

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

Janete Denardi Munareto

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE SEMENTES, PRODUTIVIDADE DE
GRÃOS DE TRIGO SUBMETIDOS A DOSES DE NITROGÊNIO,
INOCULAÇÃO E APLICAÇÃO FOLIAR DE *Azospirillum brasilense***

Santa Maria, RS
2016

Janete Denardi Munareto

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE SEMENTES, PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE TRIGO SUBMETIDOS A DOSES DE NITROGÊNIO, INOCULAÇÃO E APLICAÇÃO FOLIAR DE *Azospirillum brasilense*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dr. Thomas Newton Martin

Santa Maria, RS
2016

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

Munareto, Janete Denardi

Aspectos fisiológicos de sementes, produtividade de grãos de trigo submetidos a doses de nitrogênio, inoculação e aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* / Janete Denardi Munareto.- 2016.

54 f.; 30 cm

Orientador: Thomas Newton Martin

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2016

1. *Triticum aestivum* 2. Fertilizante nitrogenado 3. Bactéria promotora do crescimento vegetal 4. Inseticida 5. Fungicida I. Martin, Thomas Newton II. Título.

Janete Denardi Munareto

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE SEMENTES, PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE TRIGO SUBMETIDOS A DOSES DE NITROGÊNIO, INOCULAÇÃO E APLICAÇÃO FOLIAR DE *Azospirillum brasilense*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

Aprovado em 26 de julho de 2016:

Thomas Newton Martin, Dr. (UFSM)
(Presidente/orientador)

Ubirajara Russi Nunes Dr. (UFSM)
(Coorientador)

Leandro Galon Dr. (UFFS)

Santa Maria, RS
2016

AGRADECIMENTOS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos.

Ao professor Thomas Newton Martin, pela orientação, ensinamentos, pela oportunidade de crescimento profissional.

Aos professores e pesquisadores Ubirajara Russi Nunes pelas sugestões e Leandro Galon pela participação na banca examinadora.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos meus filhos Jean, Geandra, Alexandre e meu esposo Geri por estarem sempre ao meu lado, me dando forças, apoiando, compreendendo e me incentivando a buscar o meu espaço. Estas pessoas que eu amo demais foram à razão para que eu pudesse prosseguir e concluir este mestrado.

Aos meus pais, Alvino e Ironi pelos exemplos de vida, dedicação e amor

As minhas queridas irmãs, Cleni, Janes, Laurete e Silvana pelo apoio e palavras de incentivo nas horas difíceis, longe de casa.

Aos Colegas de pós-graduação Glauber, Tania, Vinicius, Gerusa e Marcos pela convivência e amizade.

Aos graduandos Guilherme Bergeijer Rosa, Lucas Bruning e Thiago Colpo, e todo grupo coxilha pelo auxílio na condução dos experimentos.

Ao seu Hilton, sempre dispostos a me auxiliar nos tratos culturais do trigo.

E por fim, a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para que este trabalho fosse concluído o meu muito obrigado de coração.

RESUMO

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE SEMENTES, PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE TRIGO SUBMETIDOS A DOSES DE NITROGÊNIO, INOCULAÇÃO E APLICAÇÃO FOLIAR DE *Azospirillum brasilense*

AUTORA: Janete D. Munareto
ORIENTADOR: Thomas Newton Martin

O uso de fertilizantes químicos além de proporcionar maior produtividade, é oneroso. A utilização de bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* representam uma ferramenta potencial para reduzir os custos de produção, e ao mesmo tempo melhorar o potencial produtivo das culturas utilizando os recursos do meio. Sabe-se ainda que a busca por uma agricultura cada vez mais sustentável e produtiva é cada vez mais discutida, e dentro dessa realidade, busca-se novas tecnologias para melhorar a margem de lucro do produtor. Dentro deste contexto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a produtividade do trigo, inoculada ou não com *A. brasilense*, submetido a doses de N, tratamento de sementes e qualidade fisiológica de suas sementes. O capítulo I teve por objetivo avaliar a compatibilidade da bactéria *Azospirillum brasilense* com fungicida (difenoconazole) e inseticida (thiamethoxan), e a qualidade fisiológica, em sementes de trigo. A semente de trigo mantém a sua qualidade quando se verifica a germinação, vigor e o envelhecimento acelerado independente da cultivar, utilização ou não de fungicida, inseticida e *Azospirillum brasilense*. O inseticida thiamethoxam aumenta o comprimento da parte aérea e raiz e apresenta compatibilidade com o *Azospirillum brasilense* e o fungicida inibe o comprimento da parte aérea e raiz e é antagônico a bactéria *A. brasilense*. No capítulo II objetivo foi avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de trigo submetidas a doses de N e inoculação de *Azospirillum brasilense* em sementes e aplicação foliar. A inoculação via foliar de forma isolada ou de forma conjunta via tratamento de sementes, aumentaram a produtividade de grãos e os demais componentes de produtividade de todas as cultivares. Dentre as cultivares testadas a TBIO Sinuelo se destacou, apresentando resposta de inoculação nos dois anos de estudos, confirmando o bom potencial da inoculação foliar.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*. Fertilizante nitrogenado. Bactéria promotora do crescimento vegetal. Inseticida. Fungicida.

ABSTRACT

ASPECTS PHYSIOLOGICAL SEED, WHEAT GRAIN PRODUCTIVITY APPLIED NITROGEN DOSES, INOCULATION AND *Azospirillum brasilense* OF FOLIAR APPLICATION

AUTHORA: JANETE D. MUNARETO
ADVISOR: THOMAS NEWTON MARTIN

The use of chemical fertilizers as well as providing greater productivity, is costly. The use of bacteria of the genus *Azospirillum brasilense* represent a potential tool to reduce production costs while improving productive potential of crops using environmental resources. It is also known that the search for an increasingly sustainable and productive agriculture is increasingly discussed, and within that reality, we seek new technologies to improve the producer's profit margin. Within this context, the objective of this research was to evaluate the wheat yield, inoculated or not with *A. brasilense*, subjected to N rates, seed treatment and physiological quality of the seeds. Chapter I aimed to evaluate the compatibility of *Azospirillum brasilense* bacteria fungicide (difenoconazole) and insecticide (thiamethoxan), and physiological quality in wheat seeds. The wheat seed retains its quality when it checks the germination, vigor and independent accelerated aging grow, use or not of fungicide, insecticide and *Azospirillum brasilense*. The insecticide thiamethoxam increased the length of shoot and root and provides compatibility with *Azospirillum brasilense* and fungicide inhibits the length of shoot and root and is antagonistic bacterium *A. brasilense*. In Chapter II objective was to evaluate the agronomic performance of wheat cultivars submitted to nitrogen doses and inoculation of *Azospirillum brasilense* in seed and foliar application. Inoculation foliar alone or jointly via seed treatment increased grain yield and other yield components of all cultivars. Among the cultivars tested the TBIO Sinuelo stood out, with inoculation response in the two years of study, confirming the good potential of the leaf inoculation.

Keywords: *Triticum aestivum*. Nitrogenous fertilizer. Promotes bacteria plant growth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Dados climáticos mensais de temperaturas máxima e mínima (°C) e precipitação (mm) em Santa Maria ano agrícola 2014	51
Figura 2 -	Dados climáticos mensais de temperaturas máxima e mínima (°C) e precipitação (mm) em Santa Maria, ano agrícola 2015	52
Figura 3 -	Produtividade de grãos e doses de N cultivar BRS Parrudo (A, B), TBIO Sinuelo(C, D) e TBI Quartzó(E, F). Figuras a esquerda ano 2014 a direita 2015	53

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 -	Porcentagem de vigor, germinação e envelhecimento acelerado em sementes de trigo, cultivar TBIO Mestre, TBIO Sinuelo e TBIO Itaipu, em função de aplicação ou não de <i>Azospirillum brasilense</i> , inseticida e fungicida	20
Tabela 2 -	Comprimento de parte aérea em plântulas de trigo, cultivar TBIO Mestre, em função de aplicação ou não de <i>Azospirillum brasilense</i> , inseticida e fungicida .	21
Tabela 3 -	Comprimento de raiz (CR, cm) e massa seca total (MST, g), cultivar TBIO Mestre, em função de tratamento de sementes com fungicida e inseticida.....	22
Tabela 4 -	Comprimento da parte aérea (CPA, cm) e comprimento de raiz (CR, cm) cultivar TBIO Itaipu, em função de tratamento de sementes com fungicida e inseticida.....	23
Tabela 5 -	Comprimento da parte aérea (cm), raiz e teste de frio cultivar TBIO Sinuelo, em função de aplicação ou não de <i>Azospirillum brasilense</i> , inseticida e fungicida.....	25

CAPÍTULO II

Tabela 1 -	Número de perfilhos (NP, plantas ⁻¹) para as cultivares BRS Parrudo, TBIO Sinuelo e TBIO Quartzo, inoculadas na semente, ano 2014. UFSM, Santa Maria, RS	36
Tabela 2 -	Número de espiguetas espiga ⁻¹ (NEE) em cultivares de trigo, submetidas a diferentes formas de inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de N nos anos agrícolas 2014 e 2015. UFSM, Santa Maria, RS.	37
Tabela 3 -	Número de grãos espigas ⁻¹ (NGE) e grãos espiguetas ⁻¹ (GE) em cultivares de trigo, submetidas a diferentes formas de inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de N nos anos agrícolas 2014 e 2015. UFSM, Santa Maria, RS	39
Tabela 4 -	Massa do hectolitro (MH, kg hL ⁻¹) em cultivares de trigo, submetidas a diferentes formas de inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de N nos anos agrícolas 2014 e 2015. UFSM, Santa Maria, RS	40
Tabela 5 -	Massa de mil grãos (MMG, g) em cultivares de trigo, submetidas a diferentes formas de inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de N nos anos agrícolas 2014 e 2015. UFSM, Santa Maria, RS	41
Tabela 6 -	Produtividade de grãos (PG, kg ha ⁻¹) em cultivares de trigo, submetida a diferentes formas de inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de N nos anos agrícolas 2014 e 2015. UFSM, Santa Maria, RS	43

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL	10
2.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
	CAPÍTULO I	14
	COMPATIBILIDADE DE <i>Azospirillum brasilense</i> COM FUNGICIDA E INSETICIDA NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TRIGO.....	14
1.	INTRODUÇÃO	16
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.	CONCLUSÃO	25
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
	CAPÍTULO II.....	30
	CULTIVARES DE TRIGO SUBMETIDAS A DOSES DE NITROGÊNIO, INOCULAÇÃO DE SEMENTES E APLICAÇÃO FOLIAR DE <i>Azospirillum</i> <i>brasilense</i>	30
1.	INTRODUÇÃO	32
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.	CONCLUSÃO	43
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
	Anexo A - Análise de variância para vigor, germinação (GER), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (FR), comprimento de parte aérea (CPA) raiz (CR) e massa seca total (MST) cultivar TBIO Mestre.....	48
	Anexo B - Análise de variância para vigor, germinação (GER), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (FR), comprimento de parte aérea (CPA) raiz (CR) e massa seca total (MST) cultivar TBIO Itaipu.	48
	Anexo C - Análise de variância para vigor (%), germinação (GER%), envelhecimento acelerado (EA%), teste de frio (FR%), comprimento de parte aérea (CPA, cm) raiz (CR, cm) e massa seca total (MST, g) cultivar TBIO Sinuelo.	49
	Anexo D - Análise de variância para número de plantas emergidas (PE, m), número de perfilhos (NP plantas ⁻¹), ano 2014.....	50
	Anexo E- Análise de variância para número de espiguetas espiga ⁻¹ (NEE), grãos espiga ⁻¹ (NGE), grãos espiguetas ⁻¹ (GE), massa do hectolitro (MH, kg hL ⁻¹), massa de mil grãos (MMG, g), e produtividade de grãos (PG, kg ha ⁻¹), ano 2014.....	50
	Anexo F - Análise de variância para número de plantas emergidas (PE, m), número de perfilhos (NP, plantas ⁻¹), ano 2015.....	50
	Anexo G - Análise de variância para número de espiguetas espigas ⁻¹ (NEE), grãos espiga ⁻¹ (NGE), grãos espiguetas ⁻¹ (GE), massa do hectolitro (MH kg hL ⁻¹), massa de mil grãos (MMG, g), e produtividade de grãos (PG kg ha ⁻¹), ano 2015.....	51
	Anexo H - Tabela de Produtividade de Grãos (PG, kg ha ⁻¹) da interação tratamentos dose de N em cultivares de trigo em dois anos agrícolas.....	54

1. INTRODUÇÃO GERAL

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma das culturas mais importantes para produção mundial de grãos, não apenas pelo volume produzido, mas também pelo seu destino, sendo principalmente para alimentação humana. Além disso, o cereal pode ser utilizado na alimentação animal e rotação de culturas melhorando o sistema de produção, além de diversas outras utilidades.

Na safra 2015, foram cultivados 2,45 milhões de hectares com trigo no Brasil com produtividade média de 2,8 t ha⁻¹. A produção brasileira é de 6,6 milhões de toneladas, enquanto que a demanda interna é de 10,8 milhões. A região sul do país se destaca na produção deste cereal, apresentando produtividade média de 3,8 t ha⁻¹, acima, da média nacional (CONAB, 2016). Para reduzir a dependência de outros países existe a necessidade de ampliar a produtividade de grãos, pois a produtividade é baixa diante do potencial da cultura e da crescente demanda por alimentos. Isso demonstra a necessidade de investir em técnicas de manejo que incrementem a produtividade garantindo rentabilidade econômica ao produtor.

Além do uso de sementes de elevada qualidade a associação ao tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas são fundamentais para determinar um estande uniforme de plantas no campo. A proteção inicial das sementes é fundamental para que as plântulas se estabeleçam e se desenvolvam de forma adequada. Adicionalmente, as plântulas necessitam absorver nutrientes oriundos de outras fontes que não a semente para que haja crescimento e desenvolvimento adequados. O nitrogênio (N) é requerido em quantidades elevadas variando de 25 a 30 kg por t de grãos produzidos, pois desempenha papel fundamental no metabolismo da planta, é constituinte das proteínas, ácidos nucléicos, clorofila, fitormônios e metabólitos secundários e reações enzimáticas.

Por ser muito dinâmico no solo, o N está sujeito a grandes perdas para o ambiente. No solo, encontra-se em duas formas: orgânica e inorgânica. A orgânica necessita da mineralização, dos microrganismos as inorgânicas encontram-se em forma de amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻), que são as principais fontes absorvidas pelas plantas. A planta necessita deste nutriente durante todo o seu ciclo para crescer e se desenvolver de forma adequada e assim expressar o máximo do seu potencial produtivo.

