010	0,9 c A α	1,5 b A α	1,4 c A β
TEC Frontale	1,4 b C β	2,4 a B α	3,3 a A α
BRS 331	0,2 c A α	0,5 c A α	0,5 c A α
OR/ TBIO Quartzo	0,6 c A α	0,6 c A β	0,7 c A α
TEC 07-244	1,7 b A α	1,1 b A β	1,2 c A α
TEC Vigore	1,4 b A α	1,6 b A α	2,1 b A α
TEC 10	0,7 c B β	1,3 b B β	1,9 b A β
BRS 327	0,5 c B α	0,8 c B β	2,2 b A α
Média	1,1	1,4	1,9
Com inoculante			
TBIO Itaipu	0,3 c A α	0,7 b A α	1,1 c A β
FUNDACEP Bravo	2,9 a A α	2,3 a A α	3,2 a A α
TBIO Pioneiro 2010	1,6 b B α	1,3 b B α	2,6 b A α
TEC Frontale	2,5 a A α	3,0 a A α	2,4 b A β
BRS 331	0,7 c A α	0,7 b A α	1,3 c A α
OR/ TBIO Quartzo	1,0 c B α	1,9 a A α	1,1 c B α
TEC 07-244	1,7 b A α	2,6 a A α	2,0 b A α
TEC Vigore	0,8 c A α	1,1 b A α	1,0 c A β
TEC 10	2,4 a B α	2,2 a B α	3,4 a A α
BRS 327	1,0 c B α	1,7 b A α	0,7 c B β
Média	1,5	1,8	1,9

CV 31,76 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N e inoculação. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N em cada nível de cultivar e inoculação. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de cultivar e dose de N.

O número de espigas por área é um componente muito importante do rendimento na cultura do trigo (MUNDSTOCK; BREDEMEIER, 2002), sendo dependente do afilhamento e da sobrevivência dos afilhos. As cultivares apresentaram um bom número de espigas m^{-2} , mas pode-se destacar as cultivares TBIO Itaipu, FUNDACEP Bravo, TBIO Pioneiro 2010, TEC Frontale e TEC 07-244 como sendo as que mais espigas apresentaram, em ambos anos e épocas, obtendo valores próximos ou superiores a 500 espigas m^{-2} , que é

considerado um marco para a obtenção de bons rendimentos (CUNHA et al., 1996). A inoculação não se mostrou eficiente em aumentar o número de espigas (Tabela 18). Verificou-se apenas diferenças pontuais em algumas cultivares, sendo que nas diferentes épocas e anos, não são as mesmas cultivares que apresentaram os efeitos. Portanto, as observações são insuficientes para indicar que o inoculante favorece ou prejudica a emissão de espigas.

Tabela 18 – Número de espigas m⁻² das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI). CCGL, Cruz Alta, 2013 e 2014.

Cultivar	Espigas m ⁻²			
	Época 1 - 2013	Época 1 - 2014		
		SI	CI	
TBIO Itaipu	557,8 a*	434,7 b A**	420,8 b A	
FUNDACEP Bravo	503,9 b	459,7 a A	413,9 b A	
TBIO Pioneiro 2010	490,8 b	487,8 a A	436,1 b B	
TEC Frontale	567,5 a	457,2 a A	444,4 b A	
BRS 331	438,3 b	405,8 b A	400,8 b A	
OR/ TBIO Quartzo	437,5 b	452,8 a A	458,3 b A	
TEC 07-244	507,5 b	457,5 a A	498,3 a A	
TEC Vigore	436,9 b	418,1 b A	458,9 b A	
TEC 10	472,2 b	492,2 a A	525,0 a A	
BRS 327	441,9 b	412,8 b B	481,9 a A	
Média	485,4	447,9	453,9	

Cultivar	Época 2 - 2013		Época 2 - 2014	
	SI	CI	SI	CI
	TBIO Itaipu	538,9 a A*	497,8 a A**	519,7 a A
FUNDACEP Bravo	463,3 a A	430,6 b A	508,1 a A	537,8 b A
TBIO Pioneiro 2010	481,7 a A	510,0 a A	532,5 a A	536,1 b A
TEC Frontale	459,4 a A	439,4 b A	540,3 a A	442,5 c B
BRS 331	415,0 b A	337,8 c B	418,9 b A	430,8 c A
OR/ TBIO Quartzo	355,6 b A	395,0 b A	400,6 b A	385,3 c A
TEC 07-244	483,3 a A	468,9 a A	456,7 b B	617,8 a A
TEC Vigore	377,8 b A	385,3 b A	481,4 a A	480,6 c A
TEC 10	363,9 b A	242,2 d B	515,0 a A	489,4 c A
BRS 327	370,6 b A	411,7 b A	396,1 b A	448,9 c A
Média	430,9	411,9	476,9	490,2

CV 2013 (Época 1: 13,91 %; Época 2: 18,26 %) CV 2014 (Época 1: 11,76 %; Época 2: 15,92 %)

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam o efeito principal do fator cultivar na época 1 de 2013 e a interação das cultivares dentro de cada nível de inoculação nos demais. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação dos níveis de inoculação em cada cultivar.

A adubação nitrogenada favoreceu a emissão de espigas (Tabela 19), porém, observou-se somente na primeira época de 2014 interações cultivar-dose de N, onde que, para as cultivares OR/ TBIO quartzo, TEC Vigore, TEC 10 e BRS 327 a aplicação de N não interferiu significativamente no número de espigas. Para as demais cultivares, houve incrementos nesta variável com a aplicação de 50 kg, que não diferiu estatisticamente da dose de 100 kg de N ha⁻¹. Este efeito também foi observado na primeira época de 2013, onde o efeito principal da adubação nitrogenada foi igual para as doses de 50 e 100 kg de N ha⁻¹, diferindo apenas da dose 0 kg de N ha⁻¹. Devido a alta população emergida na primeira época de ambos os anos, não foi necessário que uma grande quantidade de afilhos desenvolvesse espigas, portanto, com a menor dose de N, já se obteve a demanda necessária para um bom número de espigas.

