

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA**

WELLINGTON FAVA ROQUE

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE TRIGO COINOCULADAS
COM BACTÉRIAS NODULÍFERAS**

**RONDONÓPOLIS – MT
2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA**

WELLINGTON FAVA ROQUE

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE TRIGO COINOCULADAS
COM BACTÉRIAS NODULÍFERAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus de Rondonópolis, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Salomão Lima Guimarães

RONDONÓPOLIS – MT
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

F272d Roque, Wellington Fava.
Desempenho de Cultivares de Trigo Coinoculadas com Bactérias
Nodulíferas / Wellington Fava Roque. -- 2020
90 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Salomão Lima Guimarães.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de
Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, Rondonópolis, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Bactérias associativas. 2. Biofertilização. 3. Triticum aestivum L. 4.
Rhizobium. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO-GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
Avenida dos Estudantes, 5055 - Cidade Universitária, - CEP: 78736-900 - Rondonópolis/MT
Tel.: (66) 3410-4121 - E-mail: spgeagri@hotmail.com

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “DESEMPENHO DE CULTIVARES DE TRIGO COINOCULADAS COM BACTÉRIAS NODULÍFERAS”

AUTOR: Mestrando Wellington Fava Roque

Dissertação defendida e aprovada em 28 de fevereiro de 2020.

Presidente da Banca / Orientador: Doutor Salomão Lima Guimarães
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinador Interno: Doutor Marcio Koetz
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinador Externo: Doutora Ana Paula Alves Barreto Damasceno
Instituição: CNPq/DCR

Examinador Suplente: Doutor Tonny José Araújo da Silva
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Rondonópolis, 28 de fevereiro de 2020.

A todos aqueles que contribuíram com um tijolo na escada
do conhecimento, nos fazendo alcançar a luz da ciência e
nos libertando das trevas da credulidade.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A todos os amigos que a vida me deu, seja antes, durante ou depois dessa experiência. Eles, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a conclusão desse trabalho.

Aos meus pais, Neide A. Fava e Carmos H. Roque, pela educação e amor que deram, fizeram-me acreditar que com esforço posso ser capaz de tudo.

Ao meu esposo e amigo Henrique Nicolau G. Maranholi, que desde o processo seletivo incentivou-me, foi meu ajudante durante toda a condução do experimento e meu esteio financeiro e emocional.

À Universidade Federal do Mato Grosso – Câmpus de Rondonópolis, que através do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola me ajudou a atingir mais uma meta de vida, proporcionando um conhecimento de grande valor pessoal e profissional.

Ao meu admirado orientador Prof. Dr. Salomão Lima Guimarães que acreditou na minha vontade, foi meu mentor acadêmico, mostrou-me o caminho a ser trilhado e deu liberdade para percorre-lo durante a condução da pesquisa.

À respeitada professora Dra. Edna Maria Bonfim-Silva, que prestou auxílio de peso ao decorrer do programa e durante a pesquisa.

Ao afável Dr. Tonny José Araújo da Silva, que como coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e professor, fez um ótimo trabalho, sem mensurar esforços, dedicando-se aos discentes do programa.

Aos companheiros de turma, Rafael França, Juan Vicente, Rita de Cássio, Douglas Edson, Wagner e Tássia Greco que dividiram os anseios e medos durante a jornada.

Aos doutorandos Carolina Silva, Júlio Nonato e Luana que me ajudaram e aconselharam durante a implantação e condução do experimento.

As turmas 2017/2; 2018/2 e 2019/1 pela convivência, troca de conhecimentos, conversas e brincadeiras.

Ao corpo docente e técnico do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelo empenho. Todos vocês são fenomenais!

À CAPES pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa.

"Se raciocinar fosse como carregar pesos, então vários raciocinadores seriam melhores do que um. Mas raciocinar não é como carregar pesos. É como uma corrida... Onde um único cavalo galopante supera facilmente uma centena de cavalos puxando carroças."

(Galileu Galilei)

RESUMO

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE TRIGO COINOCULADAS COM BACTÉRIAS NODULÍFERAS

Os micro-organismos encontrados na região rizosférica das plantas têm um eminente papel no seu desenvolvimento fisiológico e produtivo através da fixação e disponibilização de nutrientes e a produção de hormônios de desenvolvimento vegetal. Dentre esses nutrientes destaca-se o nitrogênio, que é um elemento essencial na estrutura dos tecidos da planta. O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais consumidos no mundo e a necessidade da redução de custos com a aplicação de adubação nitrogenada nos leva a pesquisar a eficácia da biofertilização. Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar a eficiência da coinoculação de bactérias nodulíferas sobre o desenvolvimento de cultivares de trigo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em delineamento experimental de blocos ao acaso, esquema fatorial 13x3, com quatro repetições. Os tratamentos foram: T1 (Inoculante comercial para trigo - *Azospirillum brasilense*), T2 – (Inoculante comercial para soja - *Bradyrhizobium japonicum*), T3 (Inoculante comercial para feijão caupi – *B. japonicum*), T4 (MT08 – *Rhizobium tropici*), T5 (MT16 – *R. leguminosarum*), T6 (MT15 – *R. tropici*), T7 (*A. brasilense* + inoculante para feijão caupi) T8 (*A. brasilense* + MT08), T9 (*A. brasilense* + MT16), T10 (*A. brasilense* + MT15), T11 (*A. brasilense* + *B. japonicum*), T12 (testemunha nitrogenada) e T13 (testemunha absoluta) e três cultivares de trigo: BRS 394, BRS 264 e BRS 254. As variáveis analisadas foram: número de folhas, altura de planta, índice de clorofila Falker, número de perfilhos e de espigas aos 30, 40 e 50 dias após a semeadura (DAS). Ao final do ciclo, foram avaliados a massa seca da parte aérea, da raiz, razão entre massa seca aérea e raiz, massa seca total e dos grãos, volume da raiz, número de espiguetas, massa de cem grãos, concentração e acúmulo de nitrogênio nos grãos e proteína bruta. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Houve efeito isolado e interação entre os tratamentos. As estirpes com maior eficiência foram a MT 15 (*R. tropici*) e inoculante para feijão caupi (*B. japonicum*) isoladamente ou coinoculadas com *A. brasilense*. Na altura de plantas aos 40 e 50 DAS as maiores médias foram observadas no tratamento com *A. brasilense*, com incremento de 5,6% sobre a testemunha nitrogenada. O índice de clorofila Falker foi superior nos tratamentos com inoculante comercial para trigo (*A. brasilense*) aos 40 DAS (37,55) e a MT 15 aos 50 DAS (40,13). O inoculante para feijão caupi e a estirpe MT 15 mostraram melhor eficiência na massa seca da parte aérea (80,40 g e 8,90 g) massa seca de raízes (4,11 g e 4,47 g) e volume (0,026 dm³ e 0,029 dm³) de raízes, número de espigas (14,91 ambas), número de folhas aos 30 DAS (66 e 77,33) e massa seca dos grãos (5,8766 g e 5,2383 g). Com base nos resultados, conclui-se que as bactérias nodulíferas apresentam potencial para suplementação de nitrogênio às cultivares de trigo testadas.

Palavras-chave: Bactérias associativas, biofertilização, *Triticum aestivum* L, *Rhizobium*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF CO-INOCULATION WHEAT CULTIVARS WITH NODULIFER BACTERIA

The microorganisms found in the rhizospheric region of the plants performance in their physiological and productive development through the fixation and supplement of nutrients and the production of plant development hormones. Between these nutrients stands out nitrogen, which is an essential element in the structure of plant tissues. The Wheat (*Triticum aestivum* L.) is first consumed cereals in the world and the need to reduce the application of nitrogen fertilization leads us to research the effectiveness of biofertilization. Thus, the objective of this work was to evaluate the efficiency of the nodulifer bacteria co-inoculation on the development of wheat cultivars. The experiment was conducted in a greenhouse in a randomized block design in a 13x3 factorial model with four replications. The treatments were: T1 (commercial wheat inoculant - *Azospirillum brasilense*), T2 - (commercial soybean inoculant - *Bradyrhizobium japonicum*), T3 (commercial cowpea inoculant - *B. japonicum*), T4 (MT08 - *Rhizobium tropici*), T5 (MT16 - *R. leguminosarum*), T6 (MT15 - *R. tropici*), T7 (*A. brasilense* + inoculant for cowpea), T8 (*A. brasilense* + MT08), T9 (*A. brasilense* + MT16), T10 (*A. brasilense* + MT15), T11 (*A. brasilense* + *B. japonicum*), T12 (nitrogen control) and T13 (absolute control) and three wheat cultivars: BRS 394, BRS 264 and BRS 254. The variables analyzed were: number of leaves, plant height, Falker chlorophyll index, number of tillers and number of spikelets at 30, 40 and 50 days after sowing (DAS). After the cycle were evaluated air dry mass, root, total and grains, root volume, relationship between air dry mass and root, number of spikelet, mass of one hundred grains, one hundred grains, concentration and nitrogen accumulation in grains and gross protein. Data were subjected to analysis of variance and means compared by Scott-Knott test at 5% probability. There was isolated effect and interaction between treatments. The most efficient strains MT 15 (*R. tropici*) and inoculant for cowpea (*B. japonicum*) isolated or co-inoculated with *A. brasilense*. The plant height at 40 and 50 DAS the highest averages were observed in the treatment with commercial inoculant for wheat. The Falker chlorophyll index was higher in treatments with comercial inoculant for wheat (*A. brasilense*) at 40 DAS (37,55) and MT 15 to 50 DAS (40,13). The inoculant for cowpea and MT 15 strain showed better efficiency in the dry mass of the area (80.40 g and 8.90 g) dry mass (4.11 g and 4.47 g) and volume (0.026 dm⁻³ and 0.029 dm⁻³) of roots, number of ears (14.91 the both), number of leaves at 30 DAS (66 and 77.33) and dry mass of the grains (5.8766 g and 5.2383 g). Based on the results, it is concluded that nodular bacteria have the potential for nitrogen supplementation to the tested wheat cultivars.