Durante a fase vegetativa é rapidamente absorvido pelas raízes e armazenado nas folhas. Na fase reprodutiva é mobilizado para o desenvolvimento das inflorescências e enchimento de grãos. Do total de N aplicado nas lavouras, às plantas conseguem utilizar apenas metade, o restante é perdido para o sistema por nitrificação, desnitrificação,

imobilização, lixiviação do nitrato, volatilização de amônia, erosão e escoamento superficial. Esses processos podem variar dependendo do sistema agrícola e do ambiente. Por isso, a adubação nitrogenada (na forma de ureia) deve ser aplicada, sempre que possível, quando há previsão de chuva, pois o fertilizante precisa ser dissolvido e infiltrado rapidamente no solo para que possa ser aproveitado com maior eficiência pelas plantas.

Para o estado do Rio Grande do Sul, a indicação da adubação nitrogenada varia em função da matéria orgânica do solo, da cultura precedente e da expectativa de produtividade de grãos (Comissão... 2004) A dose de N a ser aplicada na semeadura varia entre 15 e 20 kg ha⁻¹. O restante deve ser aplicado em cobertura. Para um solo com teor de matéria orgânica (entre 2,6 e 5,0%) com expectativa de produtividade de grãos acima de 2 t ha⁻¹, deve ser aplicado até 60 kg ha⁻¹, após soja e 90 kg de N ha⁻¹ após milho, por tonelada adicional de grãos a ser produzida (Comissão... 2004).

Em função da dinâmica do N no solo, para atingir elevadas produtividades são adicionadas quantidades excedentes deste nutriente. O excesso de N no ambiente compromete a qualidade da água superficial e subterrânea. Um dos desafios da agricultura moderna é buscar tecnologias limpas, que não interfiram no ambiente e não apresentem riscos a saúde humana e que busquem alternativas de suprimento de N de forma sustentável, sem perdas na produtividade.

Vários estudos têm sido realizados buscando identificar e isolar bactérias fixadoras de N₂. Nos ecossistemas agrícolas existe uma biodiversidade de gêneros de bacterianos, dentre eles os gêneros *Azospirillum*, *Herbaspirillum* e *Gluconacetobacter diazotrophicus*, são capazes de suprir em parte as necessidades de N em gramíneas (SALA et al., 2005) Além da FBN estas bactérias são capazes de estimular o crescimento das plantas por meio da mobilização de nutrientes e melhorias na estrutura do solo, produção de reguladores de crescimento, controle ou inibição da atividade de fitopatógenos (BABALOLA, 2010) biorremediação de elementos contaminantes do solo como metais pesados e agroquímicos (KUMAR et al., 2009).

As bactérias do gênero *Azospirillum* são as mais estudadas por apresentar efetividade quando associadas a gramíneas (milho e trigo). Possui capacidade de colonizar a superfície da raiz, o rizosfera e filosfera, e os tecidos internos da planta contribuindo para a nutrição de plantas. Além disso, desempenham importante papel na sustentabilidade dos ecossistemas, conseguindo incorporar de 25 a 50 kg N ha⁻¹ pela fixação biológica, o equivalente a 17% das demandas das culturas.

Diversos experimentos com *Azospirillum* têm apresentado potencial, com aumento de produção quando inoculadas em plantas. Indiretamente, promovem o crescimento vegetal reduzindo ou prevenindo a ação de microrganismos patogênicos, pela produção de antibióticos ou sideróforos, aumento dos parâmetros fotossintéticos das folhas, teor de clorofila, condutância estomática e maior elasticidade da parede celular resultando em uma planta mais apta a sofrer adversidades ambientais.

No entanto, esta tecnologia, possui limitações que necessitam ser elucidadas. A inconsistência de resultados em gramíneas pode estar ligada a vários fatores como condições edafoclimáticas distintas, interações com a microbiota do solo, diferentes processos de inoculação ao genótipo da planta hospedeira. Devido à incompatibilidade da *A. brasilense* com alguns dos produtos químicos utilizados do tratamento de sementes há necessidade de estudo de métodos alternativos de inoculação.

Na maioria dos trabalhos, a inoculação é realizada via semente, indicando que as atividades dessas bactérias no solo e na planta são influenciadas por fatores bióticos e abióticos (umidade, temperatura, acidez, da espécie vegetal utilizada, do genótipo, das condições nutricionais). Recentemente, a inoculação com *A. brasilense* via foliar, vem despertando o interesse dos pesquisadores. No entanto, a utilização dessa tecnologia é recente e mais pesquisas precisam ser realizadas para verificar os efeitos da inoculação sobre a produtividade da cultura do trigo. Dentro deste contexto, justifica-se a realização desse estudo.

O objetivo deste estudo foi avaliar os componentes de produtividade e a produtividade do trigo, inoculada ou não com *A. brasilense*, submetido a doses de N, associado a diferentes tratamentos de sementes e os efeitos sobre a qualidade fisiológica de suas sementes.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BABALOLA, O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance. **Biotechnology Letters**, v. 32, p. 1559-1570, 2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento safra brasileira de grãos, v. 3, n. 4, Safra 2015/16, - **Quarto Levantamento, Janeiro/2016**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivares de trigo pós 1986. **Documento on line n. 96**, 2009. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do96_3.htm>. Acesso em: 07 abr. 2016.

KUMAR, A. L. et al. Role of metal resistant plant growth promoting bacteria in ameliorating fly ash to the growth of *Brassica juncea*. **Journal of Hazardous Materials**, v. 170, p. 51-57, 2009.

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

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

SILVA, A. A. O. et al. Ação do *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento das plantas de trigo (variedade IAC-24) e cevada (variedade CEV 95033). **ConScientiae Saúde**, v. 3, p. 29-35, 2004.

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

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

CAPÍTULO I

RESUMO

COMPATIBILIDADE DE *Azospirillum brasilense* COM FUNGICIDA E INSETICIDA NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TRIGO

O tratamento de sementes é uma prática fundamental que garante que as futuras plântulas se estabeleçam sem os efeitos causados pelas pragas e doenças. Dessa forma, objetivou-se com esse estudo avaliar a compatibilidade de *Azospirillum brasilense* associado com fungicida (difenoconazole) e inseticida (thiamethoxan) e o efeito desses sobre a qualidade fisiológica de sementes de trigo. Os tratamentos foram distribuídos segundo o delineamento inteiramente casualizado na forma de um fatorial 4 x 3 x 2 com quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram testemunha; difenoconazole (Spectro[®] na dose de 150 mL por 100 kg de semente); thiamethoxam (Cruiser[®] 350 FS na dose de 200 mL por 100 kg de semente) e difenoconazole + thiamethoxam aplicados sobre as cultivares de trigo TBIO Mestre, TBIO Itaipu e TBIO Sinuelo. Na inoculação foram utilizadas as bactérias do gênero *Azospirillum*. Após aplicação, foram avaliadas as características fisiológicas germinação e vigor, além de determinar o comprimento da parte aérea e radicular e a massa seca. A semente de trigo mantém a sua qualidade quando se verifica a germinação, vigor e o envelhecimento acelerado independente da cultivar, utilização ou não de fungicida, inseticida e *Azospirillum brasilense*. O inseticida thiamethoxam aumenta o comprimento da parte aérea e raiz e apresenta compatibilidade com o *Azospirillum brasilense* e o fungicida inibe o comprimento da parte aérea e raiz e é antagônico a bactéria *A. brasilense*.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*. Tratamento de sementes. Bactéria diazotrófica.

ABSTRACT

***Azospirillum brasilense* COMPATIBILITY WITH FUNGICIDE AND INSECTICIDE QUALITY WHEAT SEED PHYSIOLOGICAL**

Seed treatment is a fundamental practice that ensures that future seedlings are established without the effects caused by pests and diseases. Thus, the aim of this study to evaluate the *Azospirillum brasilense* compatibility associated with fungicide (difenoconazole) and insecticide (thiamethoxam) and the effect of these on the physiological quality of wheat seeds. The treatments were distributed according to completely randomized design as a factorial 4 x 3 x 2 with four replications. The treatments were control; difenoconazole (Spectro® at a dose of 150 mL per 100 kg of seed); thiamethoxam (Cruiser® FS 350 at a dose of 200 mL per 100 kg seed) and difenoconazole + thiamethoxam applied on wheat cultivars TBIO Mestre TBIO Itaipu and TBIO Sinuelo. In inoculation were used bacteria *Azospirillum* genus. After application, the physiological characteristics of germination and vigor were evaluated, in addition to determining the length of root and shoot and dry mass. The wheat seed retains its quality when it checks the germination, vigor and independent accelerated aging grow, use or not of fungicide, insecticide and *Azospirillum brasilense*. The insecticide thiamethoxam increased the length of shoot and root and provides compatibility with *Azospirillum brasilense* and fungicide inhibits the length of shoot and root and is antagonistic bacterium *A. brasilense*.

Key-words: *Triticum aestivum*. seed treatment. Diazotrophic bacteria.

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) é um cereal cultivado em todos os continentes, com grande relevância, devido à variedade de formas de uso. Este cereal é utilizado na alimentação humana e animal, rotação de culturas além de diversas outras finalidades. Na safra 2015, no Brasil, foram cultivados 2,45 milhões de hectares com produtividade média de 2,8 t ha⁻¹. A produção brasileira é de 6,6 milhões de toneladas, enquanto que a demanda interna é de 10,8 milhões (CONAB, 2016). Estes números revelam a fragilidade da cultura com necessidade de maiores investimentos sejam eles tecnológicos ou mesmo financeiros pelos agentes públicos e privados envolvidos nessa cadeia produtiva.

Durante o desenvolvimento e a maturação, no campo, as plantas de trigo são infestadas por pragas e doenças. Os fungos podem causar manchas foliares que na maioria das vezes, são transmitidas às sementes (DANELLI et al., 2012). Quanto maior for a incidência do patógeno nas sementes mais elevada poderá ser a porcentagem de plantas de trigo infestadas na lavoura (MENTEN, 1995).

Na ausência de cultivares resistentes, que venha quebrar o ciclo das doenças ou de outro meio de controle mais eficiente, o controle químico apresenta-se como alternativa para garantir uma adequada germinação e um estabelecimento de plântulas no campo. Nos sistemas agrícolas tecnificados, são utilizados produtos fitossanitários nas sementes além de estimulantes (micronutrientes, reguladores e promotores de crescimento, indutores de resistência sistêmica) e mais atualmente inoculantes com bactérias diazotróficas. Estes insumos têm sido utilizados para proteção e ao mesmo tempo podem influenciar em qualquer uma das fases de germinação e/ou crescimento e desenvolvimento das plântulas.

O thiametoxam, um inseticida sintético, com efeito de bioativador desencadeia diversas reações fisiológicas na planta. Promove a ativação de proteínas transportadoras de membrana e ativação enzimática, aumento do metabolismo da planta pela síntese de aminoácidos, precursores de proteínas, e a síntese endógena de hormônios vegetais (CARVALHO et al., 2011). Além disso, produz efeitos indiretos como aumento da biomassa, da taxa fotossintética e das raízes (ALMEIDA et al., 2012).

No trigo, as doenças são responsáveis por reduzirem a qualidade e a quantidade dos grãos produzidos. A prevenção e o controle de doenças na cultura são feitos como o tratamento de sementes com fungicidas que protegem a cultura no início do seu ciclo. O Difenconazol é um fungicida sistêmico de amplo espectro utilizado para combater doenças em frutas, legumes, cereais e outras culturas de campo. Tem ação preventiva e curativa, atua

por na inibição de enzimas que participam das etapas finais da biossíntese do ergosterol (FAO) gerando modificações na permeabilidade da membrana fúngica inibindo seu crescimento.

As bactérias diazotróficas da espécie *A. brasilense* também podem produzir substâncias promotoras do crescimento das plantas. Estes microrganismos estimulam o desenvolvimento da planta, especialmente devido à fixação biológica de nitrogênio (HUNGRIA, 2011), solubilização de fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004), a produção de hormônios (PERRIG et al., 2007) que potencializam o desenvolvimento do embrião da semente.

Os agrotóxicos são amplamente utilizados na agricultura como parte das estratégias de controle de insetos e doenças. Os fungicidas e inseticidas, podem afetar adversamente a proliferação de microrganismos do solo prejudicando sua sobrevivência ou podendo causar morte das células bacterianas inoculadas às sementes (CAMPO et al., 2009; ALCÂNTARA NETO et al., 2014).pelos possíveis efeitos tóxicos de seus princípios ativos. Estudos recentes mostram que alguns agrotóxicos perturbam as interações entre plantas e bactérias fixadoras de N e, conseqüentemente, inibem o processo vital de fixação biológica de nitrogênio (ARAÚJO e ARAÚJO, 2006).

Trabalhos relatam que o tratamento de sementes com fungicida e inseticida e bactéria *A. brasilense* são compatíveis com promoção na percentagem de germinação e acúmulo de matéria seca de raízes em milho (DARTORA et al., 2013) e aumento no comprimento da parte aérea em plântulas de trigo (PEREYRA et al., 2009). Os resultados demonstraram respostas diferenciadas aos tratamentos de sementes com a bactéria *A. brasilense*.

Neste contexto, tendo em vista a grande variedade de produtos químicos indicado para o tratamento de semente e a escassez de informações quando esses são associados com o *A. brasilense* torna-se interessante a realização da presente pesquisa. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a compatibilidade do *A. brasilense* associado com fungicida (difenoconazole) e inseticida (thiamethoxan) e o efeito desses sobre a qualidade fisiológica de sementes de trigo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em um

fatorial 3 x 4 x 2 (cultivar x tratamentos de sementes x inoculação), com quatro repetições. Foram utilizadas três cultivares de trigo proveniente da safra 2013/2014 (TBIO Mestre, TBIO Itaipu e TBIO Sinuelo), produzidas pela BIOTRIGO Genética. As cultivares foram escolhidas pelas suas características de qualidade industrial e potencial produtivo. A cultivar TBIO Mestre é classificada industrialmente como trigo pão/melhorador, de ciclo médio (espigamento 87 dias e maturação do grão aos 140 dias) muito resistente à germinação na espiga, ao acamamento e a debulha, moderadamente suscetível a giberela e muito resistente a brusone; TBIO Iguaçu, industrialmente classificada como trigo pão, ciclo médio (espigamento aos 90 dias e maturação aos 145 dias), excelente resistência ao acamamento e germinação na espiga, moderadamente suscetível à debulha, a brusone e giberela; TBIO Sinuelo, trigo tipo pão, ciclo médio tardio (espigamento 93 dias e maturação 146 dias), muito resistente à germinação na espiga ao acamamento e a debulha.