Na segunda época de ambos os anos se observou, diferentemente do que na época 1, significativos aumentos do número de espigas com o aumento da dose de N. Esse aumento pode ser relacionado com a população de plantas emergidas, que foi menor na segunda época, sendo a adubação nitrogenada importante para emitir mais afilhos, e conseqüentemente, mais espigas. O número de espigas por área é influenciado pelo número de sementes por área utilizado, que, apesar do aumento progressivo do número de sementes, o número de espigas não aumenta proporcionalmente, o que possivelmente esteja associado à morte de plantas e a menor emissão de afilhos à medida que aumentou-se a quantidade de sementes (ALVARENGA et al., 2009).

Tabela 19 – Número de espigas m⁻² das diferentes cultivares de trigo, doses de N, nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013 e 2014.

Época - Ano	Espigas m ⁻²		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
Época 1 - 2013	447,9 B*	503,3 A**	505,1 A
Época 2 - 2013	383,9 C	414,0 B	466,3 A
Época 2 - 2014	397,9 C	502,9 B	549,9 A
Época 1 - 2014			
TBIO Itaipu	301,2 b B	479,6 a A	502,5 a A
FUNDACEP Bravo	388,7 a B	470,0 a A	451,7 b A
TBIO Pioneiro 2010	420,8 a B	470,0 a A	495,0 a A
TEC Frontale	398,7 a B	478,7 a A	475,0 b A
BRS 331	351,2 b B	436,2 a A	422,5 b A
OR/ TBIO Quartzo	453,7 a A	441,7 a A	471,2 b A
TEC 07-244	430,0 a B	501,2 a A	502,5 a A
TEC Vigore	417,1 a A	470,8 a A	427,5 b A
TEC 10	480,0 a A	520,3 a A	525,0 a A
BRS 327	440,4 a A	442,9 a A	458,7 b A
Média	408,2	471,2	473,2

2013 (CV época 1: 13,91 %; época 2: 18,26 %); 2014 (CV época 1: 11,76 %; CV época 2: 15,92%)

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott. ** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada dose de N na época 1 de 2014. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam os efeitos principais das doses de N nas épocas 1 e 2 de 2013 e época 2 de 2014, e a interação das doses de N em cada cultivar na época 1 de 2014.

A produtividade do experimento em Cruz Alta foi satisfatória, e do mesmo modo que em Santa Maria, atingiram patamares superiores às médias do estado do Rio Grande do Sul em ambos os anos de cultivo. No ano de 2013, a cultivar TBIO Itaipu foi a mais produtiva, em ambas as épocas de semeadura e doses de N, porém quando aplicado 50 kg ha⁻¹ de N esta não se difere da BRS 327 e na dose de 100 kg ha⁻¹ de N não se difere da BRS 327 e OR/ TBIO Quartzo (Tabela 20). Isso indica, que a cultivar BRS Itaipu, apresenta uma boa produtividade, mesmo sem aplicação de N, mas quando este é fornecido, ela responde com aumentos significativos de produtividade, diferente da BRS 327 e OR/ TBIO Quartzo que foram mais produtivas a partir de receber certa quantidade de adubo nitrogenado.

Na primeira época de semeadura, as doses de nitrogênio resultaram em aumentos significativos para todas as cultivares, exceto a TEC 10, no entanto, somente na cultivar OR/ TBIO Quartzo a dose de 100 kg ha⁻¹ de N apresentou

aumentos significativos (Tabela 20). Neste ano e época, o ambiente estava favorável para o desenvolvimento do trigo (precipitação, temperaturas) e por isso a cultura apresentou boas produtividades, mesmo sem receber nenhum fertilizante nitrogenado, e quando se aplicou 50 Kg ha⁻¹, a cultura atingiu seu potencial quanto ao uso do N, não aproveitando o restante para rendimento de grãos. Possivelmente, nesta condição, a cultura passava a ter outro limitante, e não mais a deficiência de N. Na segunda época, não se observou diferenças significativas entre as doses de 50 e 100 Kg de N ha⁻¹, apenas destas para a testemunha sem adubação, seguindo a mesma tendência da primeira época de cultivo.

A inoculação apresentou interação com as cultivares, proporcionando incrementos de produtividade de 10,5% na cultivar TEC Frontale, porém, reduzindo significativamente a produtividade de dois materiais (OR/ TBIO Quartzo e TEC 10). Esses resultados mostram a especificidade da bactéria com cada genótipo (HUNGRIA et al., 2010), porém, a maioria deles se mostra indiferente ao uso do inoculante. A inoculação apresenta custo baixo, sendo assim, pequenos incrementos de produtividade justificam sua utilização. Para Sala et al. (2008), aumentos acima de 15,43 kg ha⁻¹ de grãos já justificariam a prática da inoculação.

Tabela 20 – Produtividade de grãos das diferentes cultivares de trigo, doses de N, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013.

Cultivar	Produtividade Kg ha ⁻¹		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
	ÉPOCA 1 - 2013		
TBIO Itaipu	4181,6 a B*	4894,6 a A**	5109,5 a A
FUNDACEP Bravo	2856,1 c B	3290,9 d A	2611,0 d B
TBIO Pioneiro 2010	3421,4 b B	4072,4 c A	4169,3 b A
TEC Frontale	3153,6 c B	3701,9 c A	3512,4 c A
BRS 331	3109,8 c B	3745,1 c A	4097,9 b A
OR/ TBIO Quartzo	3421,2 b C	4315,0 b B	4762,8 a A
TEC 07-244	3789,5 b B	4231,6 b A	4326,7 b A
TEC Vigore	3631,2 b B	4005,3 c A	4253,9 b A
TEC 10	3503,7 b A	3850,3 c A	3793,6 c A
BRS 327	3582,7 b B	4740,4 a A	4514,6 a A
Média	3465,1	4084,8	4115,2
	Época 1 - 2013		Época 2 - 2013
	SI	CI	
TBIO Itaipu	4870,5 a A*	4586,7 a A**	3750,9 a
FUNDACEP Bravo	3006,7 e A	2832,0 d A	2590,1 c
TBIO Pioneiro 2010	3768,9 d A	4006,5 b A	3405,9 b
TEC Frontale	3283,0 e B	3628,9 c A	3332,6 b
BRS 331	3693,3 d A	3608,5 c A	3432,0 b
OR/ TBIO Quartzo	4408,2 b A	3924,4 b B	3538,9 a
TEC 07-244	4201,3 b A	4030,5 b A	3191,7 b
TEC Vigore	3940,1 c A	3986,9 b A	3323,1 b
TEC 10	4004,0 c A	3427,7 c B	2691,0 c
BRS 327	4199,7 b A	4358,8 a A	3349,4 b
Média	3937,6	3839,1	3260,6
ÉPOCA 2 - 2013			
Produtividade Kg ha ⁻¹	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
	2997,4 B	3354,3 A	3430,0 A

CV época 1: 8,67 %; CV época 2: 12,35 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada dose de N na época 1. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N em cada cultivar na época 1 e os efeitos principais das doses de N na época 2.