Keyword: Associative bacteria, Biofertilization, *Triticum aestivum* L, *Rizobium*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. Cultura do trigo.....	16
2.2. Importância do nitrogênio para a cultura do trigo	18
2.3. A relação entre as bactérias rizosféricas, a fixação biológica de nitrogênio e o desenvolvimento vegetal	21
2.4. Os inoculantes agrícolas e a coinoculação em gramíneas	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Localização da área experimental e instalação.....	27
3.2. Caracterização do experimento	30
3.3. Materiais biológicos utilizados	30
3.4. Tratos culturais.....	31
3.5. Análise das variáveis relacionados à cultura.....	32
3.6. Análise estatística	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Altura de plantas	36
4.2. Número de folhas	42
4.3. Índice de clorofila Falker	45
4.4. Massa seca da parte da área	49
4.5. Massa seca e volume das raízes	51
4.6. Número de espigas	57
4.7. Número de perfilhos	60
4.8. Número de espiguetas	63
4.9. Massa seca total e razão entre a massa seca da parte aérea e raiz ..	65
4.10. Concentração, acúmulo de nitrogênio e proteína bruta nos grãos	67
4.11. Peso de 100 grãos e peso total dos grãos	71
4.12. Eficiência Relativas das Estirpes	75
5. CONCLUSÃO	76
6. REFERÊNCIAS	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de trigo plantada por região no Brasil na safra 2019/2020. Fonte: CONAB (2020)	17
Figura 2. Inter relações bióticas e abióticas que ocorrem na região rizosférica da planta para atrair micro-organismos mutualismos de interações positivas. Fonte: Romagnoli e Andreote (2016).	22
Figura 3. Variação de temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar na casa de vegetação entre março a junho de 2019.....	27
Figura 4. Caracterização geral no experimento em casa de vegetação.....	29
Figura 5. Solo saturando em recipiente com água para determinação da capacidade de vaso dos recipientes que comporão as parcelas.	29
Figura 6. Inoculação nas plantas de trigo, dez dias após a semeadura.	31
Figura 7. Panorama geral do experimento aos 25 dias pós semeadura.	32
Figura 8. Avaliação da altura de plantas com régua graduada aos 30 DAS. ..	33
Figura 9. Determinação do volume de raiz com proveta graduada de 100 mL.	34
Figura 10. Altura de plantas de trigo, cultivar BRS 254 aos 50 DAS	38
Figura 11. Altura de plantas de trigo, cultivar BRS 394 aos 50 DAS	38
Figura 12. Altura de plantas de trigo, cultivar BRS 264 aos 50 DAS.....	39
Figura 13. Altura de plantas de trigo cultivar BRS 264 aos 50 DAS.....	41
Figura 14. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 394 coinoculadas com bactérias nodulíferas	52
Figura 15. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 394 coinoculadas com bactérias nodulíferas.	52
Figura 16. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 254 coinoculadas com bactérias nodulíferas.	53
Figura 17. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 264 coinoculadas com bactérias nodulíferas.	54
Figura 18. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 264 coinoculadas com bactérias nodulíferas.	55
Figura 19. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 254 coinoculadas com bactérias nodulíferas	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise das propriedades químicas e granulométricas do Latossolo Vermelho distrófico na camada de 0–20 cm.	28
Tabela 2. Relação de defensivos e a dosagem utilizada para o controle de agentes patógenos.	32
Tabela 3. Altura de plantas (cm) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 30 DAS.	36
Tabela 4. Altura de plantas (cm) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 40 DAS.	37
Tabela 5. Altura de plantas (cm) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 50 DAS.	40
Tabela 6. Número de folhas por vaso em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 30 DAS.	42
Tabela 7. Número de folhas por vaso em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 40 DAS.	43
Tabela 8. Número de folhas por vaso em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 50 DAS.	44
Tabela 9. Índice de clorofila Falker em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 30 DAS.	45
Tabela 10. Índice de clorofila Falker em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 40 DAS.	46
Tabela 11. Índice de clorofila Falker em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 50 DAS.	48
Tabela 12. Massa seca da parte aérea (g vaso ⁻¹) em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.	50
Tabela 13. Massa seca da raiz (g vaso ⁻¹) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.	51
Tabela 14. Volume das raízes (dm ³) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.	55
Tabela 15. Número de espigas por vaso em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 40 DAS.	57

Tabela 16. Número de espigas por vaso em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 50 DAS.	59
Tabela 17. Número médio de perfilhos em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 30 DAS.	61
Tabela 18. Número médio de perfilhos de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 40 DAS.	61
Tabela 19. Número médio de perfilhos de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 50 DAS.	62
Tabela 20. Média do número de espiguetas em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.	64
Tabela 21. Massa de seca total (g vaso^{-1}) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.	66
Tabela 22. Concentração de nitrogênio (g kg^{-1}) nos grãos de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.	68
Tabela 23. Proteína bruta (g kg^{-1}) nos grãos de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.	69
Tabela 24. Acúmulo total de nitrogênio (g kg^{-1}) nos grãos de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.	70
Tabela 25. Peso de 100 grãos (g vaso^{-1}) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.	71
Tabela 26. Peso total dos grãos (g vaso^{-1}) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.	73
Tabela 27. Eficiência relativa (%) de rizóbios coinoculados em cultivares de trigo em Latossolo Vermelho distrófico	75

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma planta do grupo das monocotiledôneas, que pertence à Família das Poaceae, considerado como uma cultura econômica de ciclo anual (SCHEEREN, CASTRO e CAIERÃO, 2015). É um importante cereal na dieta humana, com vários subprodutos, sendo uma das espécies mais cultivadas no mundo (BUDAK, KANTAR e YUCEBILGILI KURTOGLU, 2013). Segundo dados da CONAB (2019) a área de trigo plantada no Brasil é cerca de 2,04 milhões de hectares, com um aumento de 6,5% em relação à safra 2017/2018, e produção nacional de 5.399,7 mil toneladas na safra 2019/2020 (CONAB, 2020).

O Cerrado da região Central do Brasil que abrange os estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, norte da Bahia e Mato Grosso do Sul, vem se destacando como alternativas para o cultivo de trigo de sequeiro ou irrigado (EMBRAPA, 2008), mas a produção é cara pela baixa disponibilidade de nutrientes nos solos dessa região, que torna limitante a produção agrícola, sendo necessário grandes dosagens de adubos, principalmente os nitrogenados (LOPES e GUILHERME, 1994).

Para Bredemier (2010), o nitrogênio é o nutriente que mais limita a produtividade do trigo, podendo proporcionar deficiências na planta, tais como clorose, menor perfilhamento, menor produtividade e baixo teor de proteínas nos grãos. As deficiências relacionadas a falta desse nutriente podem ser revertidas pela ação das bactérias simbióticas presente nas raízes das plantas.

Na região rizosférica da planta existe a interação ou competição de diversos micro-organismos, e a maioria desempenha um papel crucial na nutrição das plantas através da fixação de nitrogênio, a solubilização de minerais do solo e produção de substâncias promotoras de crescimento (TORTORA; FUNKE e CASE, 2017). Esses micro-organismos são capazes de fazer a fixação biológica de nitrogênio (FBN) em plantas de diversificados grupos e seu emprego como biofertilizantes é uma tendência de pesquisa aplicadas aos sistemas de produção agrícolas sustentáveis (KAYMAK, 2011).

As bactérias mais empregadas em pesquisas são as do gênero *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Herbaspirillum*, *Gluconacetobacter* e *Burkholderia*. As três primeiras comercializadas para as principais culturas agrícolas de leguminosas e gramíneas em várias partes do mundo.

Existem poucos trabalhos que mostram a eficiência das bactérias nodulíferas sobre as gramíneas. No Brasil, as bactérias do gênero *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* não são indicadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como inoculante para as plantas dessa família.

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a eficiência da coinoculação de bactérias nodulíferas sobre o desenvolvimento de cultivares de trigo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura do trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma planta monocotiledônea, da classe *Liliopsida*, ordem Poales, família das Poaceae e gênero *Triticum* (SCHEEREN, CASTRO, e CAIERÃO, 2015). No mundo existem mais de trinta espécies de trigo, porém as espécies mais cultivadas são a *Triticum aestivum*, *Triticum compactum* e *Triticum durum*, que juntas somam quase 90% da produção mundial (QUEIROZ, 2001).

O cultivo do trigo começou no Crescente Fértil da Mesopotâmia (ABITRIGO, 2019), sendo uma das plantas com os mais antigos registros de cultivo na história da humanidade, datando até trinta mil anos atrás. Por isso é uma das principais fontes de alimento humano (BUDAK, KANTAR e YUCEBILGILI KURTOGLU, 2013) e importante fonte de proteínas, vitaminas e minerais (SCHEUER et al., 2011). O volume do seu cultivo mundial está relacionado a grande capacidade que o cereal tem em produzir glúten, uma característica exclusiva da espécie, que possibilita seu uso na fabricação de massas em gerais (ABITRIGO, 2011).

O ciclo vegetativo do trigo é dividido em emergência, perfilhamento, alongação, emborrachamento, espigamento, floração e amadurecimento. A duração desses ciclos varia conforme o tipo do cultivar (de inverno ou primavera), fotoperíodo, as condições climáticas e disponibilidade de água (SILVA, BASSOI e FALONI, 2010).

O trigo é consumido em forma de farinha ou ração animal (COSTA et al., 2008). A produtividade média brasileira na safra de 2019 foi estimada em 2.639 kg ha⁻¹ e a produção de 5.399,7 milhões de toneladas, com uma variação de 0,5% inferior a safra de 2018 (CONAB, 2019).

O zoneamento no Brasil para o trigo compreende desde a região Sul até o Cerrado. Essa última engloba o Brasil Central, que se encontra em acelerada expansão produtiva, composto pelos estados de Mato Grosso do Sul, Bahia, Minas Gerais, Goiás, e Distrito Federal (CONAB, 2019).