Os tratamentos aplicados sobre as três cultivares de trigo foram; Testemunha; Difenconazole (Spectro[®]), Thiamethoxam (Cruiser[®] 350 FS), Difenconazole (Spectro[®]) + Thiamethoxam (Cruiser[®] 350 FS), aplicados nas doses de 150, 200 e 150+200 mL de i.a por 100 kg de sementes de trigo, respectivamente. Na inoculação foram utilizadas as bactérias do gênero *A. brasilense* (com ou sem inoculação) das estirpes AbV5 e AbV6, numa concentração de $2,0 \times 10^8$ UFC mL⁻¹, na dose de 7,5 mL kg⁻¹ de semente.

A aplicação dos tratamentos foi realizada diretamente na semente por meio de aplicação do inseticida e fungicida, seguidos do inoculante, foram aplicados às sementes e misturados homogeneamente em sacos de polietileno, momentos antes da montagem dos testes. Posteriormente foi avaliada às características fisiológicas das sementes, pelos seguintes testes: vigor, germinação, comprimento de parte aérea e radicular, massa seca, envelhecimento acelerado e frio (BRASIL, 2009).

Para os testes de vigor e germinação as unidades experimentais foram constituídas por cinquenta sementes distribuídas equidistantes em três folhas de papel germiteste umedecidos com água destilada a 2,5 vezes a massa do papel seco e, então acondicionadas em germinador tipo Biochemical Oxygen Demand regulado a temperatura de 20°C e fotoperíodo constante. O teste de vigor foi realizado no quarto dia após semeadura, e a germinação foi determinada pelo somatório do o número de plantas germinadas no quarto e sétimo dia após a semeadura (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Para o teste de comprimento de raiz (CR) e parte aérea das plântulas (CPA) a unidade experimental foi formada por vinte sementes distribuídas em duas fileiras paralelas, no terço superior do papel germiteste umedecido com 2,5 vezes a massa do papel seco, enroladas e

acondicionadas em germinador tipo Biochemical Oxygen Demand regulado a temperatura de 20°C e fotoperíodo constante. Destas, foram utilizadas para a medição dez plântulas normais retiradas aleatoriamente para obter então a média de cada tratamento, utilizando-se para esse teste quatro repetições. A avaliação do comprimento das plântulas (raiz, parte aérea) foi realizada no sétimo dia após a sementeira, com auxílio de uma régua milimétrica, sendo os resultados expressos com base na média dessas dez plântulas, em centímetros (BRASIL, 2009).

A massa seca total de plântulas foi avaliada a partir de dez plântulas normais de cada repetição e de cada tratamento, as quais, logo após a determinação do CPA e CR, foram dispostas em sacos de papel Kraft e mantidas em estufa regulada a 60°C por 48 horas. Após serem retirados da estufa foram colocadas em dessecador, por quinze minutos para a estabilização, e então se determinou a massa em balança analítica de precisão.

Para o teste de envelhecimento acelerado, oito repetições de cinquenta sementes dispostas sobre tela de aço inox inserida no interior de caixas plásticas (gerbox) contendo 40 mL de água destilada. Posteriormente, as caixas foram levadas a uma câmara de germinação a 42°C por 48 horas. Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação determinando-se o vigor no quarto dia.

O teste de frio foi realizado entre três folhas papel Germiteste previamente umedecidas com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos confeccionados foram envoltos por sacos de polietileno e lacrados com fita adesiva, permanecendo nessa condição por um período de sete dias, em câmara de germinação do tipo B.O.D., em ausência de luz e à temperatura constante de 10°C. Ao término desse período, os rolos foram transferidos ao germinador com temperatura constante de 20°C, por quatro dias (BRASIL, 2009).

Os dados obtidos foram analisados individualmente para cada cultivar e submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro utilizando-se para isso o software Sisvar (FERREIRA, 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que não houve efeito significativo do tratamento de sementes com e sem *A. brasilense* associado ou não a inseticida e fungicida, sobre a variável vigor, germinação e envelhecimento acelerado. As cultivares, de modo geral, apresentou taxa mínima de germinação de 80% exigidas para comercialização das sementes (MAPA, 2011).

A germinação de sementes de trigo, quando tratadas com inseticida (thiamethoxam), inoculadas com estirpes de bactérias (Dartora et al., 2013), assim como utilizando-se fungicida (triadimenol), bioestimulante e *A. brasilense* (Rampim et al., 2012), não apresentou alterações nos seus resultados. Neste contexto, Tavares et al. (2014) utilizando inseticidas e fungicidas em sementes de soja não observaram diferenças estatísticas para vigor, germinação e envelhecimento acelerado e corroboram com os resultados obtidos neste estudo.

Tabela 1 - Percentagem de vigor, germinação e envelhecimento acelerado em sementes de trigo, cultivar TBIO Mestre, TBIO Sinuelo e TBIO Itaipu, em função de aplicação ou não de *Azospirillum brasilense*, inseticida e fungicida.

	Mestre				Sinuelo				Itaipu			
	-----Vigor %-----											
	C/ Fung		S/ Fung		C/Fung		S/Fung		C/Fung		S/Fung	
	-----Inseticida-----				----- Inseticida ----				----- Inseticida -----			
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
C/Azo	75*	75	76	85	80	77	76	80	72	71	70	72
S/ Azo	80	80	80	81	73	80	77	75	80	70	77	77
Média	78	78	78	83	76	78	77	77	76	70	73	74
CV %	7				7				9			
	-----Germinação %-----											
C/Azo	81	77	80	81	80	80	80	80	80	80	81	81
S/Azo	80	81	81	87	74	80	81	76	83	77	80	81
Média	80	80	80	84	77	80	80	78	81	78	80	81
CV %	7				7				5			
	-----Envelhecimento acelerado-----											
C/Azo	63	71	67	64	63	71	67	64	64	70	67	71
S/Azo	68	76	70	71	68	76	70	71	68	73	65	72
Média	66	73	68	67	66	73	68	67	66	71	66	71
CV %	10				10				12			

* não significativo pelo teste Skott-Knott ($\alpha \leq 0,05$); C/ fung=com fungicida, S/fung=sem fungicida, C/inoc= com inoculação, S/inoc= sem inoculação.

Observou-se uma redução no comprimento da parte aérea (CPA) quando as sementes foram inoculadas com *A. brasilense* associado a fungicida e inseticida (Tabela 2). Esta redução pode estar associada ao esgotamento das quantidades das reservas da semente, alteração da composição química, como a oxidação dos lipídeos e a quebra parcial das proteínas, (FERREIRA, BORGHETTI, 2004) prejudicando os processos metabólicos responsáveis por sustentar crescimento inicial da parte aérea.

Entretanto, afirma-se que o fungicida foi o responsável pelos menores valores de CPA, pois, as maiores médias foram encontradas com inoculação de *A. brasilense* e inseticida. O aumento do CPA, ocorreu pelo fato do inseticida atuar na expressão dos genes responsáveis pela síntese e ativação de enzimas metabólicas (GRISI et al., 2009), relacionadas ao crescimento da planta, alterando a produção de aminoácidos precursores de hormônios. Para Cassán et al. (2009) a inoculação com *A. brasilense* também atua germinação do embrião, induzido pelos reguladores de crescimento (ácido indol acético (AIA), citocininas, e giberilinas e etileno), produzidos pela bactéria (GRAY, SMITH, 2005) que influenciam no desenvolvimento das plantas, por potencializam aumento de massa verde.

Tabela 2 - Comprimento de parte aérea em plântulas de trigo, cultivar TBIO Mestre, em função de aplicação ou não de *Azospirillum brasilense*, inseticida e fungicida.

<i>A. brasilense</i>	-----C/Fungicida-----		-----S/Fungicida-----	
	C/ inseticida	S/ inseticida	C/ inseticida	S/ inseticida
Com inoculação	β 4,7 bB*	α 5,4 aB	α 6,3 aA	α 5,7aB
Sem inoculação	β 5,1 aA	β 5,1 aA	α 5,5 bA	α 5,5 aA
Média	5,4			
CV %	4,1			

*Significativo pelo teste de Skott-Knott ($\alpha \leq 0,05$); letras minúsculas diferem-se na coluna, maiúsculas na linha. Letras gregas células mesma combinação; C/ inseticida=com inseticida, S/ inseticida=s/ inseticida; C/ fungicida=com fungicida, S/fungicida=sem fungicida, C/inoculação= com inoculação, S/inoculação= sem inoculação.

Ao se comparar as médias entre os tratamentos, com e sem fungicida e com e sem inseticida, verificou-se que as sementes não tratadas (Tabela 3) apresentaram valores superiores no comprimento de raiz (CR). O inseticida e fungicida provavelmente causaram lesões nas células das raízes e provocaram alterações na atividade meristemática (CASTRO, 2008), ou formaram radicais livres, pela produção e modificação oxidativa de proteínas causando lesões no DNA e peroxidação de lipídios de membranas (SOARES, MACHADO, 2007) provocando danos na permeabilidade das membranas e com isso diminuindo desenvolvimento da raiz desta cultivar. Além disso, a Massa Seca Total (MST) não apresentou alteração de valores quando as sementes foram tratadas ou não quimicamente.

Tabela 3 - Comprimento de raiz (CR, cm) e massa seca total (MST, g), cultivar TBIO Mestre, em função de tratamento de sementes com fungicida e inseticida.

-----Comprimento de raiz (cm)-----				-----Massa Seca Total (g)-----		
Inseticida	Médias	Fungicida	Médias	Inseticida/Fungicida	Com fungicida	Sem fungicida
Com inset	5,55 b	Com fung	5,28 b	Com inset	0,32 aA	0,30 aA
Sem inset	7,53 a	Sem fung	7,80 a	Sem inset	0,30 aA	0,31 aA
Média	6,5				0,31	
CV%	7,7				7,6	

*significativo pelo teste Scott-Knott ($\alpha \leq 0,05$), Letras minúsculas diferem-se na coluna; maiúsculas na linha; com inset. = com inseticida, sem inset. = sem inseticida; com fung. = com fungicida, sem fung. = sem fungicida

O CPA foi influenciado pelo tratamento de sementes com inseticida, fungicida ou de forma associada, não apresentaram diferenças estatísticas entre si, no entanto, apresentaram resultados superiores no CPA na cultivar TBIO Itaipu, quando comparada com a testemunha (sem tratamento). O comprimento da raiz (CR) diminuiu quando as sementes foram tratadas com fungicida (Tabela 4). Este fato indica os efeitos fitotóxicos deste produto, que pode ter alterado o balanço hormonal da planta reduzido número de células que entram em divisão celular no meristema apical da raiz (CASTRO, 2008) regulando o alongamento das células radiculares e com isso diminuindo o comprimento da raiz. Embora o fungicida tenha diminuído o tamanho da raiz a prevenção e o controle dos patógenos com fungicidas é fundamental, pois sementes infectadas são fontes de disseminação de fungos. Durante o processo de germinação da semente, o micélio do fungo que esteja alojado na semente, passa a se desenvolver estimulado pela água. Na presença da água e da luz, ocorre a esporulação na extremidade dos coleóptilos, liberando o inóculo, que pode ser disseminado pelo vento, respingos de chuva, para folhas da própria planta ou para as plantas vizinhas (REIS, CASA, 2012). Os principais fungos responsáveis pela perda de viabilidade das sementes e redução de produtividade na cultura do trigo são: *Cladosporium cladosporioides* e *Bipolaris sorokiniana* 96,87% das amostras analisadas, *Fusarium graminearum* em 75% e *Pyricularia grisea* em 59,37% (KOBAYASHI e PIRES, 2011).

Tabela 4 - Comprimento da parte aérea (CPA, cm) e comprimento de raiz (CR, cm) cultivar TBIO Itaipu, em função de tratamento de sementes com fungicida e inseticida.

Inset/Fung	----- Comprimento parte aérea (cm) -----		----Comprimento de raiz (cm)----	
	C/ fung	S/ fung	Fungicida	Médias
C/ inset	4,8 aA	5,0 aA	Com	5,0 b
S/ inset	4,9 aA	4,7 bA	Sem	6,7 a

*Significativo pelo teste de Skott-Knott ($\alpha \leq 0,05$); letras minúsculas diferem-se na coluna; maiúsculas na linha; com inset. = com inseticida, sem inset. = sem inseticida; com fung. = com fungicida, sem fung. = sem fungicida

Para o CPA, na cultivar TBIO Sinuelo não foi observado efeito de inoculação de *A. brasilense* quando comparado à testemunha. Este fato pode estar relacionado ao genótipo da planta hospedeira (FIBACH-PALDI et al., 2012), sendo que a interação com a bactéria pode variar, dependendo dos fatores ambientais (DOBBELAERE et al., 2001), ou mesmo a seleção da estirpe (HUNGRIA, 2011). Uma estirpe eficiente deve interagir com a planta hospedeira, colonizar a raiz, melhorar a nutrição, promover o crescimento, inibir patógenos e induzir resistência ao hospedeiro (BEVIVINO et al., 2005; HAN et al., 2005) e qualidade do inoculante e o processo de inoculação.

O uso do fungicida (difenoconazole) proporciona maior CPA (Tabela 5), quando comparado com a testemunha sem fungicida. Este resultado sugere que o fungicida formou uma região protetora ao redor da semente, protegendo-a contra a ação de fungos da própria semente e do solo, propiciando condições adequadas ao desenvolvimento da parte aérea. Resultados semelhantes foram encontrados por Pereyra et al. (2009) ao tratarem sementes de trigo com tebuconazole, observaram que houve aumento do comprimento do coleóptilo 24h após a aplicação do fungicida.

Para a variável comprimento de raiz (Tabela 5), observou-se que em ambas as interações, o fungicida atuou como inibidor. Por outro lado, as sementes tratadas com inseticida apresentaram efeitos positivos no comprimento das raízes. Esse resultado confirma a hipótese, que o inseticida (thiamethoxam) atua na expressão dos genes responsáveis pela síntese e pela ativação de enzimas metabólicas, relacionadas ao crescimento da planta, alterando a produção de aminoácidos precursores de hormônios vegetais. Com a maior produção de hormônios, a planta apresenta maior vigor, germinação e desenvolvimento de raízes (CASTRO et al., 2008). Plântulas com um sistema radicular desenvolvido tendem a aumentar a área de absorção de água e nutrientes.