Para as duas épocas de semeadura de 2014, a cultivar TEC Vigore foi a mais produtiva em ambos os níveis de adubação nitrogenada e inoculação. Diferente do observado no ano de 2013, onde a cultivar mais produtiva foi a BRS

Itaipu, mostrando o quanto cada cultivar é sensível a mudanças de ambiente, sendo muito difícil de estudá-las em diferentes locais, anos e épocas de semeadura. Essa cultivar se mostrou muito tolerante ao clima chuvoso deste ano, atingindo elevadas produtividades (Tabela 21).

Na época 1, a inoculação da bactéria se mostrou prejudicial, principalmente nas parcelas que não receberam adubação nitrogenada, indicando que na ausência de N mineral, estas não são capazes de fixar N atmosférico e contribuir para o aumento da produtividade da cultura. Na segunda época, a inoculação se mostrou favorável nos genótipos FUNDACEP Bravo e TEC 07-244, com aumentos de 14% e 21%, respectivamente, porém reduzindo a produtividade do BRS 327. Piccinin et al. (2013) verificou incremento de 559 kg ha⁻¹ na produtividade do trigo na dose de 50 kg de N ha⁻¹, igualando a produtividade ao tratamento de 100 kg de N ha⁻¹, destacando que as bactérias diazotróficas são eficazes na fixação do nitrogênio atmosférico, e que podem proporcionar economia de 50 % da adubação nitrogenada.

A adubação nitrogenada contribuiu com incrementos significativos na produtividade nas duas épocas de semeadura, porém, da mesma forma que em 2013, a maioria das cultivares se limitou a aumentos significativos somente até a dose de 50 kg ha⁻¹, não respondendo à dose mais elevada. A cultivar TEC 10, em ambos os anos não respondeu à adubação nitrogenada na primeira época, apresentando um rendimento constante nas três doses de N, sendo considerado bom para a testemunha sem N, porém, baixo para as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹, quando comparada aos demais genótipos estudados. Para a segunda época, as cultivares FUNDACEP Bravo, TBIO Pioneiro 2010 e TEC 07-244 não responderam a nenhuma dose de N aplicada, pois possivelmente estava havendo limitações maiores do que a falta de N, e a planta não teve condições de absorver esse nutriente, ou de aproveitar ele para produzir grãos.

Tabela 21 – Produtividade de grãos das diferentes cultivares de trigo, sem e com inoculante, doses de N, na primeira época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.

Cultivar	Produtividade Kg ha ⁻¹		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
Sem inoculante			
TBIO Itaipu	1976,3 b C α*	2508,6 d B α**	3394,8 b A α
FUNDACEP Bravo	2019,2 b B α	2769,4 c A α	2773,8 c A α
TBIO Pioneiro 2010	1910,8 b B α	2863,0 c A α	3206,1 b A α
TEC Frontale	1992,3 b B α	2420,1 d A α	2621,6 c A α
BRS 331	1727,6 c B α	2308,7 d A α	2503,6 c A α
OR/ TBIO Quartzo	1845,6 c B α	2566,4 d A α	2871,7 c A α
TEC 07-244	1517,4 c C α	2238,2 d B α	2698,6 c A α
TEC Vigore	3059,6 a B α	3604,0 a A α	3889,4 a A α
TEC 10	2146,1 b A α	2416,1 d A α	2470,6 c A α
BRS 327	2343,6 b C α	3137,3 b B α	3802,0 a A α
Média	2053,9	2683,2	3023,2
Com inoculante			
TBIO Itaipu	1493,0 c B β	2620,1 b A α	2704,8 c A β
FUNDACEP Bravo	1971,8 b B α	2124,9 c B β	2985,5 b A α
TBIO Pioneiro 2010	1795,8 b C α	2434,7 b B β	3219,6 b A α
TEC Frontale	1569,4 c B β	2284,1 c A α	2627,1 c A α
BRS 331	1710,8 b B α	2034,0 c B α	2696,1 c A α
OR/ TBIO Quartzo	1398,5 c B β	2544,3 b A α	2678,3 c A α
TEC 07-244	1311,1 c B α	2139,8 c A α	2349,2 c A α
TEC Vigore	2645,4 a C β	3466,2 a B α	4031,2 a A α
TEC 10	1965,8 b B α	2704,4 b A α	2673,6 c A α
BRS 327	1920,9 b C β	2794,5 b B α	3199,9 b A β
Média	1778,3	2514,7	2916,5

CV 9,8 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N e inoculação. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N em cada nível de cultivar e inoculação. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de cultivar e dose de N.

Tabela 22 – Produtividade de grãos das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, na segunda época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.

Cultivar	Produtividade Kg ha ⁻¹		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
TBIO Itaipu	1632,3 c B*	2343,8 b A**	2482,5 c A
FUNDACEP Bravo	2364,7 a A	2515,7 b A	2325,6 c A
TBIO Pioneiro 2010	1329,0 d A	1448,0 c A	1689,0 d A
TEC Frontale	2240,3 a B	2939,0 a A	2697,2 c A
BRS 331	770,1 e B	1091,0 d A	1209,4 e A
OR/ TBIO Quartzo	1722,8 c C	2525,2 b B	2862,3 b A
TEC 07-244	2518,7 a A	2642,3 b A	2792,9 b A
TEC Vigore	2372,0 a B	3028,0 a A	3251,2 a A
TEC 10	2229,7 a B	2697,0 b A	2572,5 c A
BRS 327	1921,3 b C	2432,0 b B	2881,0 b A
Média	1910,1	2366,2	2476,4
	SI	CI	
TBIO Itaipu	2225,4	b A	2080,4
FUNDACEP Bravo	2245,2	b B	2558,9
TBIO Pioneiro 2010	1449,7	c A	1527,6
TEC Frontale	2694,1	a A	2556,9
BRS 331	993,6	d A	1053,4
OR/ TBIO Quartzo	2333,8	b A	2406,4
TEC 07-244	2395,8	b B	2906,8
TEC Vigore	2911,7	a A	2855,8
TEC 10	2570,9	a A	2428,5
BRS 327	2658,9	a A	2163,9
Média	2247,9		2253,9

CV 12,71 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott. ** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N ou inoculação. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação dos níveis de dose de N ou inoculação em cada cultivar.