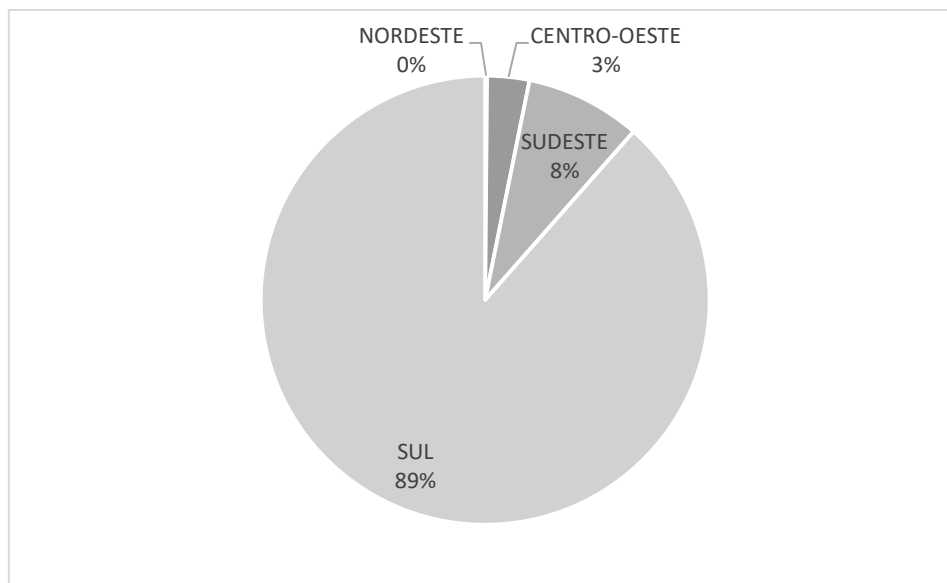


Figura 1. Área de trigo plantada por região no Brasil na safra 2019/2020. Fonte: CONAB (2020)

De acordo com a ABITRIGO (2018), *T. aestivum* é o mais cultivado no planeta e é usado para produzir pão, *T. compactum* é utilizado na produção de biscoitos e *T. durum* é utilizado para fazer farinha para produção de massas, mas não existem registros de cultivo no Brasil.

Graças ao melhoramento genético e o aprimoramento das técnicas de cultivo baseados em diversos estudos, a cultura do trigo vem apresentando no Brasil aceitável desempenho de produção e qualidade (FREITAS et al., 1995; RODRIGUES et al., 2014; BONFIM-SILVA et al., 2018;). O melhoramento genético de cultivares de trigo influenciam no potencial produtivo, melhora a resistência das plantas a insetos e doenças, que impacta diretamente na redução dos custos de produção (MATTE et al., 2013).

A ampliação do cultivo do trigo para áreas do cerrado tem como objetivo aumentar sua produção em busca de alternativas para o abastecimento do mercado interno, como também evitar problemas fitossanitários, edafoclimáticos, melhorar a logística de distribuição, armazenamento, beneficiamento e distribuição do cereal e seus derivados (EMBRAPA, 2016).

O Bioma Cerrado tem apresentado nos últimos anos grandes vantagens na produção de trigo, com melhor estabilidade na qualidade e quantidade de grãos (SANTOS, 2008), em condições irrigadas, permitindo que seja colhido no período seco e na entressafra, com preços mais interessantes para o produtor,

assim, a região pode – se tornar reguladora de estoque do cereal no país (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2007).

A Embrapa Trigo periodicamente vem lançando novas cultivares para os tricultores, com aumento na capacidade produtiva e boa qualidade industrial, afim de atender às exigências das indústrias de moagem de trigo, por meio do melhoramento genético e de acordo com os zoneamentos ambientais de cada região do Brasil (PIRES, VARGAS e CUNHA, 2011).

A cultivar BRS 264, segundo seu boletim técnico, tem incremento de 791 kg ha⁻¹ na produção em relação ao rendimento médio de outras cultivares irrigadas, que garante ao produtor agregação de 6% acima do preço pago, um reflexo da qualidade dos grãos. Essa cultivar é considerada como precoce, pois em teste de campo, da emergência a maturação, foram atingidos no período de 110 dias (EMBRAPA, 2005).

Já a cultivar BRS 254 apresenta boas propriedades para aplicação industrial, sendo apresentada como trigo melhorador, com rendimento em campo de até 6,8 t ha⁻¹ em sistema irrigados e resistente a ferrugem do colmo (EMBAPA, 2008)

Outra cultivar que foi desenvolvida para a região do Cerrado pela Embrapa em 2014 é a BRS 394. Em experimentos conduzidos nos estados de Goiás, Minas Gerais e no Distrito Federal, entre 2010 a 2014, a cultivar apresentou rendimento médio de grãos superior a 8 t ha⁻¹, que é um excepcional número de produção para a cultura (EMBRAPA, 2015).

2.2. Importância do nitrogênio para a cultura do trigo

O nitrogênio tem um comportamento muito complexo no solo e a eficiência dos fertilizantes nitrogenados são de 50%, devido aos fatores bióticos e abióticos relacionados ao ciclo biogeoquímico, como lixiviação nos perfis do solo, volatilização, desnitrificação e imobilização por micro-organismos, ou perdas provocadas pela erosão do solo (MOTA et al., 2013). Esses comportamentos de perda de fertilizantes nitrogenados são os principais

responsáveis pela elevação dos custos de produção, além de gerar danos ambientais, como a nitrificação do lençol freático (REIS JUNIOR et al., 2011).

Este nutriente é responsável pela melhora de produtividade da maioria das culturas e sua deficiência reduz o desempenho com gramíneas forrageiras, podendo degradar os solos destas áreas (VASCONCELOS, 2006). O nitrogênio compõe os nucleotídeos dos fosfatos e aminoácidos presentes nas estruturas dos ácidos nucleicos e proteínas, sendo classificado como um dos elementos essenciais mais importantes para o funcionamento fisiológico das plantas (DOBBELAERE e OKON, 2007; EPSTEIN e BLOOM, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2009).

O elemento compõe a molécula de clorofila com quatro átomos, constitui os ácidos nucleicos que são requeridos na formação dos tecidos das plantas e no DNA (TAIZ e ZEIGER, 2009; MENGEL e KIRKBY, 2001).

A deficiência de nitrogênio pode prejudicar severamente o desenvolvimento das plantas, diminuindo a clorofila e causando clorose nas folhas e caule, estiolamento ou retardação do crescimento. Por ter alta mobilidade no tecido vegetal, as partes mais maduras manifestam os sinais da falta do nutriente primeiro, pois a planta realoca o nitrogênio das folhas velhas para as folhas mais novas (MATSUNAKA et. al., 1997; EPSTEIN e BLOOM, 2006).

A quantidade do nitrogênio assimilável no solo está relacionada à dinâmica da matéria orgânica. Ao mesmo tempo que ela atua como reserva do elemento, também fornece carbono ao sistema, que favorece a sua imobilização microbiana e compromete a disponibilidade para a planta em momentos cruciais (CERETTA, 2000; JENKINSON e LADD, 1981).

Segundo Malavolta (2006), o nitrogênio no solo está em sua maior parte na forma orgânica, indisponível para as plantas. A descarga de energia atmosférica e a precipitação de água são os principais fenômenos responsáveis para incorporar o nutriente no solo. Ele também pode ser retirado do ar e fixado ao solo pelos processos bioquímicos ou industriais, antes de adquirir a forma que pode ser absorvido pelas raízes dos vegetais (SOUSA, 1998).

Durante o ciclo do trigo é indispensável a suplementação correta de nitrogênio para prevenir perdas e garantir o bom desempenho da adubação (TEIXEIRA FILHO et al., 2010; CARVALHO et al., 2016).

O glúten que compõe o grão de trigo é formado por glutenina e a gliadina, que confere a ele propriedades elásticas responsáveis pela expansão das suas malhas dez vezes maior que o tamanho original (ZHANG et al., 2004). O nitrogênio é responsável pela composição das proteínas dos grãos, sendo importante para determinar a qualidade dos mesmo pelo índice do teor proteico, fundamental para avaliar a qualidade do produto em circunstâncias das propriedades únicas das redes viscoelásticas que atuam na expansão da massa pelo processo de fermentação (ZHANG et al., 2004; CRUZ e KOBLIZ, 2011).

Doses limitadas de nitrogênio para a cultura do trigo limitam sua produtividade assim como altas doses, que levam as plantas ao acamamento prejudicando a colheita e a queda de produção, sendo necessário a adubação parcelada, uma pequena parte na semeadura e o restante em cobertura, no início do perfilhamento e emborrachamento (TEIXEIRA FILHO, et al., 2010).

Ressalta-se que, para alcançar produtividade satisfatória no cultivo do trigo, são aplicadas elevadas dosagens de nitrogênio industrializado (BONFIM-SILVA et al., 2018), podendo ocasionar danos ambientais e inviabilização das áreas de cultivo pela acidificação do solo e nitrificação do lençol freático (KAISER, 2006; CARVALHO e ZABOT, 2012).

Na região sul do estado do Mato Grosso, onde há predominância do Cerrado, trabalhos desenvolvidos em campo apresentaram boa resposta de produtividade e qualidade nos grãos de trigo com a dosagem de 280 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (BONFIM-SILVA et al., 2018). A dose requerida supera a média de consumo nacional dos fertilizantes nitrogenados, que dependendo da cultura, gira em torno de 30 Kg ha⁻¹ (CARVALHO e ZABOT, 2012).

2.3. A relação entre as bactérias rizosféricas, a fixação biológica de nitrogênio e o desenvolvimento vegetal

O elevado custo ambiental e econômico para o emprego da fertilização nitrogenada na agricultura tem estimulado a busca de alternativas para diminuir seu uso de modo que não comprometa o desempenho na produção agrícola (HUNGRIA, VARGAS e CAMPO, 1997). Uma das alternativas são as plantas geneticamente desenvolvidas para ter alta eficiência na utilização do nitrogênio do solo proveniente dos processos biológicos das bactérias diazotróficas.

Esses micro-organismos, do grupo dos procariotos, tem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e disponibiliza-lo para a planta (DÖBEREINER et al., 1976; ALEN'KINA et al., 2014), e ainda estimular o crescimento vegetal, induzidos por hormônios de origem microbiana, que desenvolvem as raízes, aumentando a área de interceptação do órgão com nutrientes e água do solo (DOBBELAERE et al., 2002).