Além do comprimento da raiz, o fungicida (difenoconazole) não possuiu uma boa interação com a bactéria. Alguns fungicidas podem causar efeitos deletérios quatro horas após

o contato (Alcântara Neto et al., 2014).ou causar morte de até 100% das bactérias (CAMPO et al. 2009). Presume-se que, além do principio ativo o pH (SIQUEIRA e FRANCO, 1988), sejam os responsáveis pela redução no número de células viáveis (BASHAN et al., 2004) ou morte das bactérias (ARAÚJO e ARAÚJO, 2006), provavelmente causada pelo contato direto com os fungicidas. A presença dos fungicidas na rizosfera da planta alteraria os compostos de sinalização em torno das raízes e como consequência, a emissão dos sinais moleculares dificultaria a infecção bacteriana (CAMPO e HUNGRIA, 2000).

O percentual de plântulas germinadas diminuiu quando as sementes foram tratadas com fungicida e inseticidas em conjunto e submetidas ao teste de frio (Tabela 5). No entanto, quando utilizados de forma individual apresentaram percentuais de germinação superiores aos encontrados no teste de vigor. Os valores encontrados no teste de frio quando comparados ao teste de vigor, aumentou de 80 para 93% com fungicida e de 77 para 91% com inseticida. O acréscimo no vigor é, provavelmente, efeito direto dos diferentes ingredientes ativos utilizados no tratamento da semente (MARCOS FILHO, 2005), e o frio pode ter acelerado o metabolismo da semente e induzido a formação do eixo embrionário proporcionando um rápido desenvolvimento da plântula. Outro fato que pode justificar este comportamento, a semente da cultivar TBIO Sinuelo possua alguma dormência, que foi quebrada, com a temperatura do teste.

Tabela 5 - Comprimento da parte aérea (cm), raiz e teste de frio cultivar TBIO Sinuelo, em função de aplicação ou não de *Azospirillum brasilense*, inseticida e fungicida.

-----Comprimento parte aérea (cm)-----			
<i>A. brasilense</i>	Médias	Fungicida	Médias
Com inoculação	4,5 b*	Com fungicida	4,7 a
Sem inoculação	4,7 a	Sem fungicida	4,5 b
Média	4,6		
CV%	5,8		
-----Comprimento de raiz (cm)-----			
Inseticida/fungicida	Com fungicida	Sem fungicida	
Com inseticida	5,5 aB*	7,0 bA	
Sem inseticida	5,0 aB	7,8 aA	
Inoculação/fungicida	Com fungicida	Sem fungicida	
Com inoculação	5,3 aB*	7,1 bA	
Sem inoculação	5,0 aB	7,6 aA	
Média	6,3		
CV%	7,7		
-----Frio %-----			
Inseticida/fungicida	Com fungicida	Sem fungicida	
Com inseticida	81,7 bB*	91,2 aA	
Sem inseticida	93,0 aA	87,2 aA	
Média	88,3		
CV%	8,5		

*Significativo pelo teste de Skott-Knott ($\alpha \leq 0,05$); letras minúsculas diferem-se na coluna; maiúsculas diferem-se na linha.

4. CONCLUSÃO

A semente de trigo mantém a sua qualidade quando se verifica a germinação, vigor e o envelhecimento acelerado independente da cultivar, utilização ou não de fungicida, inseticida e *Azospirillum brasilense*. O inseticida thiamethoxam aumenta o comprimento da parte aérea e raiz e apresenta compatibilidade com o *Azospirillum brasilense* e o fungicida inibe o comprimento da parte aérea e raiz e é antagonico a bactéria *A. brasilense*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA NETO, F. et al. Tempo de contato e de combinações de fungicidas, aditivo e inoculante sobre a sobrevivência de rizóbios e nodulação da soja. **Revista Agro@**, v. 8, p. 149-154, 2014.

ALMEIDA, A. S. et al. The role of bioactivators in the physiological performance of rice seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 501-510, 2011.

ARAÚJO, A. S. F.; ARAÚJO, R. S. Sobrevivência e nodulação do *Rhizobium tropici* em sementes de feijão tratadas com fungicidas. **Ciência Rural**, v. 36, p. 973-976, 2006.

BABALOLA, O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance. **Biotechnology Letters**, v. 32, p. 1570, 2010.

BALARDIN, R. S. et al. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1120-1126, 2011.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. 2009, 200 p.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 103-121, 1997.

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

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. Plant growth-promoting. **Encyclopedia of soils in the environment**, v. 1, p. 103-115, 2005.

BEVIVINO, A. et al. Effect of *Fusarium verticillioides* on maize-root associated *Burkholderia cenocepacia* populations. **Research in Microbiology**, v. 156, p. 974-983, 2005.

BITTENCOURT, S. R. M. et al. Eficiência do fungicida carboxim + thiram no tratamento de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 214-222, 2007.

BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação – do básico ao aplicado**, p. 209-222, 2004.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. **Compatibilidade de uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja**. Embrapa Soja. 2000, 32p.

CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: Compatibility between seed treatment with fungicides and *Bradyrhizobial* inoculants. **Symbiosis**, v. 48, p. 154-163, 2009.

CARVALHO, N. L.; PERLIN, R. S.; COSTA, E. C. Thiamethoxam Seed Treatment. **Electronic Journal of Environmental Education Master**, v. 2, p. 158-175, 2011.

CASSÁN, F. et al. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promoter seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, v. 45, p. 28-35, 2009.

CASTRO, G. S. A. et al. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1311-1318, 2008.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.

CORREA, O. S. et al. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. p. 87-95, 2008.

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 Agropecuária**, v. 1, p. 67-74, 2012.

DARTORA, J. et al. Influência do tratamento de sementes no desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, p. 175-181, 2013.

DOBBELAERE, S. et al. Response of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, p. 871-879, 2001.

DÖBEREINER, J. **Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica do nitrogênio no Brasil**, v. 4, p. 144-152, 1990.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) **Difenoconazole**. Disponível em: <<http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests/Pesticides/JMPR/Evaluation07/Difenoconazole>>. Acesso em: 05 de ago. 2016.

FARIA A. Y. K.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; CASSETARI NETO, D. Qualidade fisiológica de sementes de algodoeiro submetidas a tratamentos químicos e biológicos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, p. 121-127, 2003.

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

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

GARCIA JUNIOR, 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, p. 280-283, 2008.

GLEVAREC, G. et al. Respective roles of the glutamine synthetase/glutamate synthase cycle and glutamate dehydrogenase in ammonium and amino acid metabolism during germination and post-germinative growth in the model legume *Medicago truncatula*. **Planta**, v. 219, p. 286-297, 2004.

GRISI, P. U. et al. Qualidade das sementes de girassol tratadas com inseticidas e fungicidas. **Bioscience Journal**, v. 25, p. 28-36, 2009.

HAN, J. et al. Characterization of a novel plant growth promoting bacteria strain *Delftia tsuruhatensis HR4* both as a *diazotroph* and a potential biocontrol agent against various pathogens. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 28, p. 66-76, 2005.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. (**Documento 325 / Embrapa Soja**). Disponível em: < <http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em: 08 agosto 2015.

KOBAYASHI, L.; PIRES, A. P. Levantamento de fungos em sementes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 572-578, 2011.

MARCOS FILHO. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Ed: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes - ABRATES, Londrina, PR, 2015, 659 p.

MENTEN, J. O. M. Importância do tratamento de sementes. In: MENTEN, J. O. M. (Ed.) **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. São Paulo, Ciba Agro, p.203-224, 1995.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cultura do trigo**. Brasil, 2011.

MÓS, M. Changes in the germinability and vigour of winter triticale seeds with sprouting damage. **Plant Soil Environmental**, v. 49, p. 126-130, 2003.

MORAES, M. L. D.; MENTEN, J. O. Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefícios. **Informativo ABRATES**, v. 2, p. 52-53, 2010.

NUNES, J. C. Bioativador de plantas, **Seeds News**, v. 3, p. 30-31, 2006.

PEREYRA, M. A. et al. Seedlings growth promotion by *Azospirillum brasilense* under normal and drought conditions remains unaltered in Tebuconazole-treated wheat seeds. **European Journal of Soil Biology**, v. 45, p. 20-27, 2009.

PERRIG, D. et al. Plant-growth-promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and implications for inoculant formulation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 75, p. 1143-1150, 2007.

RAMPIM, L. et al. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 678-685 2012.

REIS, E. M.; CASA, R. T. **Indicadores para o tratamento de sementes de trigo com fungicida**. Disponível em: < www.orsementes.com.br >. Acesso em: 31 mai. 2016.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **The Science of Nature**, v. 91, p. 552-555, 2004.

SILVA, A. A. O.; FELIPE, T. A.; BACH, E. E. Ação do *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento de plantas de trigo (variedade IAC-24) e cevada (variedade CEV95033), **Conscientia Saúde**, v. 3, p. 29-35, 2004.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. 1988.

SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica**, v. 1, p. 9-19, 2007.

SOUZA, M. F. et al. Efeito do triadimenol sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e atividade microbiológica do solo. **IDESIA**, v. 29, p. 105-110 2011.

SYNGENTA, **Cruiser 350 FS**. Disponível em: <<http://www3.syngenta.com/country/br/pt/produtosemarcas/control-de-pr.aspx>>. Acesso em: 25 mai. 2016.

TAVARES, S.; CASTRO, P. R. C.; RIBEIRO, R. V.; ARAMAKI, P. H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de thiametoxan no tratamento de sementes de soja. **Revista de Agricultura**, v. 82, p. 47-54, 2007.

TAVARES, L. C. et al. Efeito de fungicidas e inseticidas via tratamento de sementes sobre o desenvolvimento inicial da soja. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 1400-1409, 2014.

CAPÍTULO II

RESUMO

CULTIVARES DE TRIGO SUBMETIDAS A DOSES DE NITROGÊNIO, INOCULAÇÃO DE SEMENTES E APLICAÇÃO FOLIAR DE *Azospirillum brasilense*.

Os fertilizantes nitrogenados, além de onerosos, possuem um manejo complexo, por isso, a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico vem sendo utilizadas como alternativa para auxiliar a nutrição das plantas. Dessa forma, objetivou-se avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de trigo submetidas a doses de nitrogênio (N) e a inoculação de *Azospirillum brasilense* na semente e em aplicação foliar. Foi utilizada três cultivares de trigos (BRS Parrudo e TBIO Quartzo e TBIO Sinuelo). Os tratamentos testados foram: aplicação ou não de *A. brasilense* inoculação nas sementes e pulverização foliar com e sem *A. brasilense*, associado à doses de nitrogênio em cobertura (0, 70 e 140 kg ha⁻¹ de N). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições. O número de plantas emergidas, perfilhos, número de espiguetas por espigas, número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas e produtividade de grãos foram as variáveis avaliadas. A inoculação via foliar de forma isolada ou de forma conjunta via tratamento de sementes, aumentaram a produtividade de grãos e os demais componentes de produtividade de todas as cultivares. Dentre as cultivares testadas a TBIO Sinuelo se destacou, apresentando resposta de inoculação nos dois anos de estudos, confirmando o bom potencial da inoculação foliar.

Palavra-chave: *Triticum aestivum* L. Inoculação foliar. Bactéria diazotrófica.

ABSTRACT

CULTIVARS UNDER WHEAT NITROGEN DOSES, SEED INOCULATION AND APPLICATION LEAF *Azospirillum brasilense*.

Nitrogen fertilizers, and costly, have a complex handling, hence the use of atmospheric nitrogen fixing bacteria have been used as an alternative to aid nutrition of plants. Thus, this study aimed to evaluate the agronomic performance of wheat cultivars submitted to nitrogen (N) and inoculation of *Azospirillum brasilense* in seed and foliar application. three varieties of wheat were used (BRS Parrudo, TBIO Quartzo and TBIO Sinuelo). The treatments were applied or not *A. brasilense* inoculated seeds and foliar spray with and without *A. brasilense*, combined with nitrogen doses (0, 70 and 140 kg ha⁻¹ N). The experimental design was a randomized block design with three replications. The number of emerged plants, tillers, spikelet number per ear, number of grains per spike, number of grains per spikelet and grain yield were evaluated variables. Inoculation foliar alone or jointly via seed treatment increased grain yield and other yield components of all cultivars. Among the cultivars tested the TBIO Sinuelo stood out, with inoculation response in the two years of study, confirming the good potential of the leaf inoculation.

Keyword: *Triticum aestivum* L. Foliar spray. Diazotrophic bacteria.

1. INTRODUÇÃO

O trigo é uma cultura de inverno que apresenta elevados riscos e incertezas durante todo o seu ciclo. Além do preço, existe a preocupação com as adversidades climáticas (excesso de chuvas e geadas tardias), tem comprometido além da produtividade, a qualidade dos grãos. Uma alternativa para reverter esta problemática do trigo é aumentar o potencial de produtividade da lavoura (BENIN et al., 2005), e a qualidade do produto além de reduzir custos de produção.

O nitrogênio (N) é um nutriente de maior demanda pelas plantas (TEIXEIRA FILHO et al., 2010) por estar relacionado aos processos fisiológicos que ocorrem nas plantas, tais como fotossíntese, respiração desenvolvimento, crescimento, diferenciação celular. A planta de trigo necessita de N durante todo seu ciclo (REPKE et al., 2013) por ser um elemento constituinte dos aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, amida e coenzimas (TAIZ, ZAIGER, 2013).

O manejo da adubação nitrogenada é uma das mais complexas, em virtude do grande número de reações e perdas a que está sujeito (TEIXEIRA FILHO et al., 2010). O conhecimento das reações que interferem na dinâmica do nitrogênio é fundamental. O N quando aplicada na superfície do solo, pode ser perdido para atmosfera na forma de gás amônia (NH_3) (DA ROS et al., 2005). O nitrato (NO_3) é perdido, por lixiviação, devido interações entre o balanço hídrico e as características físicas e químicas do solo. A concentração do nitrato em águas subterrâneas e de superfície pode causar danos à saúde (metahemoglobinemia) e eutrofização de rios e lagos.

Diante da complexidade do manejo da adubação nitrogenada algumas alternativas estão sendo pesquisadas, como a utilização das bactérias diazotróficas (BALDANI e BALDANI e BALDANI, 2005; BERGAMASCHI et al., 2007) como uma alternativa para substituir ou complementar a adubação nitrogenada (HUNGRIA, 2011). Estas bactérias melhoram a fertilidade, estrutura do solo, melhorando a produtividade das culturas reduzindo os impactos negativos dos fertilizantes químicos no ambiente (BABALOLA, 2010). Entre as espécies de bactérias estudadas, *Azospirillum brasilense* se destaca por apresentar bom desempenho quando associado a gramíneas, como milho e trigo (HUNGRIA et al, 2010; NOVAKOWISKI et al, 2011;. PICCININ et al, 2013). Vários efeitos tem sido atribuídos à bactéria *A. brasilense*, dentre eles, produção de fitormônios (SPAEPEN et al., 2007), aumento no crescimento radicular, solubilização de fosfatos, melhoria nos parâmetros fotossintéticos, condutância estomática (SAIKIA et al., 2007), indução sistêmica de resistência a doenças,

mitigação de estresse salino (BASHAN, de BASHAN, 2010), além de fornecer de 12 a 79% das exigência de N, incremento de 31% na produtividade da cultura do trigo e de 26% em milho (HUNGRIA et al., 2011).