A MH no ano de 2013 foi elevado, atingindo valores acima de 80 Kg hL⁻¹ para a cultivar BRS 327 na primeira época de semeadura (Tabela 23), porém não diferindo estatisticamente das cultivares TBIO Itaipu, TBIO Pioneiro 2010 e TEC Vigore, independente no nível de inoculação. Essas cultivares não foram necessariamente as mais produtivas, porém a qualidade do grão é um fator muito importante a ser analisado na hora de escolher qual material colocaremos no campo, sempre buscando associar quantidade com qualidade. Para esta época, a

cultivar TBIO Itaipu se mostrou superior tanto em produtividade como em valor de MH, se mostrando uma boa alternativa a ser utilizada.

A inoculação de *Azospirillum* na primeira época de 2013 apresentou aumento de MH apenas na cultivar TEC 10, mas em contra partida, promoveu a redução na cultivar TEC 07-244, e não apresentou diferenças significativas nas demais (Tabela 23). No entanto, considerando o valor de MH 78 como referência, foi observado quatro cultivares acima deste valor sem o uso do inoculante, e com o seu uso, cinco cultivares. Isso mostra, que a inoculação, por menor que seja sua contribuição para o MH do trigo, pode ser uma opção viável para se aumentar a qualidade dos grãos. Para a segunda época do mesmo ano, a inoculação afetou negativamente a cultura, ocasionando redução significativa do MH, sendo os valores médios observados de 75,87 e 75,68 Kg hL⁻¹ respectivamente para as parcelas não inoculadas e inoculadas.

Tabela 23 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013.

Cultivar	MH - Kg hL ⁻¹		
	Época 1 - 2013		Época 2 - 2013
	SI	CI	
TBIO Itaipu	79,2 a A*	79,4 a A**	76,4 b
FUNDACEP Bravo	75,2 c A	76,0 c A	75,5 d
TBIO Pioneiro 2010	79,5 a A	80,6 a A	76,6 b
TEC Frontale	76,8 b A	76,5 c A	76,3 b
BRS 331	77,6 b A	78,0 b A	73,5 f
OR/ TBIO Quartzo	77,6 b A	77,2 c A	75,3 d
TEC 07-244	76,9 b A	73,7 d B	76,1 b
TEC Vigore	79,2 a A	80,0 a A	75,7 c
TEC 10	74,0 d B	76,5 c A	74,9 e
BRS 327	80,5 a A	80,4 a A	77,4 a
Média	77,6	77,8	75,8
Época - Ano	0 kg de N ha⁻¹	50 kg de N ha⁻¹	100 kg de N ha⁻¹
Época 1 - 2013	77,9 A	77,8 A	77,5 A
Época 2 - 2013	75,6 B	75,8 A	75,9 A

CV época 1: 1,55 %; CV época 2: 0,81%

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott. ** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de inoculação na época 1, e o efeito principal de cultivar na época 2. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação da inoculação em cada cultivar, na época 1 e os efeitos principais das doses de N nas duas épocas de 2013.

No segundo ano de experimento, o MH foi de maneira geral inferior do que em 2013. Isso devido ao excesso de chuvas ocorrido no ciclo da cultura, afetando o rendimento e qualidade dos grãos, principalmente na segunda época de semeadura. Os maiores valores de MH foram obtidos na primeira época de experimento na cultivar BRS 327, independente da dose de N ou nível de inoculação, e na cultivar TEC Vigore inoculada em ambas as doses de N (Tabela 24). Estas duas cultivares foram as que mais se destacaram na primeira época de 2013, mostrando sua estabilidade para esta variável, mesmo com a variação do ambiente.

A inoculação das sementes ocasionou redução do valor de MH na maioria das cultivares estudadas em pelo menos um nível de dose de N. A cultivar TEC 07-244 apresentou redução do MH nas três doses de nitrogênio testadas, mostrando uma incompatibilidade desta com a bactéria para esta variável resposta. Também se pode destacar o fato que ocorreu mais redução de MH nas doses de 0 Kg ha⁻¹ de N (50 % das cultivares) e 50 Kg ha⁻¹ de N (40 % das cultivares) (Tabela 24). Isso mostra, que na dose de 100 kg ha⁻¹ de N, que apresentou apenas redução para uma cultivar, o inoculante se mostrou indiferente, sendo a elevada aplicação superando o efeito negativo causado pela bactéria. Na segunda época (Tabela 25) a prática da inoculação apresentou melhorias no valor de MH nas cultivares TEC 10 e BRS 327, porém reduziu das cultivares TBIO Itaipu e TEC Frontale.

Tabela 24 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, sem e com inoculante, doses de N, na primeira época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.