Tais organismos compõe a comunidade microbiana da área rizosférica, sendo de vida livre ou associados a outros organismos através de simbiose, como ocorre em espécies leguminosas, podendo ser bactérias do grupo das Gram positivas ou Gram negativas, com ampla diversidade genética (REIS e TEIXEIRA, 2005; MOREIRA et al., 2010; TORTORA, FUNKE e CASE, 2017). Para Zak et al. (2003), essa relação pode ser entendida como uma retroalimentação que influencia positivamente o desenvolvimento da planta e enriquece a biomassa microbiana do solo, conforme ilustrado na figura 2.

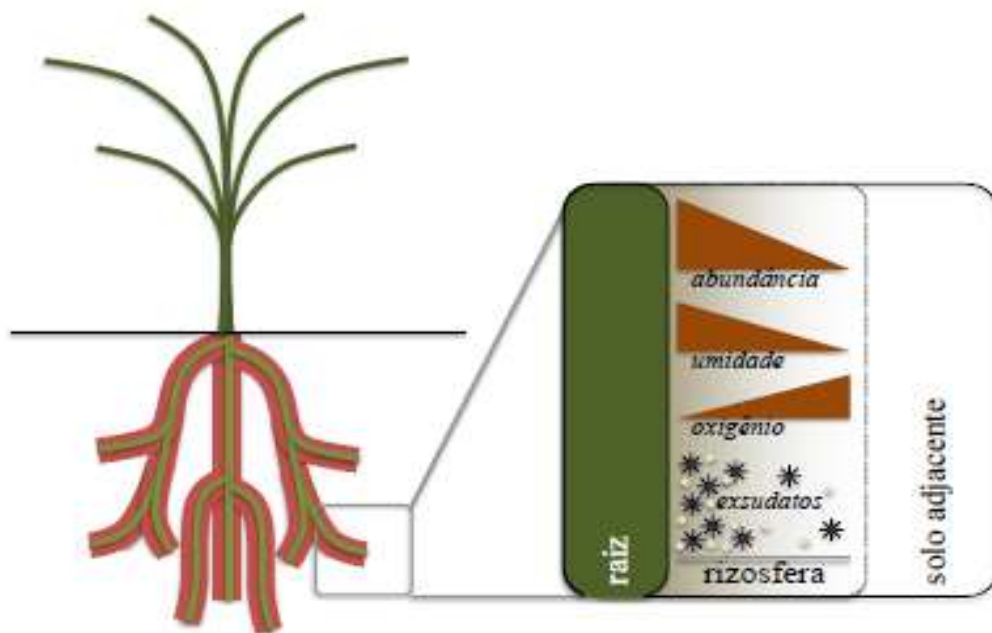


Figura 2. Inter relações bióticas e abióticas que ocorrem na região rizosférica da planta para atrair micro-organismos mutualismos de interações positivas. Fonte: Romagnoli e Andreote (2016).

A FBN em gramíneas é devida a associações de alguns gêneros de micro-organismos com essas plantas, destacando-se os gêneros *Azospirillum*, *Herbaspirillum*, *Gluconacetobacter*, *Burkholderia* (BALDANI et al., 1997). Silva e Reis (2009), tem mostrado em suas pesquisas que essas bactérias produzem e exsudam hormônios que promovem o crescimento de plantas perenes e gramíneas forrageiras.

O nitrogênio fornecido via FBN é menos propenso a lixiviação e volatilização porque é utilizado *in situ*, sendo uma alternativa de baixo custo, econômica, limpa e sustentável para agricultura comercial (HUERGO, 2006; XU et al., 2013). Isso tem possibilitado a economia em milhões de dólares de petróleo e gás, que são fontes de energia não renováveis (VARGAS e HUNGRIA, 1997).

As bactérias diazotróficas são divididas em dois grupos: endofíticos facultativos (colonizam a região da rizosfera e/ou interior das raízes), e os endofíticos obrigatórios, que colonizam só o interior das raízes (BALDANI et al., 1997). Elas são facilmente encontradas no mucigel da região rizosférica das plantas ou penetradas no apoplasto celular das raízes para estabelecer simbiose

(BALDANI et al., 1996). O mucigel tem importante papel na nutrição vegetal, pois é composta de grupos carboxílicos (COO^-) que possibilitam as trocas iônicas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

A transformação do nitrogênio orgânico e N_2 atmosférico em compostos amoniacais e nítricos, biologicamente solúveis, é possível porque as bactérias possuem o complexo nitrogenase, uma maquinaria enzimática sensível ao oxigênio que faz a catalise do elemento. Essa enzima é composta por duas proteínas, a *Fe-proteína*, que desempenha o papel da redução de ATP, e a *MoFe-proteína*, que faz a conversão do N_2 a NH_3 .

As primeiras espécies de bactérias associativas foram descobertas em raízes e em partes aéreas de gramíneas e palmeiras, em trabalhos cuidadosamente desenvolvidos por Magalhães e Döbereiner em 1984 no Brasil. Mais tarde foram isoladas bactérias associativas na cana-de-açúcar e no milho (DOBEREINER et al., 1976; REIS JUNIOR et al., 2004; PERIN et al., 2006).

A. brasilense é a bactéria mais estudada por ser facilmente encontrada em plantas forrageiras de regiões tropicais, associadas ao trigo, milho, sorgo, arroz, cana-de-açúcar e plantas de diversos gêneros (HARTMAN e BALDANI, 2005).

As bactérias associativas também auxiliam no desenvolvimento das plantas, sendo classificadas como bactérias promotoras de crescimento (BPC), atuando com diferentes mecanismos que promovem o crescimento de forma direta ou indireta das plantas (BASHAN et al., 2014; BEHERA et al., 2014). Isso ocorre pelo fato da intensa atividade metabólica na região rizosférica, ocasionado pelo fornecimento de substratos orgânicos e fatores de crescimento com atributos físico-químicos estáveis (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

As BPC auxiliam a planta no melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis no solo, como fósforo, potássio, ferro e água (SPOLAOR et al., 2016). Elas estão relacionadas ao um incremento energético para aumentar a atividade da redutase do nitrato, formar fitohormônios (auxina, giberelina, citocinina) (BALDANI e BALDANI, 2005) e pela síntese do ACC (ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico), enzima que degrada o etileno e ajuda a planta a

aumentar a resistência aos estresses bióticos e abióticos (SPOLAOR, et al., 2016).

Para Riggs et al. (2001), o aumento da área de absorção radicular e rápida divisão celular nos meristemas axiais é um dos efeitos positivos do *Azospirillum* nas plantas. Em seus trabalhos ele também verificou alteração na respiração das raízes, nas vias glicolíticas e no ciclo dos ácidos tricarboxílicos. Essas enzimas induzem a produção de nitritos para disponibilizar nutrientes do solo e compõem os hormônios que atuam como sinalizadores moleculares para alertar o metabolismo das plantas quando ficam expostas a situações de estresse.

Szilagyi-Zecchin (2014), verificou que bactérias promotoras de crescimento incrementaram os teores de clorofila tipo “a” e “b” em mudas de tomateiro, obtendo bons resultados em relação a concentração de UFC mL⁻¹ (unidade formadora de colônias por mililitro) e o incremento das clorofilas.

Graças aos avanços da genética microbiana e da biologia celular, existe um grande otimismo sobre o rendimento das bactérias associativas para suprir o nitrogênio nas gramíneas, podendo se equiparar com a aptidão dos rizóbios nas leguminosas (FIGUEIREDO et al., 2008). A produção de fito hormônios junto a FBN são os mecanismos de ação mais importantes para o desenvolvimento das plantas promovidos pelas bactérias (FILHO et al., 2014).

Os rizóbios são capazes de interagir também com as gramíneas, trazendo efeitos positivos para o desenvolvimento da planta. Alguns estudos vêm abordando a capacidade de suplementação de nutrientes e a promoção de crescimento das cepas de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* em plantas não leguminosas (SANTILLANA, ZÚÑIGA e ARELLANO, 2012).

Segundo Sharma et. al. (2008) e Hahn (2013), a infecção dos rizóbios em gramíneas se inicia nas regiões meristemáticas das raízes laterais no início da sua emergência.

Resultado de pesquisas com coinoculação de *Azospirillum* e *Rhizobium* tem apontado bom desenvolvimento dessas plantas quando comparadas à inoculação das estirpes de modo isolado (SOTELO, IGLESIAS e MORZANT,

2006), promovendo crescimento e suplementação de nitrogênio (MHADHBI et al., 2004; FUGITA, OFUSU-BUDU e OGATA, 1992).

A combinação desses conjuntos de mecanismos biológicos beneficia os vegetais no seu crescimento e desenvolvimento, permitindo que eles possam suprir de modo mais eficaz as suas necessidades fisiológicas relacionadas a nutrição, que podem contribuir para melhorar a produtividade das culturas agrícolas (DÍAZ-ZORITA et al., 2007).

Por fim, Hungria et al. (2005), reforça que os constantes estudos em busca de novas cultivares, tecnologias de cultivos mais dinâmicas e eficientes, atreladas aos trabalhos de pesquisas que vem sendo desenvolvidas por diversas áreas tecnológicas, são indispensáveis para reduzir os custos de produção e melhorar a relação da agricultura com o meio ambiente.

2.4. Os inoculantes agrícolas e a coinoculação em gramíneas

O termo “inoculante”, é definido como micro-organismos vivos que são capazes de promover o crescimento vegetal de forma direta ou indireta, por diferentes mecanismos biológicos, denominado mundialmente como biofertilizantes (VESSEY, 2003). A técnica biotecnológica de utilização de estirpes bacterianas em planta é denominada de inoculação.

Atualmente os inoculantes utilizados para cultura do trigo e do milho são compostos por estirpes de *Azospirillum* spp. Eles podem promover um ganho de produtividade de grãos de 31% para o trigo e 26% para o milho (HUNGRIA, 2011), podendo variar as estirpes de cada fabricante.