A inoculação com *A. brasilense*, na maioria dos trabalhos, relata o uso em sementes, aplicado na forma sólida (turfa) ou na forma líquida (HUNGRIA et al., 2010). No entanto, a inoculação via foliar pode apresentar resposta diferenciada, ao penetrar no tecido da folha, onde ocorre o metabolismo dos aminoácidos, vitaminas, hormônios, coenzimas que serão utilizados na síntese de clorofila (TAIZ e ZAIGER, 2013). Além disso, evita-se a incompatibilidade de *Azospirillum* com fungicidas e inseticidas, pelos possíveis efeitos nocivos dos produtos, prejudicando a sobrevivência do inóculo (ARAÚJO e ARAÚJO, 2006) assim como o crescimento da planta.

A inoculação de bactérias diazotróficas pode aumentar a produtividade de grãos, porém, as respostas variam entre as culturas. Vários estudos comprovam eficiência da bactéria quando utilizada sem ou com baixas doses de N (SALA et al., 2007; SILVA et al., 2009; LANA et al., 2012). Outros não observaram respostas ou baixa eficiência agrônômica em termos de produtividade (SALAMONE et al., 2010; MEHNAZ et al., 2010; GALON et al., 2014).

Embora existam muitos estudos mostrando benefícios de *A. brasilense* no crescimento e produção de diferentes culturas, o uso extensivo é limitado devido à inconsistência dos resultados. A variabilidade dos resultados tem sido atribuído a diversos mecanismos de fixação de N e a complexas interações planta, bactéria e ambiente (SALA et al., 2007) fertilidade. Por isso, tornam-se necessários mais estudos para entender a interação entre *A. brasilenses*, fertilizantes nitrogenados e cultivares de trigo. Assim, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de trigo submetidas a doses de nitrogênio, inoculação de *A. brasilense* em sementes e aplicação foliar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em dois anos consecutivos, safras 2014 e 2015 na área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Rurais, localizada no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS. As coordenadas geográficas do local são 29°43'02.93''S e 53°44'00.10''O com 119 m de elevação. O clima, pela classificação de Köppen, pertence ao tipo Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida. Nos meses de abril a outubro, predominam os excessos hídricos,

enquanto nos meses de novembro a fevereiro, apresentam deficiências hídricas. A média de temperatura do ar nos meses de junho e julho é de 13,8°C, enquanto para o mês de janeiro é de 24,7°C e a precipitação anual são de 1712,4 mm (HELDWEIN et al., 2010). O solo da área classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2013). Os dados de precipitação pluviométrica e temperaturas incidentes durante a realização do experimento são apresentados nos anexos (Fig. 1 e 2)

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com os tratamentos distribuídos em um fatorial 3x4x2 com três repetições. Os fatores foram constituídos por três cultivares de trigo BRS Parrudo e TBIO Quartzo e TBIO Sinuelo, quatro formas de inoculação de *A. brasilense* via semente, aplicação foliar, foliar e semente, inoculadas ou não e doses de adubação nitrogenada em cobertura (0, 70 e 140 kg ha⁻¹ de N).

Aos vinte dias antes da instalação dos experimentos, a área foi dessecada com, glyphosate (Roundup Original[®]) na dose de 3,5 L ha⁻¹. As sementes foram tratadas com 200 e 150 mL, para cada 100 kg⁻¹, com o inseticida thiamethoxam (Cruiser[®] 350 FS) e o fungicida difenoconazole (Spectro[®]) respectivamente. A inoculação da bactéria na semente foi realizada momentos antes da semeadura usando-se sacos de polietileno e adicionados a semente 7,5 mL do inoculante líquido, após foi realizada a agitação das sementes para homogeneizar o produto composto por uma cultura de bactérias *A. brasilense*, das estirpes AbV5 e AbV6, numa concentração de 2,0 x 10⁸ Ufc mL⁻¹ do produto AzoTotal[®] por 1,0 kg de sementes para cada cultivar de trigo testada.

O trigo foi semeado em 11/06/2014 e em 03/06/2015, sendo cada unidade experimental constituída por dez fileiras espaçadas a 0,2 m entre si, com 3,87 m de comprimento e densidade de semeadura de 300 a 330 sementes viáveis m⁻². Foram consideradas úteis as seis fileiras centrais de cada unidade experimental. Para adubação de base foi utilizado 450 kg ha⁻¹ do fertilizante fórmula comercial 00-23-30(N-P-K), conforme análise de solo. As fontes de fósforo e potássio utilizadas foram superfosfato triplo (42% de P₂O₅) e cloreto de potássio (58% de K₂O) respectivamente. A adubação nitrogenada em cobertura, para os tratamentos 70 e 140 kg de N ha⁻¹ foi dividida em duas aplicações, sendo a primeira em 22/07/2014, início do perfilhamento e 06/07/2015, e a segunda, aplicada em 29/08/2014 e 06/08/2015, no fim do perfilhamento utilizando-se como fonte de N a ureia (45% de N). As aplicações foram realizadas manualmente, distribuindo-se o fertilizante sobre a superfície do solo.

A aplicação foliar de *A. brasilense* em pulverização foi efetuada no início e no fim do perfilhamento, na dose de 500 mL ha⁻¹ do produto comercial Azototal[®], realizadas no final da

tarde. Para aplicação foliar foi utilizado pulverizador costal elétrico com ponta de jato cone vazio na vazão de 180 L ha⁻¹. Os tratos culturais foram realizados seguindo as recomendações técnicas para as culturas de trigo e do triticale (CUNHA; CAIERÃO, 2014).

As características morfológicas avaliadas durante o ciclo da cultura foram plantas emergidas (PE, plantas m⁻²); número de perfilhos (NP, planta⁻¹), em observações realizadas em um metro linear de cada unidade experimental. A colheita foi realizada em 28/10/2014 e 24/08/2015, logo após foram avaliados os componentes de rendimento: número de espiguetas por espigas (NEE), número de grãos por espiga (NGE) e número de grãos por espiguetas (GE), valor obtido pela contagem de dez plantas coletadas em cada parcela; a produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹) e corrigidos para umidade padrão de 13%, massa de hectolitro (MH, kg hl¹) determinada em balança hectolétrica (BRASIL, 2009) e massa de 1000 grãos (MMG, g).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e havendo significância as médias foram comparadas pelo teste de Skott-Knott ($p \leq 0,05$). As análises dos dados foram realizadas com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos resultados encontrados na análise de variância (Anexos 4, 5, 6 e 7), foram observados efeitos significativos ($P < 0,05$ e $P < 0,01$), no ano de 2014, interação simples de inoculação e cultivar para massa de mil grãos (MMG); interação dupla cultivar x inoculação para MH e número de afilhos (NP); interação tripla para as variáveis número de espiguetas por espiga (NEE) número de grãos por espiga (NGE) e grãos por espiguetas (GE) e produtividade de grãos (PG). Ano de 2015, interação simples de cultivar para MMG; de inoculação e dose de N para NGE; de cultivar x dose de N para MH; interação tripla cultivar x inoculação x dose de N para NEE e PG.

As variáveis número de plantas emergidas (PE) e número de perfilhos (NP) foram analisados em separado, pois, os tratamentos com doses de N não haviam sido aplicadas na sua totalidade para NP, e a inoculação somente nas sementes quando os dados foram coletados. Nos dois anos consecutivos, 2014 e 2015, não houve efeito significativo da aplicação de N e da inoculação com *A. brasilense* sobre o número de plantas emergidas (PE). Como o ambiente do solo competitivo e complexo, tanto o N como as bactérias podem ter sido influenciadas pelas variações climáticas durante o estabelecimento das plantas. No início da colonização a bactéria está vulnerável a oscilações de temperatura e umidade (PITNER et., 2007), a competição com as outras bactérias do solo, não dispondo de tempo

suficiente para se estabelecer e promover alterações morfofisiológicas nas raízes (BASHAN, BASHAN, 2010) das plantas inoculadas a ponto de influenciar no número de plantas emergidas. Outra possibilidade, os teores de N do solo estariam em quantidades suficientes a ponto de inibir os efeitos benéficos da bactéria, na fase de emergência.

O número de perfilhos (NP) foi influenciado pela inoculação de *A.brasilense* na semente nas cultivares BRS Parrudo e TBIO Sinuelo (Tabela 1). A emissão de perfilhos é dependente das condições ambientais, nutricionais e genéticas. Existem relatos que o genótipo influencia a comunidade microbiana presente nas raízes em razão da diferença na sinalização entre raiz e bactéria (MONTEIRO et al., 2012) e pode alterar a morfologia das raízes e com isso melhorando a aquisição de nutrientes, principalmente N (BASSAN e BASSAN, 2010). Por outro lado, a cultivar TBIO Quartzo, apresentou redução no NP, ao ser inoculada na semente, quando comparada com TBIO Sinuelo e BRS Parrudo.

Tabela 1 - Número de perfilhos (NP, plantas⁻¹) para as cultivares BRS Parrudo, TBIO Sinuelo e TBIO Quartzo, inoculadas na semente, ano 2014. UFSM, Santa Maria, RS.

Cultivar/Inoculação	-----2014-----	
	Testemunha	Semente
Parrudo	1,5 bB*	2,5 aA
Sinuelo	1,6 bB	2,5 aA
Quartzo	2,9 aA	1,5 bB

*Significativo pelo teste de Skott-Knott ($\alpha \leq 0,05$); letras minúsculas diferem-se na coluna; maiúsculas na linha.

No primeiro ano (2014), as formas de inocular *A.brasilense*, não influenciaram o número de espiguetas espiga⁻¹(NEE) independente de cultivar e dose de N utilizada. Teixeira Filho et al. (2008) ao avaliarem cultivares de trigo, não observaram efeito significativo das doses de N (0; 30; 60; 90; 120 e 150 kg ha⁻¹) para as variáveis número de espigas m², comprimento de espiga, número de espiguetas espiga⁻¹, número de grãos espiga⁻¹.

Os componentes de produtividade NEE e o número de grãos espigas⁻¹ (NGE) em 2015 (Tabelas 2 e 3) apresentaram respostas de inoculação na forma associada foliar e semente (S+F) sem adição de N. Constataram-se aumentos de 7% e 6% no NEE, nas cultivares BRS Parrudo e TBIO Quartzo, respectivamente. Estes resultados demonstram que a inoculação na semente e em pulverização foliar foi mais efetiva, do que utilizada de forma isolada. A inoculação conjunta apresenta potencial, pois a adubação química não atende as necessidades das plantas em relação à quantidade e momento de aplicação, enquanto que, com a bactéria, ela seria suprida de forma contínua até a fase reprodutiva onde a planta necessita de maior

acumulo de N para translocar ao NEE e a NGE. A cultivar TBIO Sinuelo apresentou resposta de inoculação quando o *A. brasilense* foi pulverizado na folha conjugado com 140 kg ha⁻¹ de N (Tabela 2). Ressalta-se que as cultivares podem responder de forma diferenciada a inoculação. Estas respostas podem variar em função da dose de N e da interação entre planta-bactéria-ambiente (SALA, et al., 2007). Resultados contrários a este estudo foram encontrados por Galindo et al. (2015) ao testarem a aplicação foliar de *A. brasilense* e doses de N em trigo irrigado, não observaram influencia da inoculação foliar na produtividade, no número de espiguetas por espiga, e grãos por espiga e espiguetas.

Tabela 2 - Número de espiguetas espiga⁻¹(NEE) em cultivares de trigo, submetidas a diferentes formas de inoculação com *A. brasilense* e doses de N nos anos agrícolas 2014 e 2015. UFSM, Santa Maria, RS.

----- 2014 -----					
Doses N(kg ha ⁻¹)	Cultivar/Inoculação	Testemunha	Foliar	Semente	F+S**
0	Parrudo	α 17,2 aA*	α 15,8 bA	α 17,8 aA	α 17,6 aA
	Sinuelo	β 14,5 bA	α 15,7 bA	α 18,0 aA	α 16,5 aA
	Quartzo	α 16,4 aA	α 18,2 aA	α 17,4 aA	α 17,6 aA
70	Parrudo	α 16,4 aA	α 18,2 aA	α 18,0 aA	α 18,3 aA
	Sinuelo	α 18,0 aA	α 17,7 aA	α 16,5 aA	α 18,0 aA
	Quartzo	α 17,5 aA	α 15,8 aA	α 18,0 aA	α 18,3 aA
140	Parrudo	α 17,5 aA	α 17,7 aA	α 17,4 aA	β 15,2 bB
	Sinuelo	α 17,6 aA	α 17,0 aA	α 17,5 aA	α 17,8 aA
	Quartzo	α 17,2 aA	α 17,7 aA	α 17,8 aA	α 15,2 bB
----- 2015 -----					
0	Parrudo	Y 15,4 aB	Y 15,7 aB	Y 14,4 aC	β 16,6 aA
	Sinuelo	β 15,4 aA	β 15,4 aA	Y 14,4 aB	β 14,3 cB
	Quartzo	Y 14,4 aB	Y 14,6 bB	Y 14,7 aB	α 15,3 bA
70	Parrudo	β 16,5 aA	β 16,5 aA	β 16,0 aA	β 16,5 aA
	Sinuelo	β 15,3 bA	β 15,5 bA	β 15,2 bA	β 14,7 bB
	Quartzo	β 16,3 aA	β 15,5 bB	β 16,2 aA	α 16,3 aA
140	Parrudo	α 18,5 aA	α 18,4 aA	α 17,5 aB	α 17,3 aB
	Sinuelo	α 16,7 bB	α 17,3 bA	α 16,3 bC	α 16,0 bC
	Quartzo	α 17,2 bA	α 17,4 bA	α 15,6 cC	α 16,4 bB

*significativo pelo teste Skott-Knott ($\alpha \leq 0,05$); letras minúsculas diferem-se na coluna; maiúsculas na linha; letras gregas na dose de N em células de mesma combinação. **F+S = inoculação em conjunto foliar e semente.