Cultivar	MH - Kg hL-1		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
Sem inoculante			
TBIO Itaipu	75,1 c A α*	74,5 b A α**	73,6 c A α
FUNDACEP Bravo	70,4 e B α	71,9 c A α	69,6 d B α
TBIO Pioneiro 2010	74,6 c A α	76,3 a A α	75,4 b A α
TEC Frontale	74,9 c A α	75,8 b A α	73,8 c B α
BRS 331	74,6 c A α	72,0 c B α	72,4 c B α
OR/ TBIO Quartzo	74,2 c A α	75,7 b A α	74,7 b A α
TEC 07-244	70,7 e C α	72,2 c B α	74,2 b A α
TEC Vigore	76,1 b A α	77,3 a A α	76,4 a A α
TEC 10	72,3 d A α	72,4 c A α	72,9 c A α
BRS 327	77,5 a A α	76,9 a A α	76,9 a A α
Média	74,0	74,5	74,0
Com inoculante			
TBIO Itaipu	74,6 b A α	75,7 b A α	74,6 b A α
FUNDACEP Bravo	69,5 d A α	68,5 d A β	70,1 d A α
TBIO Pioneiro 2010	74,3 b A α	74,6 b A β	74,8 b A α
TEC Frontale	73,2 c B β	75,2 b A α	73,8 b B α
BRS 331	72,9 c A β	72,2 c A α	71,6 c A α
OR/ TBIO Quartzo	71,8 c B β	73,0 c A β	73,9 b A α
TEC 07-244	65,5 e B β	68,7 d A β	69,9 d A β
TEC Vigore	75,7 a B α	77,3 a A α	77,1 a A α
TEC 10	69,6 d B β	71,9 c A α	71,6 c A α
BRS 327	76,0 a B α	78,2 a A α	76,6 a B α
Média	72,3	73,5	73,4

CV 1,19 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott. ** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N e inoculação. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N em cada nível de cultivar e inoculação. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de cultivar e dose de N.

A adubação nitrogenada apresentou resultados muito específicos para cada cultivar testada na primeira época de semeadura (Tabela 24), pois em alguns materiais houve aumento do MH com o aumento da adubação nitrogenada, porém em outros, houve redução. Ao se analisar apenas as doses de N dentro do fator inoculação, nota-se que quando inoculadas as sementes, ocorre um aumento dos valores de MH conforme o aumento da dose de N para a

maioria das cultivares, e o contrário para as sementes não inoculadas. Isso pode ser explicado pela participação da bactéria em fixar N nas fases de enchimento de grão. Há indicações de que plantas infectadas tendem a absorver mais N após a antese, quando comparadas a plantas não inoculadas e com mesma adubação nitrogenada (DIDONET et al, 1996), o que pode ocasionar o aumento de proteína no grão, e consequente aumento de MH.

Tabela 25 – Massa do hectolitro (MH) das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, na segunda época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.

Cultivar	MH - Kg hL ⁻¹			
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹	
TBIO Itaipu	74,3 d A*	73,7 e A**	73,5 c A	
FUNDACEP Bravo	77,6 b A	74,9 d B	72,6 c C	
TBIO Pioneiro 2010	73,9 d A	73,3 e A	72,7 c A	
TEC Frontale	79,3 a A	78,8 a A	77,2 a B	
BRS 331	72,0 e A	70,8 f B	70,1 d B	
OR/ TBIO Quartzo	76,1 c A	75,3 d A	76,0 b A	
TEC 07-244	78,4 b A	77,6 b A	76,5 a B	
TEC Vigore	76,0 c A	76,0 c A	75,4 b A	
TEC 10	75,5 c A	74,8 d A	72,2 c B	
BRS 327	76,3 c A	76,0 c A	75,3 b A	
Média	75,9	75,1	74,1	
	SI	CI		
TBIO Itaipu	74,5	d A	73,2	e B
FUNDACEP Bravo	75,2	c A	74,8	d A
TBIO Pioneiro 2010	73,3	e A	73,3	e A
TEC Frontale	79,0	a A	78,0	a B
BRS 331	70,7	f A	71,2	f A
OR/ TBIO Quartzo	75,9	c A	75,7	c A
TEC 07-244	77,3	b A	77,7	a A
TEC Vigore	75,9	c A	75,7	c A
TEC 10	73,5	e B	74,9	d A
BRS 327	75,1	c B	76,6	b A
Média	75,0		75,1	

CV 1,24 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott. ** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N ou inoculação. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação dos níveis de dose de N ou inoculação em cada cultivar.

Na segunda época (Tabela 25) houve uma significativa redução de MH em 50 % das cultivares, e no restante, não houve efeito da aplicação de N. Essa redução está associada à relação inversa entre rendimento e MH, devido ao menor acúmulo de proteína nos grãos.

A variável massa de 1000 grãos para os experimentos do ano de 2013 está apresentada na tabela 26, sendo que em ambas as épocas de semeadura, as cultivares não apresentaram interações significativas com os demais fatores. A cultivar que apresenta a maior massa de 1000 grãos é a BRS 327. Esta variável é um dos importantes componentes do rendimento da cultura, e ao relacionar esta variável com o rendimento de grãos, pode se observar que os genótipos com as maiores produtividades (BRS 327, TBIO Itaipu e OR/ TBIO Quartzo) foram os que apresentaram as maiores massa de 1000 grãos. As menores produtividades foram observadas nas cultivares TEC 10, FUNDACEP Bravo e TEC Frontale, que apresentaram baixos valores para massa de 1000 grãos.

A inoculação não apresentou efeito significativo na época 1, porém, ao se observar o efeito das doses de N, nota-se uma redução na massa dos grão com o aumento da quantidade de N fornecido somente quando não se inoculou as sementes. Quando inoculadas, a massa dos grãos não apresentou esse efeito de redução, possivelmente por uma contribuição da bactéria no acúmulo de N nos grãos, principalmente na fase de enchimento de grãos. Na segunda época, o efeito principal do inoculante proporcionou significativo aumento na massa de 1000 grãos, que foi de 33,54 e 34,48 gramas na média dos tratamentos sem e com inoculante, respectivamente. Esses resultados corroboram com os encontrados por Sala et al. (2007), onde independentemente da dose de N ou cultivar utilizada, houve acréscimo na massa de 1000 grãos pela inoculação de bactérias diazotróficas. Isso pode ter ocorrido, segundo Didonet et al. (2000) devido ao melhor aproveitamento da biomassa gerada, em benefício da produção de grãos.

O efeito de redução da massa de 1000 grãos com o aumento da adubação nitrogenada também foi observado na segunda época de 2013, onde as médias das doses 0 e 50 kg ha⁻¹ foram respectivamente de 34,44 e 34,31 g, que não diferiram entre si, porém diferindo significativamente da dose de 100 kg ha⁻¹ de N, onde se observou massa de 33,28 g em 100 grãos. Essa redução, do mesmo

modo que ocorreu com o MH, pode estar associada a relação inversa existente entre rendimento e qualidade. Rodrigues et al. (2014), obtiveram maiores médias em massa de 100 grãos em sementes que foram inoculadas com *A. brasilense*, sem a aplicação de N. O mesmo autor cita que em condições de baixa adubação nitrogenada, a planta muda o sentido do particionamento dos fotoassimilados, investindo na massa dos grãos e, em quantidades adequadas, se direcionam para o aumento em número e comprimento das estruturas reprodutivas. Os altos rendimentos proporcionados pelas maiores doses de N podem ter apresentado um menor acúmulo de fotoassimilados nos grãos.