A instrução normativa número 13, de 24 de março de 2011, do Ministério da agricultura pecuária e abastecimento, para os inoculantes comerciais formulados com bactérias associativas e micro-organismos promotores de crescimento de plantas, estabelece que a concentração de micro-organismos do inoculante deverá ser informado no processo de registro do produto, conforme recomendação específica emitida pelo MAPA.

O produto precisa estar livre de micro-organismos sem interesses econômicos para a cultura recomendada em fator de diluição 1×10^{-5} (BRASIL,

2011). Para os testes de eficiências das cepas deverão ser utilizados no máximo 300 ml de solução do biofertilizantes por 50 kg de sementes, recomendada a aplicação de aproximadamente $1,0 \times 10^{-5}$ células por semente (BRASIL, 2010).

Para a cultura do trigo, as cepas de *A. brasilense* (Ab-V1; Ab-V5; Ab-V6; Ab-V8), são as únicas autorizadas para comercialização como inoculantes (BRASIL, 2011). Para tornar-se viável e facilitar o uso dos micro-organismos para a inoculação, é preciso utilizar um material veiculante (BRASIL, 2011), podendo ser a turfa, que é um substrato sólido, micronizada ou granulada, misturada com argilas ou carvão (REIS, 2004), ou líquidos que tenham afinidade com o micro-organismos a serem propagados (ARAUJO, 1994). Porém as bactérias em sementes inoculadas com veículos líquidos diminuem sua eficiência, porque ficam sensíveis ao estresse ambiental e ao ataque dos micro-organismos do solo (TITTABUTR et al., 2007).

Uma nova metodologia utilizada no Brasil é a associação de inoculantes com diferentes estirpes bacterianas, que produzem efeitos sinérgicos nas plantas, definida como coinoculação (HUNGRIA, MENDES e MERCANTE, 2013). Hungria, Nogueira e Araujo (2013), reforçam que as pesquisas utilizando técnicas de inoculação e coinoculação devam ser mais abordadas para trazer segurança aos produtores rurais, com relação ao manejo das culturas, condições de solo e clima, para que possam garantir bons desempenhos agrônômicos e econômicos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental e instalação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis, com as coordenadas geográficas 16° 28' Latitude Sul, 50° 34' Longitude Oeste e altitude de 284m. O clima da região segundo a classificação de Koppen é Aw, com climas megatérmicos, estação invernal ausente, com forte precipitação no verão.

O período de condução foi entre março a junho de 2019. O monitoramento de temperatura e umidade relativa na casa de vegetação estão ilustradas na figura 02.

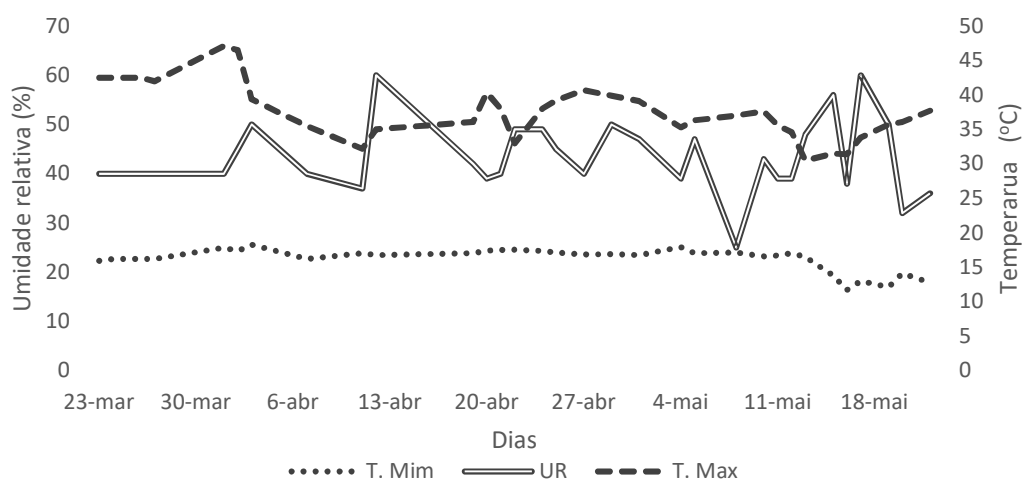


Figura 3. Variação de temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar na casa de vegetação entre março a junho de 2019.

Utilizou-se o Latossolo Vermelho distrófico, segundo a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2007), coletado em área sob vegetação de Cerrado, no Câmpus Universitário de Rondonópolis, na profundidade de 0-20 cm, peneirado em malha de 4 mm para composição das parcelas (Figura 3B), do qual foi retirado quatro sub amostras (Figura 3A), peneiradas em malha de 2mm para a caracterização química e granulométrica (Tabela 01), de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (2017).

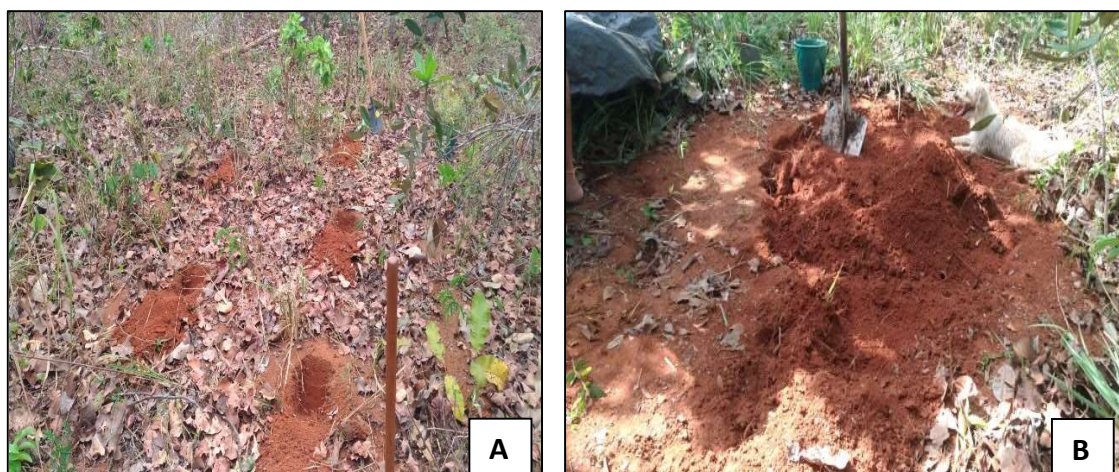


Figura 4. Coleta de solo para amostra composta (A); coleta e triagem de solo para os vasos (B).

Tabela 1. Análise das propriedades químicas e granulométricas do Latossolo Vermelho distrófico na camada de 0–20 cm.

P = fósforo disponível; K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis; H e Al = acidez potencial; CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V = saturação por bases; MO = matéria orgânica

Realizou-se a calagem com calcário dolomítico (PRNT = 80%) incorporado ao solo por 30 dias, para elevar a saturação por bases a 50%. Depois da correção de acidez, foi feita a adubação fosfatada (P₂O₅), na dose de 300 mg dm⁻³, utilizando como fonte o superfosfato simples. A adubação potássica (K₂O), na dose de 100 mg dm⁻³, tendo como fonte o cloreto de potássio

Análise Química									Granulometria			
pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³							%			
4,10	17,70	0,40	34,00	0,40	0,30	1,0	4,90	5,69	13,90	545,0	100,0	355,0

e micronutrientes na dose de 50 mg dm⁻³, usando como fonte o FTE BR12 (9% Zn – 1,8% B – 0,8% Cu – 2% Mn – 3,5% Fe – 0,1% Mo).

Para a adubação nitrogenada, utilizou-se como fonte a ureia, na dose de 100 mg dm⁻³, parcelado em duas aplicações. A primeira ocorreu aos 10 dias após germinação, quando as plantas atingiram aproximadamente 15 cm de altura, e a segunda no início do perfilhamento.

As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos com capacidade para 4 dm³ de solo (Figura 4).



Figura 4. Caracterização geral no experimento em casa de vegetação.

Semeou-se dez sementes por vaso, segundo metodologia empregada por Carvalho (2014), entre 2 e 5 cm de profundidade (EMBRAPA, 2017b), e aproximadamente dez dias após a germinação realizou-se o desbaste deixando cinco plântulas com melhor vigor.

A umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico descrito por Bonfim-Silva et al. (2011), o qual consistiu na obtenção do volume de água que o solo retém na capacidade de vaso (Figura 05). A reposição de água foi realizada conforme a perda da evapotranspiração, conferida através da pesagem diária dos vasos com o auxílio de uma balança digital, mantendo-se 60% da capacidade de retenção de umidade no vaso.



Figura 5. Solo saturando em recipiente com água para determinação da capacidade de vaso dos recipientes que compõem as parcelas.

3.2. Caracterização do experimento

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 13x3, com quatro repetições, totalizando 156 unidades experimentais.

Os tratamentos foram: T1 (Inoculante comercial para trigo – composto pelas estirpes AbV5 e AbV6 de *Azospirillum brasilense*); T2 (Inoculante comercial para soja – estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 de *Bradyrhizobium japonicum*); T3 (inoculante comercial para feijão caupi – estirpes BR 3267 de *B. japonicum*); T4 (estirpe MT 08 de *Rhizobium tropici*); T5 (estirpe MT16 de *R. leguminosarum*); T6 (estirpe MT 15 de *R. tropici*); T7 (Inoculante trigo + Inoculante para feijão caupi); T8 (Inoculante trigo + MT 08); T9 (Inoculante trigo + MT 16); T10 (Inoculante trigo + MT 15); T11 (Inoculante trigo + inoculante comercial para soja); T12 (testemunha nitrogenada); T13 (testemunha absoluta) e três cultivares de trigo: BRS 394, BRS 264 e BRS 254.

3.3. Materiais biológicos utilizados

As estirpes AbV5 e AbV6 (*A. brasilense*), são bactérias de uso comercial para gramíneas diversas (VOGEL et al., 2013; HUNGRIA, 2011; GUIMARÃES et al., 2011). As estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 de *B. japonicum* são comercializadas para soja (*Glycine max*), e a BR 3267 (*B. Japonicum*), foi isolada em parceria com a Embrapa, sendo recomendada para inoculação em feijão caupi (ZILLI, et al., 2009).