O número de grãos espiga⁻¹(NGE) e grãos por espiguetas (GE) apresentaram resultados consistentes que seguiram um padrão nas formas de inoculação em 2014 (Tabela 3). Para a variável NGE a inoculação via foliar de *A. brasilense*, na cultivar TBIO Sinuelo, independente da adubação nitrogenada foi a mais eficiente; nas cultivares BRS Parrudo e

TBIO Quartzo a inoculação na semente associada ou não a doses de N auxiliaram no acréscimo do NGE. No segundo ano (2015) a inoculação foliar + semente apresentou NGE 19,71 % a mais em relação ao tratamento sem inoculação. O número de grãos por espiguetas (GE) apresentou resultados significativos para esta variável somente em 2014. A inoculação S + F mais a adição de 140 kg ha⁻¹ de N aumentou o número de GE nas cultivares BRS Parrudo e TBIO Quartzo. Com 70 kg ha⁻¹ de N com inoculação foliar foram suficientes para elevar o número de GE na TBIO Sinuelo Nos dois anos consecutivos, o aumento do GE ocorreu devido eficiência do inoculante testado, seja aplicado na semente ou via foliar. Também fica evidente que as doses de N conjugada com a inoculação apresentam respostas positivas para estas variáveis. Piccinin et al. (2013) ao trabalharem com *A. brasilense* associada a doses de N, em trigo, verificaram aumento do número de espiguetas espiga⁻¹ e do número de grãos espiga⁻¹. Estes mesmos autores afirmaram que a inoculação com *A. brasilense* deve estar associada à adubação nitrogenada, para favorecer as características agrônômicas da cultura do trigo, pois sozinha não consegue fornecer quantidade de N requerida pela planta. Galindo et al. (2015) e Ferreira et al. (2014), ao estudarem a aplicação desta bactéria via foliar e doses de N em trigo irrigado, não verificaram efeitos benéficos na altura de planta, comprimento de espigas, números de espiguetas por espiga e de grãos estéreis, massa de 100 grãos e massa do hectolitro e na produtividade de grãos de trigo.

Tabela 3 - Número de grãos espigas⁻¹ (NGE) e grãos espiguetas⁻¹(GE) em cultivares de trigo, submetidas a diferentes formas de inoculação com *A.brasilense* e doses de N nos anos agrícolas 2014 e 2015. UFSM, Santa Maria, RS.

Grãos por espiga					
-----2014-----					
Doses N (kg ha ⁻¹)	Cultivar/Inoculação	Testemunha	Foliar	Semente	F+S**
0	Parrudo	α 32,0 aB*	β 23,0 bD	β 35,0 bA	γ 26,3 aC
	Sinuelo	β 23,0 cB	β 25,5 aA	γ 23,4 cB	γ 23,4 bB
	Quartzo	β 27,0 bB	β 21,1 bC	α 37,5 aA	γ 26,3 aC
70	Parrudo	β 27,0 bC	β 21,1 bD	β 33,8 aA	β 29,1 bB
	Sinuelo	α 31,4 aB	α 35,3 aA	β 32,6 aB	α 33,3 aB
	Quartzo	β 26,0 bC	β 23,0 bD	β 33,8 aA	β 29,1 bB
140	Parrudo	β 26,0 bD	α 28,0 bC	α 37,5 aA	α 34,3 aB
	Sinuelo	α 32,4 aB	α 36,6 aA	α 38,2 aA	β 29,5 bC
	Quartzo	α 32,0 aB	α 28,0 bC	β 34,8 aA	α 34,3 aA
-----2015-----					
Inoculação	Médias	Dose N		Médias	
Testemunha	28,4 c	0		27,0 c	
Foliar	27,0 d	70		29,2 b	
Semente	30,0 b	140		32,6 a	
F+S	34,0 a				

Grãos por espiguetas					
-----2014-----					
0	Parrudo	α 1,8 aA	α 1,4 aB	β 2,0 aA	β 1,5 aB
	Sinuelo	α 1,6 aA	β 1,6 aA	β 1,3 bB	β 1,4 aB
	Quartzo	β 1,6 aB	β 1,1 bC	α 2,1 aA	β 1,5 aB
70	Parrudo	β 1,6 aB	β 1,1 cC	β 1,8 aA	β 1,6 bB
	Sinuelo	α 1,7 aA	α 2,0 aA	α 1,9 aA	α 1,8 aA
	Quartzo	β 1,5 aB	α 1,4 bB	β 1,9 aA	β 1,5 bB
140	Parrudo	β 1,5 bB	α 1,6 aB	α 2,1 aA	α 2,2 aA
	Sinuelo	α 1,8 aB	α 2,1 aA	α 2,1 aA	α 1,6 bB
	Quartzo	α 1,8 aB	α 1,6 bC	β 2,0 aB	α 2,2 aA

*Significativo pelo teste de Skott-Knott ($\alpha \leq 0,05$); letras minúsculas diferem-se na coluna; maiúsculas na linha; letras gregas na dose de N em células de mesma combinação. **F+S= inoculação em conjunto foliar e semente.

A massa do hectolitro (MH) nos dois anos, não foi influenciada pela inoculação de *A.brasilense* e pela adubação nitrogenada. De acordo com Sangoi et al. (2007), ao testarem diferentes genótipos também apresentam resposta distintas à aplicação N. Em 2014, a cultivar TBIO Parrudo e TBIO Sinuelo (2015) apresentaram os maiores valores de MH. Na segunda safra, a MH foi inferior em relação à primeira. Segundo Franceschi et al. (2009) variações na MH correm devido à interação entre genótipo e ambiente. A baixa massa de hectolitro em 2015 pode ter sido em decorrência de altas temperaturas durante a fase

vegetativa e no enchimento de grãos ocasionaram essa redução. Outro fator que influenciou de forma negativa foi os elevados índices pluviométricos e ventos antes da maturação fisiológica do trigo ocasionando o acamamento das plantas. As plantas acamadas deixaram as espigas próximas ao solo, onde o ambiente úmido ativou os processos enzimáticos da semente. As enzimas quando ativadas promovem alterações no amido e nas proteínas, por isso, ocorre germinação do grão ainda na espiga (FRANCESCHI et al., 2009). A germinação ocorre devido ao molhamento e a posterior secagem dos grãos após a maturação, ativarem a síntese de α -amilase (camada de aleurona do endosperma), reduzem a MH devido às altas taxas de respiração, consomem os carboidratos acumulados na semente (COSTA et al., 2013), produzem energia para a biossíntese de novos tecidos, reduzindo a qualidade do trigo.

Tabela 4 - Massa do hectolitro (MH, kg hL⁻¹) em cultivares de trigo, submetidas a diferentes formas de inoculação com *A.brasilense* e doses de N nos anos agrícolas 2014 e 2015. UFSM, Santa Maria, RS.

-----2014-----				
Cultivar/Inoculação	Testemunha	Foliar	Semente	F+S**
Parrudo	78,6 aA*	79,2 aA	76,8 aB	78,5 aA
Sinuelo	75,8 bA	76,1 bA	77,0 aA	76,9 bA
Quartzo	76,4 bA	75,4 bA	76,5 aA	76,5 bA
-----2015-----				
Cultivar/Dose N (kg ha ⁻¹)	0 kg	70kg	140 kg	
Parrudo	70,6 aA	70,4 aA	70,0 bA	
Sinuelo	72,0 aA	70,0 aA	71,0 aA	
Quartzo	70,4 aA	70,0 aA	70,0 bA	

*Significativo pelo teste Skott-Knott ($\alpha \leq 0,05$); Letras minúsculas diferem-se na coluna; maiúsculas na linha.**F+S = inoculação em conjunto foliar e semente.

A bactéria *A. brasilense* inoculada na semente em conjunto com a aplicação foliar, propiciou um bom aproveitamento dos nutrientes translocando de forma eficiente para a massa de grãos (GUARIENTI et al., 2013) aumentando a MMG em média 2g em relação os demais tratamentos de inoculação (Tabela 5). Neste mesmo sentido Didonet et al. (2000) inoculando esta mesma bactéria em sementes de trigo e Cornacini e Alves (2014) trabalhando com aplicação foliar em sorgo observaram incrementos na MMG. Contudo, Mendes et al. (2011), não encontraram diferença na MMG utilizando diferentes doses de *A. brasilense* (100 e 300 mL ha⁻¹) e doses de N (0, 55 e 110 kg ha⁻¹) para MMG em trigo. Independente de fatores bióticos e abióticos, a cultivar TBIO Quartzo, conseguiu expressar o seu potencial genético, nos dois anos, produzindo grãos com maior massa. O aumento da massa de grãos

pode estar associado à disponibilidade maior de N, fornecida pela bactéria durante a fase de floração e o início do enchimento de grãos (SANGOI et al., 2007). Entretanto, grãos com maior massa não garantem necessariamente maior produtividade por área à cultura do trigo.

Tabela 5 - Massa de mil grãos (MMG, g) em cultivares de trigo, submetidas a diferentes formas de inoculação com *A. brasilense* e doses de N nos anos agrícolas 2014 e 2015. UFSM, Santa Maria, RS.

<i>A. brasilense</i>	-----2014-----		-----2015-----		
	Médias	Cultivares	Médias	Cultivares	Médias
Testemunha	30,0 b*	Parrudo	30,5 b	Parrudo	31,8 a
Foliar	30,0 b	Quartzo	31,5 a	Quartzo	31,5 a
Semente	30,5 b	Sinuelo	30,5 b	Sinuelo	30,0 b
F+S	32,0 a				

*Significativo pelo teste de Skott-Knott ($\alpha \leq 0,05$); letras minúsculas diferem-se na coluna.

Em 2015, a produtividade foi maior em relação a 2014, possivelmente devido aos estudos terem sido realizados em área com dois anos de cultivo de soja. Sabe-se que a soja quando bem inoculada pode deixar um aporte de 30 kg ha⁻¹ de N para a cultura sucessora incompatibilidade (Hungria et al., 2007). Nos 18 estudos de produtividade de grãos (Tabela 6) nos dois anos consecutivos, foi observado um aumento na PG com inoculação. O que variou foi às respostas das cultivares as formas de inocular *A. brasilense* diante das doses de 0, 70 e 140 kg ha⁻¹ de N.

A cultivar BRS Parrudo não apresentou efeito de inoculação, em 2014, apenas de cultivar e doses de N (Tabela 6). Em 2015, com metade da dose (70 kg ha⁻¹ de N) conjugada com a inoculação foliar propiciou aumento de 270 kg ha⁻¹, quando comparada com o tratamento testemunha (70 kg ha⁻¹ de N). Outro resultado observado neste mesmo ano foi que, a produtividade com 70 kg ha⁻¹ de N foi semelhante com 140 kg ha⁻¹ de N, com aplicação de *A. brasilense* via foliar. Este resultado reforça a hipótese de que a inoculação de *A. brasilense* + 70 kg ha⁻¹ de N pode diminuir a aplicação de adubação nitrogenada na cultura do trigo, em até 50% (PICCININ et al., 2015).

A cultivar Sinuelo, foi mais constante apresentando resposta de inoculação nos dois anos estudados com dose de N até 70 kg ha⁻¹. No primeiro ano, a produtividade (Tabela 6) aumentou de 1440 kg (70 kg ha⁻¹ de N) para 2627 kg ha⁻¹ com inoculação + 70 kg ha⁻¹ de N, um acréscimo de aproximadamente 82,5% em relação ao tratamento sem uso da bactéria *A. brasilense*. No segundo ano com 70 kg ha⁻¹ de N, esta cultivar, passou de 2872 kg ha⁻¹ para

3242 kg ha⁻¹ quando inoculada via foliar com *A.brasilense*. Um aumento médio de 370 kg ha⁻¹ em relação à testemunha (70 kg ha⁻¹ de N). Hungria (2011) relata que, em 273 ensaios de trigo com inoculação de *A. brasilense* na Argentina, 76% dos casos obteve-se aumento médio 256 kg ha⁻¹. Esses resultados são atribuídos à eficiência da bactéria, que apresenta melhores respostas quando o fornecimento de nitrogênio é limitado (SALA et al., 2007; SILVA et al., 2009; HUNGRIA et al., 2010; LANA et al., 2012), isto porque, a eficiência da fixação biológica de *Azospirillum* é reduzida ou inibida em elevadas concentrações de N no solo (LANA et al., 2012). Embora a bactéria forneça apenas parte do N requerido pela planta, diminui a dose de N a ser aplicada. Segundo Alen'kina et al. (2014), ao ser inoculada, as bactérias podem formar moléculas sinalizadoras que atravessam a parede celular da planta e serem reconhecidos pelos receptores de membrana. Esta interação pode iniciar uma cadeia de eventos que resultam na alteração do metabolismo da planta melhorando a atividade fotossintética a quantidades de fotoassimilados translocados para os grãos (ALEN'KINA et al., 2014), resultando em aumento de produtividade.

Em 2014, a inoculação foliar com 70 kg ha⁻¹ de N aumentou em 31% a produtividade do trigo da cultivar TBIO Quartzo, quando comparada a 70 kg ha⁻¹ de N sem inoculação (2536 e 1925 kg ha⁻¹, respectivamente). Quando esta mesma adubação foi utilizada em conjunto com inoculação nas sementes apresentou acréscimo de 36,5% em relação à testemunha com 70 kg ha⁻¹ de N. Nesse mesmo ano, com adição de 140 kg ha⁻¹ de N com inoculação foliar e semente, a produtividade foi 14 e 13,5% respectivamente, quando comparada com 140 kg ha⁻¹ de N sem inoculação. No ano de 2015 a cultivar Quartzo não apresentou compatibilidade com *A.brasilense*. Este fato sugere que possivelmente a bactéria tenha sofrido competição com a comunidade microbiana do solo, pelo fato ser predominantemente rizosférica, tornou-se, mais vulnerável aos fatores ambientais como temperatura e umidade (GYANESHWAR et al., 2002) predominantes durante o ciclo da cultura e das características do solo (DOBBELAERE et al., 2003) do local cultivado.

Apesar da variabilidade nos resultados, nos dois anos estudados, foi demonstrado que a inoculação via foliar apresenta resultados promissores quando associada à adubação nitrogenada. Apesar de vários anos de estudos com a referida bactéria os trabalhos com inoculação foliar são recentes necessitando de maiores investigações a cerca do assunto.

Tabela 6 - Produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹) em cultivares de trigo, submetida a diferentes formas de inoculação com *A.brasilense* e doses de N nos anos agrícolas 2014 e 2015. UFSM, Santa Maria, RS.