Tabela 26 – Massa 1000 grãos das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, nas duas épocas de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2013.

Cultivar	Massa 1000 grãos (g)	
	Época 1 - 2013	ÉPOCA 2 - 2013
TBIO Itaipu	37,6 c*	35,9 c**
FUNDACEP Bravo	30,3 f	27,9 g
TBIO Pioneiro 2010	36,1 d	32,2 f
TEC Frontale	29,6 f	27,8 g
BRS 331	34,7 e	34,3 d
OR/ TBIO Quartzo	38,7 b	37,0 b
TEC 07-244	34,2 e	32,1 f
TEC Vigore	37,2 c	35,5 c
TEC 10	34,0 e	33,2 e
BRS 327	44,2 a	44,0 a
Média	35,7	34,0

Dose N	Época 1 - 2013		
	SI	CI	Média
0 kg de N ha⁻¹	36,2 a A	35,7 a A	35,9
50 kg de N ha⁻¹	36,0 a A	35,3 a A	35,6
100 kg de N ha⁻¹	35,0 b A	35,8 a A	35,4

CV época 1: 5,02 %; CV época 2: 4,25 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott. ** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam os efeitos principais do fator cultivar nas duas épocas, e a interação das doses de N dentro de cada nível de inoculação na época 1. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação dos níveis de inoculação em cada dose de N.

Nas tabelas 27 e 28 estão apresentados as interações triplas para as duas épocas de semeadura no ano de 2014, se destacando a cultivar BRS 327 em ambas as épocas. Isso mostra que existe um carácter genético muito forte, sendo

expressado nos diferentes ambientes (épocas e anos). O aumento da adubação nitrogenada resultou em redução na massa de 1000 grãos em algumas cultivares, independente da nível de inoculação, mostrando o mesmo efeito do ano de 2013.

Quanto à inoculação, na primeira época ela apresentou algumas interações muito pontuais, sendo insuficientes para entender se existe algum efeito benéfico, maléfico ou mesmo, nenhum efeito.

Tabela 27 – Massa 1000 grãos das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, na primeira época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.

Cultivar	Massa 1000 grãos (g)		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
	Sem inoculante		
TBIO Itaipu	28,6 c A α*	28,0 c A α**	28,7 b A α
FUNDACEP Bravo	27,4 d A α	27,4 d A α	26,8 c A α
TBIO Pioneiro 2010	25,5 e A α	26,4 d A β	26,8 c A α
TEC Frontale	26,5 e A α	26,9 d A α	26,0 c A α
BRS 331	28,8 c A α	29,4 c A α	28,4 b A α
OR/ TBIO Quartzo	31,2 b A α	31,4 b A α	28,5 b B α
TEC 07-244	27,7 d A α	28,9 c A α	29,0 b A α
TEC Vigore	30,3 b A α	31,3 b A α	29,0 b B β
TEC 10	29,0 c A α	29,0 c A α	28,8 b A α
BRS 327	36,6 a A α	36,2 a A α	36,0 a A α
	29,2	29,5	28,8
	Com inoculante		
TBIO Itaipu	28,4 c A α	28,5 c A α	28,8 c A α
FUNDACEP Bravo	27,2 d A α	24,9 e B β	25,7 d B α
TBIO Pioneiro 2010	26,2 d B α	28,5 c A α	25,4 d B α
TEC Frontale	25,9 d A α	27,0 d A α	25,6 d A α
BRS 331	28,5 c A α	28,0 c A α	29,4 c A α
OR/ TBIO Quartzo	30,9 b A α	30,3 b A α	28,8 c B α
TEC 07-244	28,2 c A α	29,2 c A α	28,4 c A α
TEC Vigore	31,6 b A α	31,0 b A α	31,8 b A α
TEC 10	30,7 b A α	28,9 c A α	29,3 c A α
BRS 327	34,8 a A β	35,9 a A α	36,2 a A α
Média	29,2	29,2	29,0

CV 3,51 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott. ** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N e inoculação. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N em cada nível de cultivar e inoculação. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de cultivar e dose de N.

Tabela 28 – Massa 1000 grãos das diferentes cultivares de trigo, sem inoculante (SI) e com inoculante (CI), doses de N, na segunda época de semeadura. CCGL, Cruz Alta, 2014.

Cultivar	Massa 1000 grãos (g)		
	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹
Sem inoculante			
TBIO Itaipu	29,1 b A α*	28,6 b A α**	24,3 c B β
FUNDACEP Bravo	26,0 c A α	24,0 c A α	24,8 c A α
TBIO Pioneiro 2010	25,9 c A α	24,9 c A α	26,5 c A α
TEC Frontale	28,7 b A α	25,9 c B α	24,4 c B α
BRS 331	28,8 b A α	25,4 c B β	25,1 c B β
OR/ TBIO Quartzo	31,0 a A α	28,9 b A α	30,9 a A α
TEC 07-244	27,7 b A β	27,1 b A β	26,6 c A β
TEC Vigore	30,2 a A α	29,5 b A β	29,0 b A α
TEC 10	27,8 b A α	27,4 b A β	25,9 c A β
BRS 327	32,7 a A α	34,3 a A α	32,6 a A α
Média	28,8	27,6	27,0
Com inoculante			
TBIO Itaipu	28,0 c A α	26,8 d A α	26,5 c A α
FUNDACEP Bravo	27,0 d A α	24,0 e B α	25,2 c B α
TBIO Pioneiro 2010	24,0 d A α	26,5 d A α	24,9 c A α
TEC Frontale	25,3 c A β	26,2 d A α	25,7 c A α
BRS 331	28,3 c A α	27,6 d A α	27,5 c A α
OR/ TBIO Quartzo	30,9 b A α	30,5 c A α	29,4 b A α
TEC 07-244	30,0 b A α	30,1 c A α	28,9 b A α
TEC Vigore	28,4 c B α	37,8 a A α	29,4 b B α
TEC 10	27,6 c B α	30,8 c A α	28,3 b B α
BRS 327	33,2 a A α	33,3 b A α	32,9 a A α
Média	28,3	29,4	27,9

CV 4,54 %

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott. ** Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das cultivares dentro de cada nível de dose de N e inoculação. Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das doses de N em cada nível de cultivar e inoculação. Letras gregas apresentadas na coluna representam a interação da inoculação dentro de cada nível de cultivar e dose de N.