As bactérias diazotróficas MT 08 (*R. tropici*), MT 16 (*R. leguminosarum*) e MT 15 (*R. tropici*), isoladas de feijão caupi, fazem parte da coleção do Laboratório de Meio Ambiente da UFMT Câmpus Rondonópolis.

Realizou-se o teste de pureza nas colônias de bactérias em laboratório e a verificação da viabilidade dos inoculantes atenderam os padrões exigidas de 1×10^{-9} UFC mL⁻¹ (BRASIL, 2010).

Para o preparo dos inoculantes, as bactérias (MT08, MT15, MT16 e BR3276) foram cultivadas em Erlenmeyer com meio de cultura YMA (FRED e

WAKSMAN, 1928) em mesa agitadora orbital durante 24 horas, a 30°C (DÖBEREINER et al., 1995).

Aplicaram-se 5 mL do caldo bacteriano (10^{-9} UFC mL⁻¹), por vaso (Figura 7), próximo ao sistema radicular (GUIMARÃES et al., 2015) dez dias após a semeadura (DAS). Os tratamentos coinoculados receberam o total de 10 mL por vaso (5 mL cada estirpe).



Figura 6. Inoculação nas plantas de trigo, dez dias após a semeadura.

3.4. Tratos culturais

Durante a condução do experimento foi realizada a retirada de plantas invasoras, conforme a necessidade.

Identificaram-se doenças como Oídio (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*) Queima da folha (*Pseudomonas syringae* pv. *Syringae*), Bruzone (*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc), Giberela (*Gibberella zeae*), bem como ataques de insetos como Pulgão das folhas (*Metopolophium dirhodum*) e lagartas (*Pseudaletia sequax*). No controle de insetos e outros patógenos foram utilizados os produtos especificados na tabela 2 de acordo com a recomendação dos fabricantes, com a dosagem calculada para a área total do experimento (14 m²).

Tabela 2.Relação de defensivos e a dosagem utilizada para o controle de agentes patógenos.

Defensivo	Tipo de controle	Dosagem
Wel fix	Fixante	0,1 mL
Connect	Percevejo e Pulgão	7 mL
Azaradctina (0,5%)	Lagarta e Pulgão	200 mL
Priorixtra	Ferrugem e Mancha Amarela	0,42 mL
Fox	Fungicida (Brusone)	0,7 mL
Manzate	Fungicida (Mofo Branco)	4,2 g



Figura 7. Panorama geral do experimento aos 25 dias pós semeadura.

3.5. Análise das variáveis relacionados à cultura

As variáveis estudadas durante a condução do experimento foram:

Altura de plantas: Determinou-se com o auxílio de uma régua graduada de 100 cm a partir da superfície do solo até a extremidade superior mais alta, em todas as plantas de cada unidade experimental aos 30, 40 e 50 DAS.



Figura 8. Avaliação da altura de plantas com régua graduada aos 30 DAS.

Número de folhas, perfilhos, espigas e espiguetas: A contagem dos números de folhas produzidas pelas plantas foi realizada manualmente por unidade experimental, não levando em consideração as folhas senescentes. Assim, procedeu-se para o número de perfilhos e de espigas. Para a determinação do número de espiguetas, realizou-se contagem total das mesmas por parcela, dividindo este quantitativo pelo número de espigas.

Índice de clorofila Falker: A determinação indireta de clorofila foi realizada com aparelho clorofilômetro ClorofiLOG® Falker, através da média aritmética das leituras feitas em folhas recém expandidas, +1 e +2 de 3 plantas, evitando-se as nervuras e priorizando as condições adequadas de luz (PRANDO et al., 2019) aos 30, 40 e 50 DAS.

Aos 68 dias de cultivo, as plantas atingiram a maturidade fisiológica, dessa forma efetivou-se o corte da parte aérea para analisar as seguintes variáveis:

Massa seca da aérea: Realizou-se o corte das espigas para processamento dos grãos e depois das folhas, onde foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada a 65°C, até atingir massa não variável e pesadas em balança semianalítica.

Volume de raízes: As raízes foram lavadas em água corrente com auxílio de peneira de 5 mm e seu volume foi determinado com auxílio de uma proveta graduada de 100 mL, adicionando 50 mL de água. A diferença

volumétrica observada na proveta indicou o volume das raízes em mL, convertido para dm³. Depois foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados para secagem.



Figura 9. Determinação do volume de raiz com proveta graduada de 100 mL.

Massa seca de raízes: As raízes foram secas em estufa de circulação forçada a 65°C, até atingir massa não variável e pesadas em uma balança semianalítica.

Massa seca total: Obteve-se com a soma da massa seca da raiz e da parte aérea.

Razão entre a parte aérea e raiz: Para esta variável dividiu-se a massa seca aérea pela massa seca da raiz.

Peso de 100 grãos e peso dos grãos: A massa seca de 100 grãos foi realizada de acordo com a regra de análise de sementes (BRASIL, 2009).

O peso total foi determinado pela pesagem dos grãos totais produzidos na unidade experimental.

Concentração, acúmulo de nitrogênio e proteína bruta nos grãos: Para determinação da concentração de nitrogênio, os grãos foram processados em moinho tipo Willey e realizada a digestão sulfúrica, seguida de destilação pelo método volumétrico (MALAVOLTA; VITTI e OLIVEIRA, 1997), no qual a quantidade de H₂SO₄ usado para a titulação determinaram a porcentagem de N, calculadas a partir da seguinte equação:

$$N(\%) = \frac{(mL\ H_2SO_4) * 1,4 * (normalidade\ do\ ácido)}{(Peso\ da\ amostra)}$$

Para calcular o acúmulo de nitrogênio nos grãos, multiplicou – se a concentração de nitrogênio pelo peso total dos grãos (VIANA e KIEHL, 2010)

Para quantificar o teor de proteína, multiplicou-se o valor de nitrogênio por 5,7 (FENNEMA, 2010). Esse índice corresponde ao acúmulo de 17,5% de nitrogênio em 100 gramas de grão do cereal. Os valores foram convertidos em g kg⁻¹.

Eficiência relativa das estirpes: Para obtenção da eficiência relativa das estirpes, empregou-se cálculo por meio da expressão proposta por Bergersen et al. (1971), a qual leva em consideração a massa seca da parte aérea que recebeu a inoculação com rizóbios em relação ao tratamento com adubação nitrogenada, dada pela equação:

$$Efr = \frac{MSPA\ inoculada}{MSPA\ nitrogenada} * 100$$

Onde:

Efr = eficiência relativa;

MSPA inoculada = matéria seca da parte aérea de plantas inoculadas;

MSPA nitrogenada = matéria seca da parte aérea de plantas com adubação nitrogenada.

3.6. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância com o teste F e, quando significativos, comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar versão 5.7 (FERREIRA, 2019). Quando necessário, as variáveis foram transformadas por (X+1)^{0,5}.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Altura de plantas

Para a variável altura de plantas aos 30 DAS, houve diferença significativa entre tratamentos. Os tratamentos que apresentaram melhores respostas foram da inoculante para feijão caupi e MT15 com respectivas alturas de 52,10 e 52,01 cm, sendo 3% superior à testemunha nitrogenada. Dentre as cultivares, a BRS 254 e BRS 394 não apresentaram diferença significativa entre si, sendo ambas superiores a BRS 264 (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de plantas (cm) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 30 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	52,20 Aa	46,54 Aa	50,11 Aa	49,61 a
Inoculante comercial para soja	51,89 Aa	46,14 Aa	50,85 Aa	49,63 a
Inoculante para feijão caupi	59,91 Aa	51,10 Aa	52,46 Aa	52,15 a
MT 08	50,52 Aa	44,78 Aa	49,53 Aa	48,31 a
MT 16	50,14 Aa	43,65 Aa	50,06 Aa	47,95 a
MT 15	53,26 Aa	52,01 Aa	50,85 Aa	52,04 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	51,98 Aa	50,16 Aa	44,14 Aa	48,76 a
Inoculante trigo + MT 08	50,80 Aa	49,36 Aa	50,38 Aa	50,15 a
Inoculante trigo + MT 16	52,61 Aa	46,64 Aa	49,01 Aa	49,42 a
Inoculante trigo + MT 15	50,46 Aa	49,82 Aa	49,57 Aa	49,95 a
Inoculante trigo + inoculante soja	49,60 Aa	53,10 Aa	48,71 Aa	50,47 a
Testemunha nitrogenada	51,74 Aa	51,41 Aa	48,74 Aa	50,63 a
Testemunha absoluta	25,35 Ab	23,90 Ab	24,72 Ab	24,66 b
$\bar{X}$	49,50 A	46,81 B	47,62 B	47,98
CV (%)	10,64			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Na interação entre as cultivares e fonte de nitrogênio, a estirpe MT15 com a cultivar BRS254 apresentou maior altura (53,26 cm), seguidas pelas coinoculação de Inoculante trigo + inoculante para soja (*A. brasilense* + *B. japonicum*), com a cultivar BRS 264 com 53,10 cm e o inoculante para trigo (*A. brasilense*), com a cultivar BRS 254 com de 52,20 cm.

Na altura de plantas aos 40 DAS, também não houve diferença significativa entre os tratamentos analisados. Dentre as fontes de N, todos os tratamentos com bactéria apresentaram altura superior a testemunha nitrogenada, exceto as estirpes com inoculante comercial para trigo + MT16 e a MT 16 isolada (Tabela 04).

Dentre as cultivares, a BRS 394 apresentou melhor desempenho, com altura média de 52,52 cm.

Entre os tratamentos, destacaram-se os coinoculados com inoculante para trigo + Inoculante para soja dentro da cultivar BRS 254 (58,19 cm) e BRS 264 (57,64 cm).