-----Safrá 2014-----					
Doses N (kg ha ⁻¹)	Cultivar/Inoculação	Testemunha	Foliar	Semente	F+S**
0	Parrudo	β 1750 aA*	β 1947 aA	α 1181 aB	α 1313 bB
	Sinuelo	β 1317 aB	Y 1224 bB	β 901 bC	Y 1746 aA
	Quartzo	Y 1482 aA	Y 1506 bA	Y1093 aB	β 1167 bB
70	Parrudo	α 2430 aA	β 1671 bB	α 1678 bB	α 1551 bB
	Sinuelo	β 1440 cD	β 2191 aB	α 1859 bC	β 2627 aA
	Quartzo	β 1925 bB	β 2536 aA	β 2633 aA	β 1124 cC
140	Parrudo	α 2831 bA	α 2485 bA	α 1401 cB	α 2785 bA
	Sinuelo	α 3382 aA	α 2600 bB	α 1961 bC	α 3263 aA
	Quartzo	α 2958 bB	α 3383 aA	α 3366 aA	α 2508 bC
-----Safrá 2015-----					
0	Parrudo	Y 1930 cB	β 2623 bA	Y1912 cB	Y 1938 bB
	Sinuelo	Y 2494 bB	α 3198 aA	Y2196 bC	β 2537 aB
	Quartzo	α 3305 aA	Y 1803 cD	β 2945 aB	Y 2060 bC
70	Parrudo	β 2875 aB	α 3148 aA	β 2410 bC	β 2461 bC
	Sinuelo	β 2872 aB	α 3242 aA	β 2534 bC	α 2911 aB
	Quartzo	β 3068 aA	β 2921 bA	β 2877 aA	β 2372 bB
140	Parrudo	α 3378 aA	α 2992 bB	α 2944 bB	α 3130 aB
	Sinuelo	α 3189 aA	α 3313 aA	α 2751 bB	α 2836 bB
	Quartzo	α 3374 aA	α 3285 aA	α 3227 aA	α 2979 bB

*Significativo pelo teste de Skott-Knott ($\alpha \leq 0,05$); letras minúsculas diferem-se na coluna; maiúsculas na linha; letras gregas em células de mesma combinação diferem na dose de N. **F+S = inoculação em conjunto foliar e semente.

4. CONCLUSÃO

A inoculação via foliar de forma isolada ou de forma conjunta via tratamento de sementes, aumentaram a produtividade de grãos e os demais componentes de produtividade de todas as cultivares. Dentre as cultivares testadas a TBIO Sinuelo se destacou, apresentando resposta de inoculação nos dois anos de estudos, confirmando o bom potencial da inoculação foliar.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEN'KINA, S. A. et al. Signal effects of the lectin from the associative nitrogen-fixing bacterium *Azospirillum brasilense* Sp7 in bacterial–plant root interactions. **Plant of Soil**, v. 381, p. 337-349, 2014.

ARAÚJO, A. S. F.; ARAÚJO, R. S. Sobrevivência e nodulação do *Rhizobium tropici* em sementes de feijão tratadas com fungicidas. **Ciência Rural**, v. 36, p. 973-976, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária.** – Brasília, 2009, 200 p.

BABALOLA, O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance. **Biotechnology Letters**, v. 32, p. 1559-1570, 2010.

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. How the Plant Growth-Promoting Bacterium *Azospirillum* Promotes Plant Growth. In: **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 77-136, 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**, v. 77, p. 549-579, 2005.

BENIN, G. et al. Early generation selection strategy for yield and yield components in white oat. **Scientia Agrícola**, v. 62, p. 357-365, 2005.

BERGAMASCHI, C. et al. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro. **Ciência Rural**, v. 37, p. 727-733, 2007.

CORNACINI, J. H. O.; ALVES, C. Z. Doses de nitrogênio em cobertura associado à inoculação de *Azospirillum brasilense* via foliar na cultura do sorgo. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 3, p. 216-229, 2014.

COSTA, L.; ZUCARELI, C.; RIEDE, C. R. Parcelamento da adubação nitrogenada no desempenho produtivo de genótipos de trigo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 215-224, 2013.

CUNHA, G. R.; CAIERÃO, E. (Ed). **Informações Técnicas para Trigo e Triticale** - Safra 2015. Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2014, 229 p.

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

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

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Embrapa, Brasília, Brasil. 2013, 154p.

FRANCESCHI, L. et al. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1624-1631, 2009.

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

FERREIRA, J. P. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e nitrogênio em cobertura no trigo em região de Cerrado. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 8, p. 27-32, 2014.

GALINDO, F. S. et al. Épocas de inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar afetando a produtividade da cultura do trigo irrigado. **Tecnologia & Ciências Agropecuárias**, v. 9, p. 43-48, 2015.

GALON, L. et al. Desempenho agrônômico da cultura do trigo após inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 21, p. 20-28, 2015.

GUARIENTI et al. **Qualidade do trigo**: aspectos tecnológicos e sanitários. Informe Agropecuário. v. 34, p. 72-82, 2013.

GYANESHWAR, P. et al. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant Soil**, v. 245, p. 83-93, 2002.

HELDWEIN, A. B. et al. O Clima de Santa Maria. **Revista Ciência Ambiente**, v. 38, p. 43-58, 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. (**Embrapa Soja, Documentos**) 80p. 2007.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (**Documentos Embrapa Soja**).

LANA, M. C. et al. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v. 59, p. 399-405, 2012.

MEHNAZ, S. et al. Growth promoting effects of corn (*Zea mays*) bacterial isolates under greenhouse and field conditions. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, p. 1848-1856, 2010.

MONTEIRO, F. P. et al. Exsudatos radiculares de plantas de cobertura no desenvolvimento de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 87-93, 2012.

NOVAKOWISKI, J. H. et al. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1687-1698, 2011.

PICCININ, G. G. et al. Efficiency of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* on agronomic characteristics and yield of wheat. **Industrial crops and products**, v. 43, p. 393-397, 2013.

PICCININ, G. G. et al. Inoculação das sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* associada à aplicação de biorregulador. **Informativo Abrates**, v. 25, p. 30-38, 2015.

PITTNER, E. et al. Flutuação populacional de bactérias do gênero *Azospirillum* em solo cultivado com milho e em campo nativo. **Ambiência**, v. 3 n. 2 p. 243-252, 2007.

REPKE, R. A. et al. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, p. 214-226, 2013.

SAIKIA, S. P. et al. Dinitrogen fixation activity of *Azospirillum brasilense* in maize (*Zea mays*). **Current Science**, v. 93, p. 1296-1300, 2007.

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

SALAMONE, I. E. et al. Field response of rice paddy crop to *Azospirillum* inoculation: physiology of rhizosphere bacterial communities and the genetic diversity of endophytic bacteria in different parts of the plants. **Plant Soil**, v. 336, p. 351-362, 2010.

SANGOI, L. et al. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1564-1570, 2007.

SILVA, M. F. et al. Inoculantes formulados com polímeros e bactérias endofíticas para a cultura da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1437-1443, 2009.

SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J.; REMANS, R. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism plant signaling. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 31, p. 425-448, 2007.

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

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Análise econômica da adubação nitrogenada em trigo irrigado sob plantio direto no cerrado. **Revista Ceres**, v. 57, p. 446-443, 2010.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, durante os dois anos na condução do estudo as condições climáticas, principalmente as hídricas, foram desfavoráveis para a cultura do trigo. Possivelmente influenciadas pelo fenômeno El Niño que impactou sobre o clima da Região Sul e caracterizando-se por chuvas excessivas. Esse tipo de condição meteorológica aumentou a ocorrência de doenças e piorou as características de qualidade do grão causando flutuação no rendimento e produção da cultura. O cultivo em 2014 foi tumultuado durante todo seu ciclo. No estabelecimento da lavoura, o excesso de umidade prejudicou a emergência das plântulas. A germinação das sementes e o estande inicial apresentaram falhas que causaram prejuízo no rendimento final de grãos. Durante o desenvolvimento (fase vegetativa e início da reprodutiva) da cultura, vários fatores adversos influenciaram para que o resultado final fosse frustrante. Fatores como baixa eficiência dos adubos químicos, geadas (florescimento e enchimento de grãos), excesso de umidade e a baixa incidência solar, favoreceram o aparecimento de doenças foliares e de espiga (giberela e brusone), provocaram perdas na quantidade de grãos. Em 2015, também ocorreu prejuízos, devido às temperaturas elevadas e chuvas acima da média e como consequência incidência de doenças (foliares e de espiga), devido a dificuldades de entrar na lavoura para realizar o manejo adequado (fase vegetativa e reprodutiva) além de aceleração do ciclo da cultura ocasionada pelas altas temperaturas durante o inverno e primavera. As chuvas na maturação do grão prejudicaram a qualidade do grão.

Os dados obtidos nos dois anos de estudos com inoculação foliar de *A.brasilense* de apresentam potencial. Esta tecnologia surge como alternativa para aumentar a produtividade na cultura do trigo e ao mesmo tempo reduzir custos com fertilizantes nitrogenados. Outro fator preponderante diz respeito à logística de manejo, a aplicação foliar, coincide com a aplicação do N em cobertura, além disso, a aplicação via foliar, a bactéria não compete com os microrganismos do solo, não entra em contato com os princípios ativos dos produtos químicos do tratamento de sementes, evitando a interferências negativas destes sobre a população bacteriana.

Anexo A - Análise de variância para vigor, germinação (GER), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (FR), comprimento de parte aérea (CPA) raiz (CR) e massa seca total (MST) cultivar TBIO Mestre.

FV	GL	VIGOR	Pr>Fc	GER	Pr>Fc	EA	Pr>Fc	FR	Pr>Fc	CR	Pr>Fc	CPA	Pr>Fc	MST	Pr>Fc
AZ	1	32	0,10	0,50	0,82	220,50	0,06	0,13	0,08	0,00	0,91	0,4**	0,01	0,00	0,27
INS	1	40,50	0,07	4,50	0,64	72,00	0,27	10,13	0,29	31,36**	0,00	0,03	0,50	0,00	0,94
FUNG	1	24,50	0,15	12,50	0,29	0,50	0,93	28,13	0,08	50,25**	0,00	3,81**	0,00	0,00	0,27
AZ*INS	1	18,00	0,21	0,50	0,82	0,50	0,93	1,13	0,72	0,11	0,52	0,01	0,71	0,00	0,82
AZ* FUNG	1	8,00	0,40	0,50	0,82	0,70	1,00	3,13	0,55	0,84	0,08	0,54**	0,00	0,00	0,94
INS*FUNG	1	4,50	0,53	12,50	0,25	180,00	0,08	6,13	0,55	0,10	0,54	0,83**	0,00	0,00*	0,04
AZO*INS*FUNG	1	2,00	0,67	12,50	0,25	98,00	0,20	1,13	0,72	0,00	0,99	0,87**	0,00	0,00	0,94
ERRO	24	11,08		9,00		55,75		8,70		0,26		0,05		0,00	
CV		3,48		3,10		8,71		3,08		7,77		4,18		7,62	
MÉDIA		95,62		96,62		85,75		95,81		6,54		5,43		0,31	

*significativo a 5% de probabilidade;**significativo a 1% de probabilidade.

Anexo B - Análise de variância para vigor, germinação (GER), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (FR), comprimento de parte aérea (CPA) raiz (CR) e massa seca total (MST) cultivar TBIO Itaipu.

FV	GL	VIGOR	Pr>Fc	GER	Pr>Fc	EA	Pr>Fc	FR	Pr>Fc	CR	Pr>Fc	CPA	Pr>Fc	MS	Pr>Fc
AZ	1	91,12	0,12	0,12	0,88	4,50	0,80	15,13	0,23	0,89	0,08	0,00	0,88	0,00	0,69
INS	1	6,12	0,68	0,12	0,88	200,00	0,10	6,13	0,44	0,07	0,60	0,10	0,27	0,00	0,20
FUNG	1	6,12	0,68	1,12	0,65	12,50	0,67	21,13	0,15	24,11**	0,00	0,00	0,82	0,00	0,27
AZ*INS	1	55,12	0,23	3,12	0,46	2,00	0,86	0,13	0,91	0,47	0,19	0,02	0,57	0,00	0,09
AZ* FUNG	1	55,12	0,23	1,12	0,65	12,50	0,86	0,13	0,91	0,49	0,18	0,19	0,12	0,00	0,44
INS*FUNG	1	120,12	0,08	15,12	0,11	8,00	0,86	21,13	0,15	0,03	0,75	0,39*	0,03	0,00	0,18
AZ*INS*FUNG	1	3,12	0,77	10,12	0,19	72,00	0,31	3,13	0,58	0,02	0,76	0,00	0,95	0,00	0,81
ERRO	24	36,04		131,00		66,50		9,79		0,26		0,07		0,00	
CV		6,63		2,42		9,55		3,27		8,71		5,48		7,39	
MÉDIA		90,56		96,56		85,37		95,56		5,82		4,88		0,31	

*significativo a 5% de probabilidade;**significativo a 1% de probabilidade.

Anexo C - Análise de variância para vigor (%), germinação (GER%), envelhecimento acelerado (EA%), teste de frio (FR%), comprimento de parte aérea (CPA, cm) raiz (CR, cm) e massa seca total (MST, g) cultivar TBIO Sinuelo.

FV	GL	VIGOR	Pr>Fc	GER	Pr>Fc	EA	Pr>Fc	FR	Pr>Fc	CR	Pr>Fc	CPA	Pr>Fc	MS	Pr>Fc
AZ	1	21,13	0,23	21,13	0,21	3,13	0,84	105,13	0,19	0,19	0,37	0,43*	0,02	0,00	0,54
INS	1	0,13	0,93	1,13	0,77	21,13	0,61	105,13	0,19	0,45	0,18	0,02	0,58	0,00	0,79
FUNG	1	15,13	0,31	15,13	0,28	45,13	0,45	28,13	0,49	38,26**	0,00	0,58**	0,01	0,00	0,34
AZ*INS	1	1,13	0,78	3,13	0,62	120,13	0,23	231,13	0,56	0,19	0,38	0,26	0,07	0,00	0,26
AZ* FUNG	1	3,13	0,64	6,13	0,49	91,13	0,29	36,13	0,43	1,43*	0,02	0,23	0,09	0,00	0,93
INS*FUNG	1	6,13	0,51	10,13	0,38	153,13	0,17	465,12**	0,01	3,73**	0,00	0,06	0,37	0,00	0,54
AZ*INS*FUNG	1	21,13	0,23	10,13	0,38	6,13	0,78	153,13	0,11	0,05	0,64	0,09	0,28	0,00	0,15
ERRO	24	333,00		12,54		18,04		1.373,00		0,24		0,07			
CV		7,40		3,73		14,18		8,56		7,75		5,90		7,22	
MÉDIA		77,24		94,93		62,31		88,31		6,30		4,64		0,27	

*significativo a 5% de probabilidade;**significativo a 1% de probabilidade.