Verifica-se aumentos na massa de 1000 grãos com o uso da inoculação na segunda época de 2014, principalmente nas cultivares BRS 331, TEC 07-244 e TEC 10 nas doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N. Esse aumento ocorre nas maiores doses de N, pois é nelas que ocorre a diluição da proteína pelo aumento da produtividade, e, portanto, a inoculação esta compensando essa redução com um

maior aporte de N, o que não se faz necessário na testemunha sem adubação nitrogenada.

CONCLUSÃO

A produtividade de grãos foi influenciada pela inoculação, apresentado aumento de produtividade de 21% (511 kg ha⁻¹) na cultivar TEC 07-244, em Cruz Alta na segunda época de cultivo em 2014.

A inoculação se mostrou eficiente em aumentar a massa do hectolitro, principalmente na primeira época de 2013 em Santa Maria, onde se verificou MH médio de 75,6 e 77,2 kg hL⁻¹ para não inoculadas e inoculadas, respectivamente.

A adubação nitrogenada apresentou significativos aumentos de produtividade, com maior eficiência agronômica na dose de 50 kg de N ha⁻¹, que proporcionou maior incremento de produtividade por kg de N aplicado.

As variáveis número de filhotes planta⁻¹ e número de espigas m⁻² são influenciadas positivamente pela adubação nitrogenada. A massa do hectolitro apresentou decréscimo com o aumento da dose de N.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. A qualidade da luz afeta o afilhamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.401-408, 2001.

ALMEIDA, M.L. et al. Cultivares de trigo respondem diferentemente à qualidade da luz quanto à emissão de filhotes e acumulação de massa seca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, p.377-383, 2002.

ALVARENGA, C. B.; SOBRINHO, J. S.; SANTOS, E. M. Comportamento de cultivares de trigo em diferentes densidades de semeadura sob irrigação indicadas para a região do Brasil central. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 5, p. 98-107, 2009.

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

BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: Special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 77:549-579 , 2005.

BARBIERI, A. P. P; MARTIN, T. N.; MERTZ, L. M.; NUNES, U. R.; CONCEIÇÃO, G. M. Redução populacional de trigo no rendimento e na qualidade fisiológica das sementes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 724-731, 2013.

BASHAND, Y.; HOGUIN, G. *Azospirillum*-plant relationship: Environmental and MHysiological advances (1990-1996). **Canadian Journal Microbiology**, Ottawa, v. 43, p. 103-121, 1997.

BERGAMASCHI, C.; ROESCH, L. F. W.; QUADROS, P. D.; CAMARGO, F. A. O. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.727-733, 2007.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 399p. 2009.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: Grãos**. Décimo segundo levantamento, setembro 2014 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, V.1, N.12, 2014.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: Grãos**. Quarto Levantamento, Janeiro de 2015/ Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, V.2, N.4, 2015.

CUNHA, G. R.; VENTIMIGLIA, L. A.; HAAS, J. C.; GARCIA, R.; MacMANEY, M. Composição do rendimento de grãos em genótipos de trigo argentino. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v2, n2, p. 155-162, 1996.

DA ROS, C. O.; SALET, R. L.; PORN, R. L.; MACHADO, J. N. C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 799-804, 2003.

DAVIDSON, D.J.; CHEVALIER, P.M. Preanthesis tiller mortality in spring wheat. **Crop Science**, 30:832-836, 1990.

DEL PONTE, E. M.; FERNANDES, J. M.C.; PIEROBOM, C. R.; BERGSTROM, G. C. Giberela do Trigo – Aspectos Epidemiológicos e Modelos de Previsão. **Fitopatologia brasileira**, v. 29, n^o. 6, 2004.

DÍAZ-ZORITA, M.; FERNÁNDEZ-CANIGIA, M.V. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. **European Journal of Soil Biology**, v. 45, n. 1, p. 3-11, 2009.

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

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 31, n. 9, p. 645-651, set. 1996.

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

DOBBELAERE, S.; LEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews Plant Science**, v. 22, n. 2, p. 107-149, 2003.

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

ECKERT, B.; WEBER, O. B.; KIRCHHOF, G.; HALBRITTER, A.; STOFFELS, M.; HARTMANN, A. *Azospirillum doebereineriae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass Miscanthus. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.51, p.17-26, 2001.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 312p.
FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

GARRIDO-LESTACHE, E.; LÓPEZ-BELLIDO, R. J.; LÓPEZ-BELLIDO, L. Effect of N rate, timing and splitting and N type on bread-making quality in hard red spring wheat under rainfed Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, v. 85 p. 213–236, 2004.

GONDIM, T. C. O.; ROCHA, V. S.; SEDIYAMA, C. S.; MIRANDA, G. V. Análise de trilha para componentes do rendimento e caracteres agronômicos de trigo sob desfolha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.4, p.487-493, 2008.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006.

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

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R.; DEL DUCA, L. J. A.; CAMARGO, C. M. O. Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso de déficit hídrico do solo no peso hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 412-418, 2005.

HOLGUIN, G.; PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. Genetics and molecular biology of *Azospirillum*. **Biol Fertil Soils**, v. 29, p. 10-23, 1999.

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

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

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

MENDES, M.C.; ROSARIO, J.G.; FARIA, M.F.; ZOCHÉ, J.C.; WALTER, A.L. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**. Guarapuava PR, v. 4, n.3, p.95-110, 2011.

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

MUNDOSCK, C. M. **Quando aplicar o Nitrogênio em Trigo Cevada e Aveia**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2005.

MUNDSTOCK, C. M.; 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**, v. 26, n. 1, p. 141-149, 2002.