Tabela 4. Altura de plantas (cm) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 40 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	58,24 Aa	52,57 Aa	57,49 Aa	56,10 a
Inoculante comercial para soja	57,33 Aa	49,03 Aa	57,01 Aa	54,46 a
Inoculante para feijão caupi	55,10 Aa	53,99 Aa	58,88 Aa	55,99 a
MT 08	52,08 Aa	47,67 Aa	56,74 Aa	52,16 a
MT 16	51,03 Aa	44,97 Aa	54,53 Aa	50,17 a
MT 15	54,82 Aa	54,61 Aa	54,73 Aa	54,72 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	54,52 Aa	53,79 Aa	51,18 Aa	53,16 a
Inoculante trigo + MT 08	51,50 Aa	52,36 Aa	56,70 Aa	53,52 a
Inoculante trigo + MT 16	53,65 Aa	47,25 Aa	53,19 Aa	51,36 a
Inoculante trigo + MT 15	54,82 Aa	54,60 Aa	54,68 Aa	54,70 a
Inoculante trigo + inoculante soja	58,19 Aa	57,64 Aa	52,80 Aa	56,21 a
Testemunha nitrogenada	50,47 Aa	53,83 Aa	51,71 Aa	52,00 a
Testemunha absoluta	23,51 Ab	23,56 Ab	23,14 Ab	23,40 b
$\bar{X}$	51,94 A	49,68 A	52,52 A	51,38
CV (%)	13,19			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Para altura de plantas aos 50 DAS, dentre as fonte de nitrogênio, as que obtiveram altura superior a testemunha nitrogenada foram as estirpes inoculante para feijão caupi, inoculante para trigo em efeito isolado e coinoculação de inoculante para trigo + inoculante para soja, que apresentaram um adicional de

5,6%, 5,4% e 5,1% sobre a testemunha nitrogenada, que foi 231% superior a testemunha absoluta, conforme ilustrado nas figuras 10 e 12.

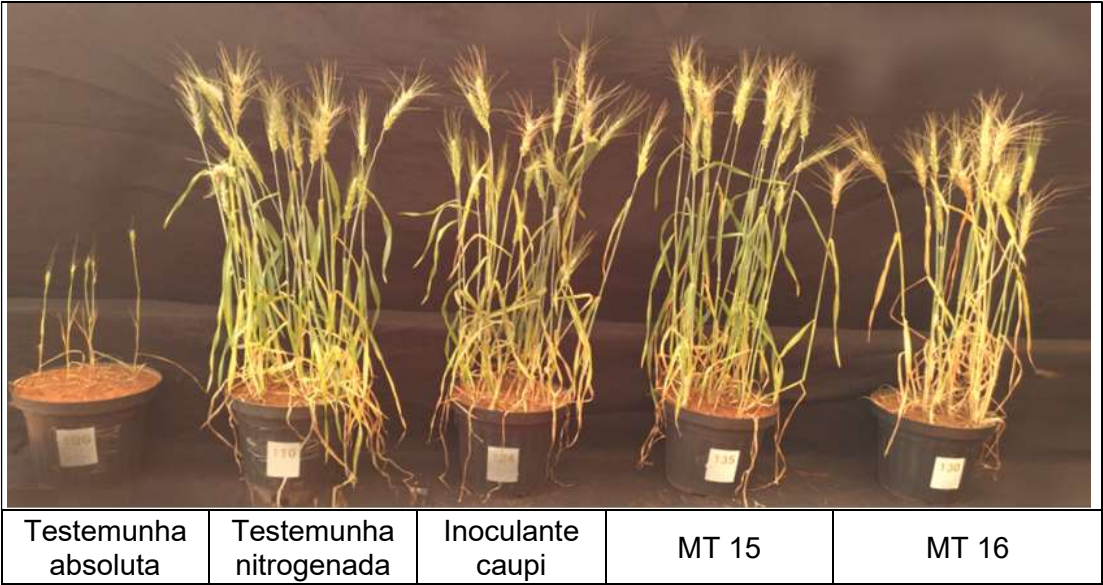


Figura 10. Altura de plantas de trigo, cultivar BRS 254 aos 50 DAS

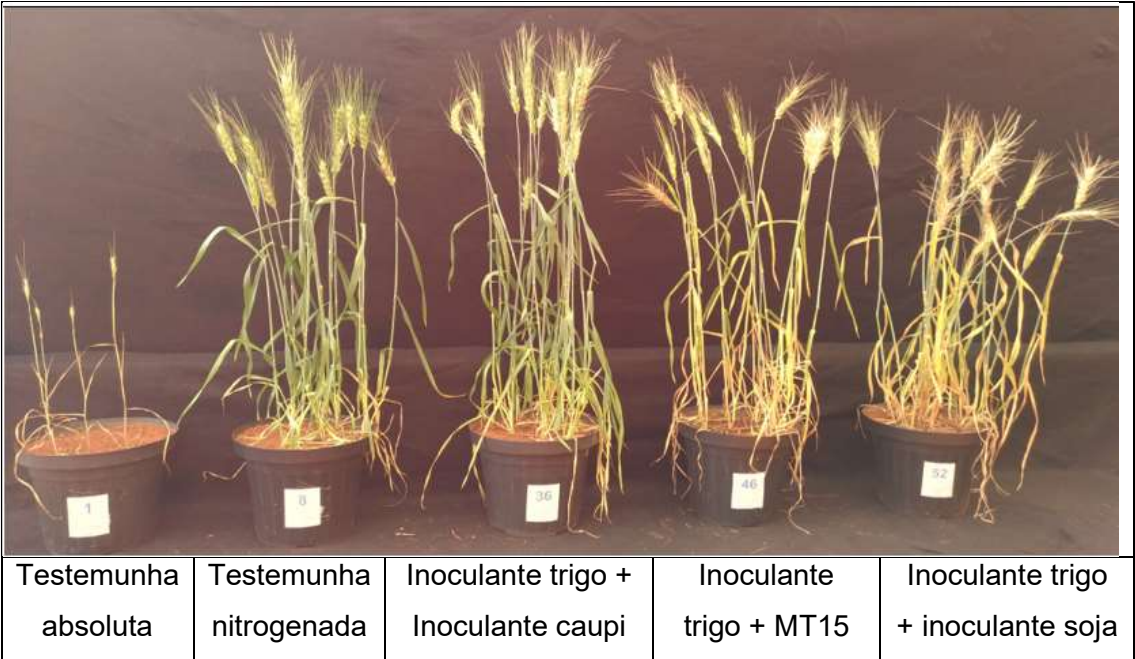


Figura 11. Altura de plantas de trigo, cultivar BRS 394 aos 50 DAS

Dentre as cultivares, a BRS 394 e BRS 254 mantiveram a sua aptidão para altura, superiores a BRS 264, que é um fator genético já esperado por elas. (Figuras 11 e 12).

Os tratamentos com inoculantes dentro das três cultivares estudadas apresentaram médias semelhantes a testemunha nitrogenada, conforme

resultados da tabela 5. Esses números nos mostram a eficiência da inoculação de bactérias no trigo, sendo elas nodulíferas ou não. Os micro-organismos desempenharam na planta uma altura aceitável para a colheita mecanizada, considerando que essas cultivares são resistentes ao acamamento (Figura 12).

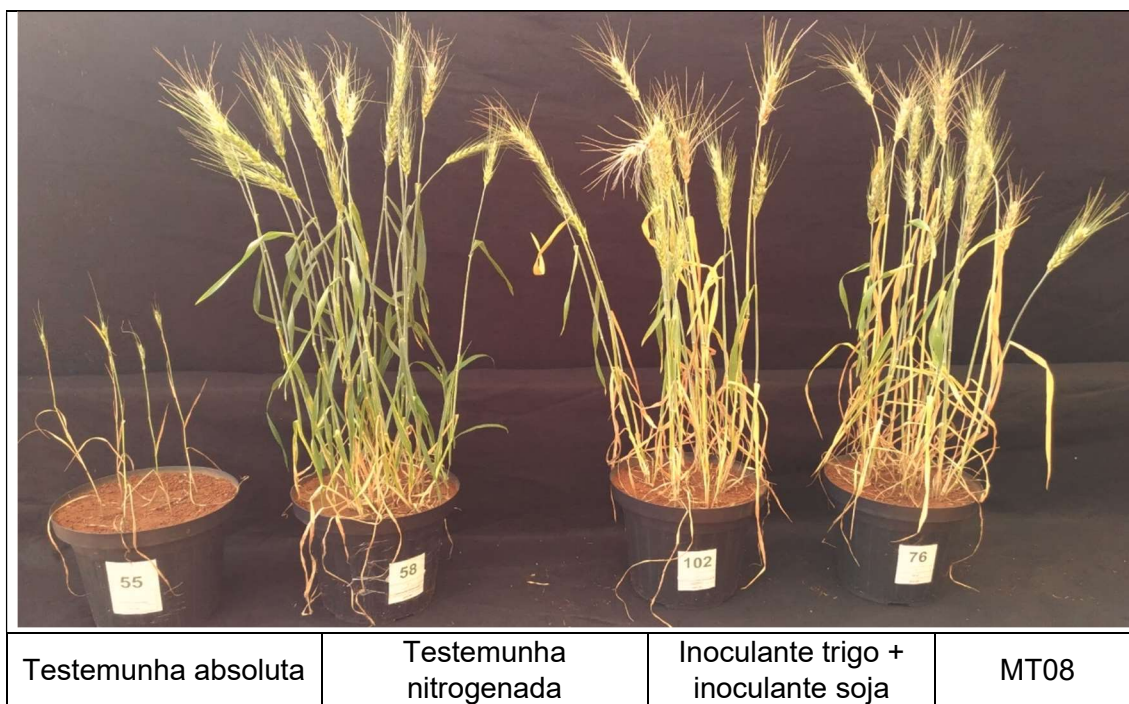


Figura 12. Altura de plantas de trigo, cultivar BRS 264 aos 50 DAS.

As bactérias promovem um maior desenvolvimento na altura das plantas, antes do período de enchimento dos grãos, pois as avaliações feitas aos 40 DAS, mostram maior ganho em relação aos 30 DAS (Figura 13). Esse resultado é decorrente das funções desempenhadas pelo nitrogênio, como componente estrutural de macromoléculas e enzimas, envolvidas no processo de desenvolvimento vegetativo das plantas, que é melhor aproveitado no crescimento da planta nos primeiros estágios vegetativos (MALAVOLTA, 2006).