Anexo D- Análise de variância para número de plantas emergidas (PE, m), número de perfilhos (NP plantas⁻¹), ano 2014.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		PE	NP
CULT	2	1536,11	0,80
INOC	1	68,05	0,01
CULT*INOC	2	6119,44	2,30**
BLOCO	2	477,77	0,03
ERRO	10	22505,55	0,05
MÉDIA		223,05	2,1
CV%		21,26	10,47

* P<0,05; ** P<0,01 pelo teste Skott-Knott.

Anexo E- Análise de variância para número de espiguetas espiga⁻¹ (NEE), grãos espiga⁻¹ (NGE), grãos espiguetas⁻¹ (GE), massa do hectolitro (MH, kg hL⁻¹), massa de mil grãos (MMG, g), e produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹), ano 2014.

Fonte de Variação	GL	Q M*					
		NEE	NGE	GE	MH	MMG	PG
CULT	2	0,54	12,06	0,05	44,70	54,78**	443738,19
INOC	3	2,22	260,62	0,61	1,46	30,30**	8915420,00
DOSE N	3	3,96	289,31	0,96	1,95	7,68	4052205,20
CULT*INOC	6	0,50	86,41	0,31	7,06**	6,28	1604757,19
CULT* N	4	2,78	109,33	0,25	2,45	3,33	476388,30
INOC* N	6	4,27	15,18	0,11	1,23	3,97	431709,86
CULT*INOC*N	12	3,76**	23,322**	0,15**	1,53	2,56	2621183,47**
BLOCO	2	3,51	4,03	0,014	1,40	4,71	1056,44
ERRO	70	1,64	1	0,02	2,15	3	62.243,88
MÉDIA		17,21	29,72	1,75	77,05	30,51	2034,11
CV%		7,45	3,7	8,52	1,9	6	12,27

* P<0,05; ** P<0,01 pelo teste Skott-Knott; Q.M- quadrados médios.

Anexo F- Análise de variância para número de plantas emergidas (PE, m), número de perfilhos (NP, plantas⁻¹), ano 2015.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		PE	NP
CULT	2	8301,38	1,22
INOC	1	1701,38	0,22
CULT*INOC	2	359,72	0,27
BLOCO	2	6926,38	0,44
ERRO	10	1993,05	0,35
CV%		19,25	38,90
MÉDIA		231,94	1,51

* P<0,05; ** P<0,01 pelo teste Skott-Knott.

Anexo G - Análise de variância para número de espiguetas espigas⁻¹ (NEE), grãos espiga⁻¹ (NGE), grãos espiguetas⁻¹ (GE), massa do hectolitro (MH kg hL⁻¹), massa de mil grãos (MMG, g), e produtividade de grãos (PG kg ha⁻¹), ano 2015.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		NEE	NGE	GE	MH	MMG	PG
CULT	2	10,8	17,70	0,12	13,04	1,20**	482,65
INOC	3	2,50	64,26*	0,16	19,50	46,74	1014471,50
DOSE N	2	35,90	136,96*	0,11	1,43	1,99	4492803,58
CULT*INOC	6	0,78	13,05	0,03	10,09	0,56	706775,01
CULT* N	4	1,26	35,05	0,13	4,92*	2,30	300730,56
INOC* N	6	1,20	3,85	0,02	4,65	3,62	65553,50
CULT*INOC*N	12	0,52**	22,65	0,08	3,98	2,42	294776,30**
BLOCO	2	0,05	3,35	0,01	1,99	1,54	9230,25
ERRO	70	0,10	23,12	0,09	1,99	1,88	15.114,70
CV%		2,00	13,30	13,10	2,84	4,41	4,42
MÉDIA		16,03	36,14	2,25	70,18	31,10	2.778,91

* P<0,05; ** P<0,01 pelo teste Skott-Knott.

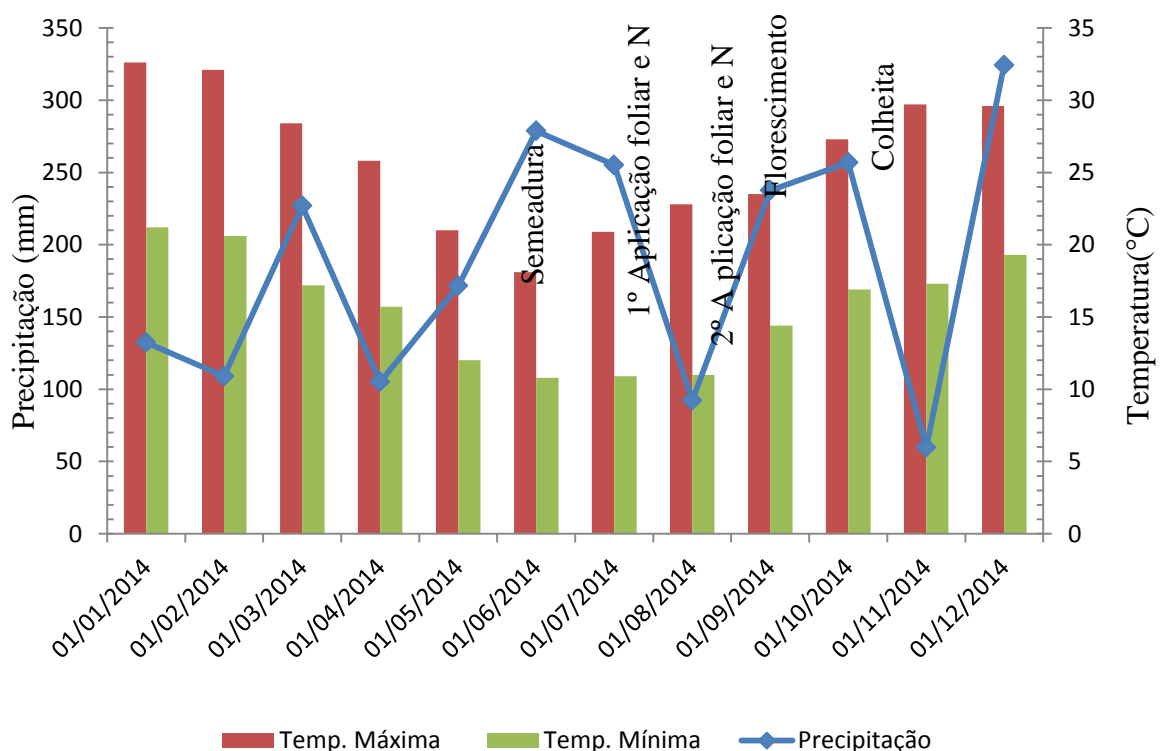


Figura 1 - Dados climáticos mensais de temperatura máxima e mínima (°C) e precipitação em (mm) precipitação em Santa Maria, 2014. **Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

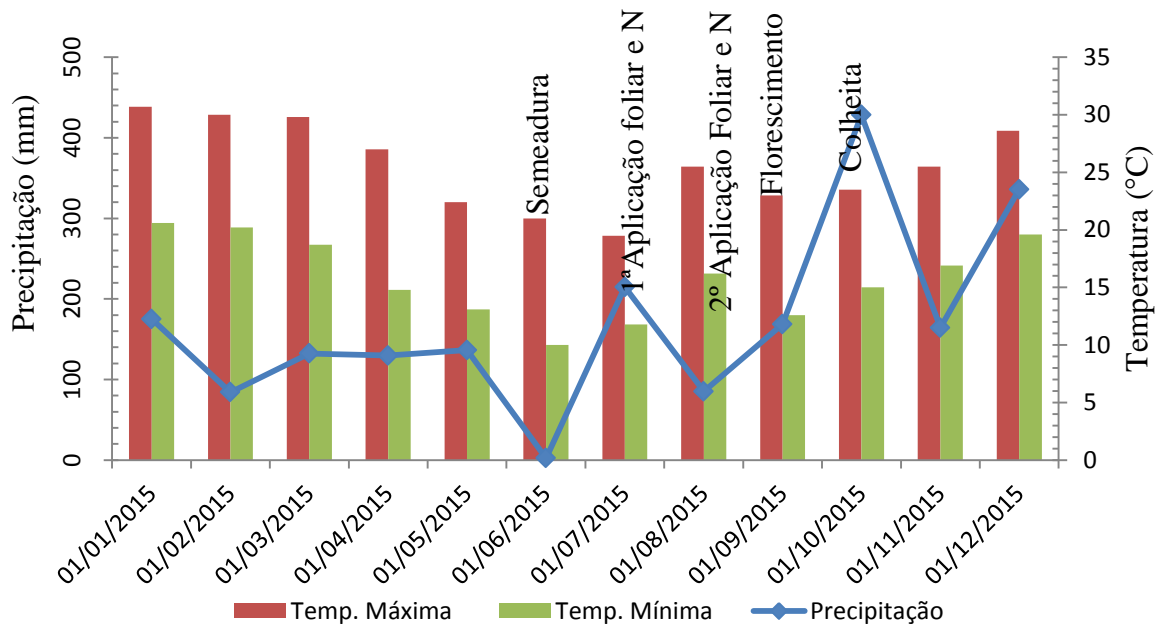


Figura 2 - Dados climáticos mensais de temperatura máxima e mínima (°C) e precipitação em (mm) em Santa Maria, 2015. **Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

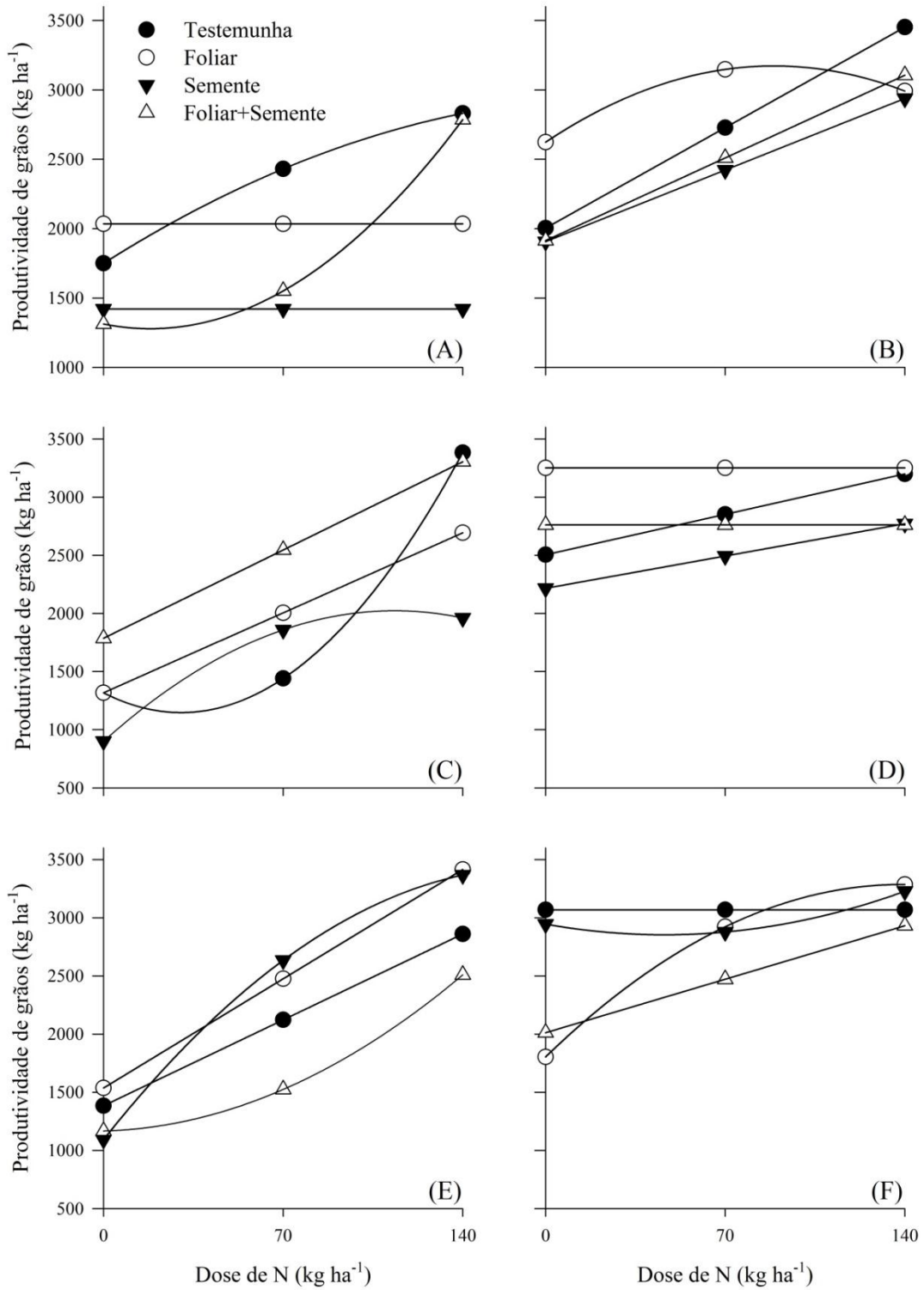


Figura 3. Produtividade de grãos e doses de N (kg ha⁻¹) cultivar Parrudo (A, B), Sinuelo (C, D) e Quartzo (E, F) figura a esquerda, ano 2014 à direita 2015.

Anexo H. Tabela de Produtividade de Grãos (PG, kg ha⁻¹) da interação tratamentos dose de N em cultivares de trigo em dois anos agrícolas.

Ano	-----2014-----		-----2015-----	
Cultivar	PG	r ²	PG	r ²
Parrudo				
Testemunha	1750,33333333+11,71666667N-0,02853741N ²	0.95	2003,83333333+10,34523810N	0,92
Foliar	2035		2623,0000000+12,36428571-0,06948980N ²	0,84
Semente	1421		1906,72222222+7,36904762N	0,89
F+S	1313,00000000-3,70000000N+0,10156463N ²	0.94	1913,88888889+ 8,51428571N ²	0,92
Sinuelo				
Testemunha	1317,33333333-11,22380952N+0,18551020N ²	0.88	2504,44444444+4,96190476N	0,93
Foliar	1317,50000000+9,82619048N	0.86	3251	
Semente	1961,66666667+ 4,65238095N-0,08734694N ²	0.92	2216,11111111+3,96666667N	0,89
F+S	1787,11111111+10,83333333N	0.89	2761	
Quartzo				
Testemunha	1384,11111111+ 10,54285714 N	0.88	3068	
Foliar	1536,55555556+13,4095238N	0.86	1803,33333333+21,36904762N-0,07704082N ²	0,98
Semente	1093,66666667+27,76428571N -0,0823469N ²	0.92	2945,00000000-3,94761905 N+0,04258503*N ²	0,94
F+S	1167,00000000-10,80238095N+ 0,14561224N ²	0.89	2011,55555556+6.56666667N	0,92