MUNDSTOCK, C. M.; BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilamento e o rendimento de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 205-211, 2001.

PICCININ, G. G.; BRACCINI, A. L.; DAN, L. G. M, BAZO, G. L., HOSSA, K. R., PONCE, R. M. Rendimento e desempenho agrônômico da cultura do trigo em manejo com *Azospirillum brasilense*. **Revista Agrarian**, Dourados, v.6, n.22, p.393-401, 2013.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 8, 2014, Canela, RS. **Informações técnicas para trigo e triticales – safra 2015**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

REYNDERS, L.; VLASSAK, K. Use of *Azospirillum brasilense* as biofertilizer in intensive wheat cropping. **Plant Soil**, 66:217-273, 1982.

RODRIGUES, L. F. O. S.; GUIMARÃES, V. F.; SILVA, M. B.; PINTO JUNIOR, A. S.; KLEIN, J.; COSTA, A. C. P. R. Características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.31-37, 2014.

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

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Novas bactérias diazotróficas endofíticas na cultura do trigo em interação com a adubação nitrogenada, no campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1099-1106, 2008.

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

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

SANTA, O.R.D.; SANTA, H.S.D.; FERNÁNDEZ, R.; MICHELA, G.; RONZELLI, P.; SOCCOL, C.R. Influência da inoculação de *Azospirillum sp.* em trigo, cevada e aveia. **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.4, n.2, 2008.

SAUBIDET, M.I.; FATTA, N. & BARNEIX, A.J. The effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on growth and nitrogen utilization by wheat plants. **Plant Soil**, 245:215- 222, 2002.

SOUZA, E. J.; MARTIN, J. M.; GUTTIERI, M. J.; O'BRIEN, K. M.; HABERNICHT, D. K.; LANNING, S. P.; MCLEAN, R.; CARLSON, G. R.; TALBERT, L. E. Influence of genotype, environment, and nitrogen management on spring wheat quality. **Crop Science**, Madison, v.44, p.425-432, 2004.

SPIERTZ, J. H. J. Nitrogen, sustainable agriculture and food security. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, n. 1, p. 43-55, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED, 918 p. 2013.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C.G.S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.8, p.797-804, ago. 2010.

TSAVKELOVA, E.A.; KLIMOVA, S.Y.; CHERDYNTSEVA, T.A.; NETRUSOV, A.I. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: a review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v.42, p.117-126, 2006.

VALÉRIO, I. P. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.319-326, 2008.

VALÉRIO, I. P.; CARVALHO, F. I .F.; OLIVEIRA, A. C.; BENIN, G.; MAIA, L. C.; SILVA, J. A. G.; SCHMIDT, D. M.; SILVEIRA, G. Fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afilhos em trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, suplemento 1, p. 1207-1218, 2009.

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

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

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inoculação, por mais que vem apresentando aumentos significativos na produtividade do trigo e de outras culturas em diversos trabalhos desenvolvidos, não apresentou resposta satisfatória no presente estudo. A falta de resposta benéfica para a inoculação com *A. brasilense* neste trabalho, para ambos locais, épocas e anos de cultivo pode ter influência de vários fatores, tanto climáticos (temperatura, excesso de chuvas), relacionados ao solo, ou fatores ligados a genética das cultivares utilizadas. Em alguns genótipos se obteve incrementos significativos na produtividade e MH, porém, esses resultados não se repetiram quando se variou a época de semeadura, local e ano de cultivo.

O inoculante é composto por organismos vivos, necessitando assim, uma série de cuidados para que estes estejam viáveis no momento em que são adicionados às sementes e colocados no solo. O processo de transporte e armazenagem do produto deve evitar exposições a elevadas temperaturas e luminosidades, bem como o tempo entre a inoculação e a semeadura que deve ser inferior a 24 horas.

Vale lembrar, que o custo da inoculação é baixo, sendo aproximadamente R\$30,00 por ha, dependendo da densidade de semeadura. Isso corresponde a aproximadamente 60 kg de trigo. Incrementos superiores a este valor seriam economicamente viáveis. Neste trabalho, foram encontrados aumentos de até 511 kg ha⁻¹, viabilizando, portanto a inoculação. O entanto, esses resultados não se mantêm nos diferentes locais, épocas e anos de cultivo, dificultando gerar uma recomendação consistente quanto a viabilidade de sua utilização.

Frente a grande complexidade para se obter sucesso com a inoculação, e a grande variabilidade de resultados obtidos nos trabalhos realizados, principalmente pela importância da cultivar utilizada, a prática da inoculação de plantas não leguminosas ainda possui limitações de seu uso pelos agricultores. Sendo assim, mais trabalhos devem ser realizados para poder encontrar e compreender o máximo de fatores que interferem na resposta destas bactérias na cultura do trigo, a fim de poder direcionar práticas de manejo que favoreçam a obtenção de benefícios maiores pela FBN.

ANEXOS

Anexo A – Dados meteorológicos durante o ciclo da cultura. Santa Maria.

Mês	Precipitação	Insolação	Temperatura	Dias com chuva
2013				
Maio	71,60	4,61	16,18	12
Junho	81,60	4,19	14,20	9
Julho	113,50	5,36	14,37	10
Agosto	163,80	5,30	14,20	14
Setembro	69,20	5,34	17,93	12
Outubro	10,40	7,01	19,04	3
2014				
Maio	172,40	4,61	15,55	10
Junho	278,70	3,21	13,95	16
Julho	255,20	5,69	15,98	10
Agosto	92,20	5,38	17,16	13
Setembro	237,50	4,47	19,14	14
Outubro	82,20	3,11	19,99	6

Anexo B – Características químicas do solo dos locais do experimento.

Local	Argila	pH	Índice	P	K	M.O	Al troc.
	%	H ₂ O	SMP	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	%	cmol _c dm ⁻³
Cruz Alta	36	5,7	6	40,1	338	4,2	0
Santa Maria	27	5	5,5	18,9	87,97	2,8	0,7
	Ca troc.	Mg troc.	H + Al	CTC	% Sat. da CTC		
	cmol _c dm ⁻³	Bases	Al				
Cruz Alta	6,6	2,1	4,4	14	68,3	0	
Santa Maria	8,3	3	7,7	19,3	59,9	5,7	