A altura das plantas está relacionada ao seu desenvolvimento vertical, resultado positivo das inoculações com rizóbios. Reis Junior et al. (2008) atribuem esse crescimento aos benefícios proporcionados pela fixação biológica de nitrogênio e a produção de hormônios que estimulam o crescimento vegetal.

Tabela 5. Altura de plantas (cm) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 50 DAS.

Tratamentos	Cultivar			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	58,20 Aa	52,90 Aa	58,64 Aa	56,58 a
Inoculante comercial para soja	58,07 Aa	50,55 Aa	58,08 Aa	55,56 a
Inoculante para feijão caupi	55,95 Aa	55,22 Aa	58,81 Aa	56,66 a
MT 08	52,67 Aa	48,62 Aa	57,47 Aa	52,92 a
MT 16	51,50 Aa	46,88 Aa	55,65 Aa	51,34 a
MT 15	55,22 Aa	55,52 Aa	55,58 Aa	55,44 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	55,32 Aa	53,90 Aa	52,71 Aa	53,97 a
Inoculante trigo + MT 08	54,00 Aa	52,67 Aa	57,01 Aa	54,56 a
Inoculante trigo + MT 16	54,26 Aa	48,03 Aa	57,32 Aa	53,20 a
Inoculante trigo + MT 15	55,52 Aa	55,30 Aa	55,34 Aa	55,39 a
Inoculante trigo + inoculante soja	58,45 Aa	57,07 Aa	53,78 Aa	56,43 a
Testemunha nitrogenada	51,65 Aa	54,02 Aa	55,28 Aa	53,65 a
Testemunha absoluta	24,68 Ab	23,30 Ab	24,92 Ab	24,30 b
$\bar{X}$	52,73 A	50,30 B	53,89 A	52,31
CV (%)	12,49			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Dartora et al. (2016), avaliando a influência das estirpe de *A. brasilense* - AbV5, *Herbaspirillum seropedicae* - SmR1 e coinoculação AbV5 + SmR1, sobre a altura das plantas de trigo no período de emborrachamento, não verificaram diferença significativa entre as testemunhas absolutas e os tratamentos, onde registrou-se a altura de 51,73 cm no tratamento com coinoculação. A média apresentada por Dartora et. al. (2016), é próxima a média alcançada por este trabalho no mesmo período. Essa aproximação demonstra a estabilidade das bactérias na promoção do desenvolvimento do trigo com várias cultivares.

O bom desempenho dos rizóbios no desenvolvimento das cultivares está relacionado a fixação biológica de nitrogênio e a produção de substâncias que são mais diversificadas quando é feita a coinoculação com estirpes de diferentes gêneros. Kumar et al. (2017), verificaram atividade promotora de crescimento em cepas de bactérias diazotróficas coletadas da região rizosférica de arroz e trigo na Índia, observando que elas fazem a fixação de nitrogênio no meio, produzem ácido indolacético (AIA), e solubilizam fósforo. No trabalho desses autores, a *Enterobacter* fixou ao meio 9,32 mg de nitrogênio para cada nanograma⁻¹ de

carbono oxidado e produziu $27,06 \mu\text{g mL}^{-1}$ superior a *Microbacterium Aborescens* com $26,82 \mu\text{g mL}^{-1}$. Em seu teste de campo houve diferença significativa para a altura com coinoculação tripla de *Microbacterium Aborescens* + *Enterobacter* + *Serratia marcescens* (65,50 cm) e a *M. aborescens* + *Enterobacter* (64 cm) aos 60 DAS.

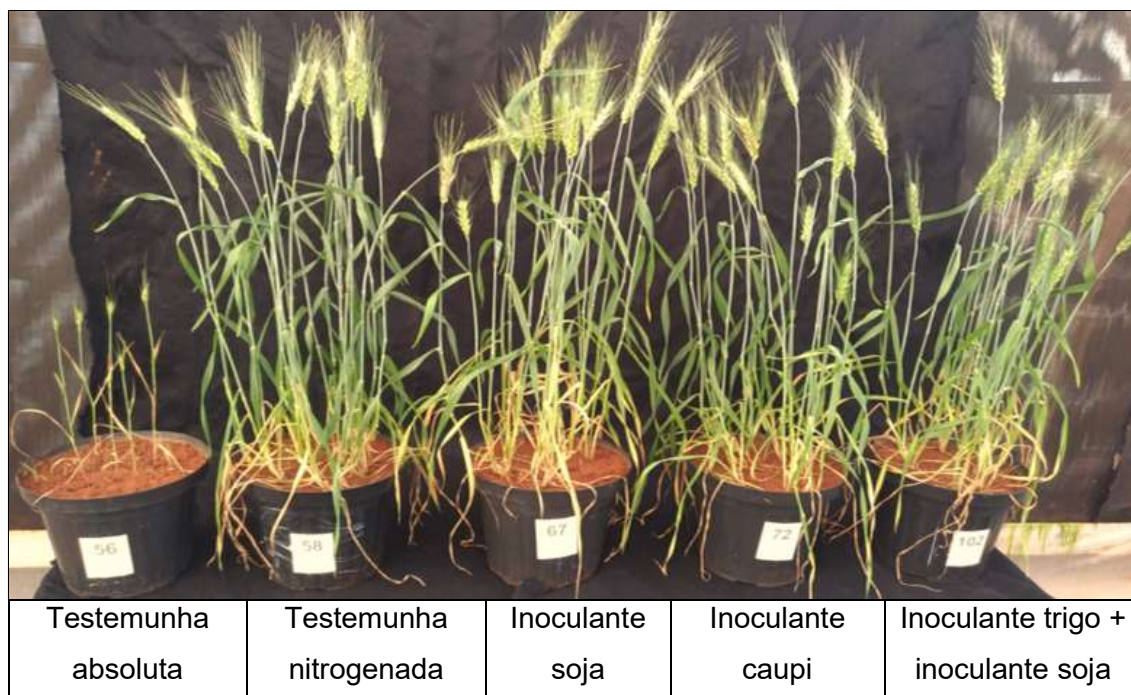


Figura 13. Altura de plantas de trigo cultivar BRS 264 aos 50 DAS.

As estirpes apresentadas nesse trabalho mostraram eficiente relação com a cultivares estudadas no desenvolvimento da altura. Pérez e Bernilla (2015), trabalhando com coinoculação de estirpes de *Rhizobium etli* e *Bradyrhizobium yuanmingense* em plantas de arroz, observaram que a associação das bactérias promoveram maior crescimento nas plantas de arroz aos 36 e 56 dias após o transplante das plantas, atingindo 80,2 cm e 107,85 cm de altura, respectivamente. Os autores atribuem esse crescimento ao sinergismo entre as plantas e as bactérias inoculadas, que permite a fixação de N_2 que é prontamente absorvido pelo arroz.

4.2. Número de folhas

Aos 30 DAS, o tratamento que apresentou melhor resultado foi a estirpe MT15 (77,33 folhas por vaso), com incremento de 8,41% sobre a testemunha nitrogenada (71,33 folhas por vaso). Ulterior, acompanha-lhe os tratamentos inoculante para feijão caupi (70,50 folhas por vaso) e MT16 (68 folhas por vaso).

A interação dos tratamentos mostrou médias diversificadas. Dentro da cultivar BRS 254 destacam-se o *B. japonicum* (inoculante para soja) com 77,25 folhas por vaso, *A. brasilense* (inoculante para trigo) e MT15, com 76,00 folhas por vaso. Outra interação de destaque foi o inoculante para trigo com a cultivar BRS 394 (76,25 folhas por vaso), que apresentou o segundo maior número de folhas (Tabela 06).

Tabela 6. Número de folhas por vaso em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 30 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	76,00 Aa	50,75 Bb	70,75 Aa	65,83 a
Inoculante comercial para soja	77,25 Aa	56,25 Aa	64,50 Aa	66,0 a
Inoculante para feijão caupi	69,50 Aa	65,75 Aa	76,25 Aa	70,50 a
MT 08	70,00 Aa	43,50 Bb	61,50 Aa	58,33 a
MT 16	67,50 Aa	68,75 Aa	67,75 Aa	68,00 a
MT 15	76,00 Ba	92,75 Aa	63,25 Ba	77,33 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	72,25 Aa	73,25 Aa	46,00 Ba	63,83 a
Inoculante trigo + MT 08	62,00 Aa	72,50 Aa	59,25 Aa	54,58 a
Inoculante trigo + MT 16	70,25 Aa	57,75 Aa	57,00 Aa	61,66 a
Inoculante trigo + MT 15	74,00 Aa	66,00 Aa	63,75 Aa	67,91 a
Inoculante trigo + inoculante soja	67,75 Aa	67,50 Aa	63,75 Aa	66,33 a
Testemunha nitrogenada	75,75 Aa	75,50 Aa	62,75 Aa	71,33 a
Testemunha absoluta	18,25 Ab	16,25 Ac	16,50 Ab	17,00 b
$\bar{X}$	67,42 A	62,03 B	59,46 B	62,97
CV (%)	23,17			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Aos 40 dias, a estirpe MT15 (76,08 folhas por vaso) apresentou incremento de 0,32% sobre a testemunha nitrogenada (75,83 folhas por vaso).

Na interação dos tratamentos, os que se sobressaíram foram a estirpe MT15, dentro da cultivar BRS 254, seguido pelo inoculante para caupi isolado e

coinoculados, ambos com a cultivar BRS 264. A estirpe MT15 também apresentou boa média com a cultivar BRS 264. Os valores estão ilustrados na tabela 7.

Tabela 7. Número de folhas por vaso em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 40 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	80,25 Aa	61,00 Ab	70,25 Aa	70,50 a
Inoculante comercial para soja	77,75 Aa	57,75 Ab	68,50 Aa	68,00 a
Inoculante para feijão caupi	80,00 Aa	80,75 Aa	61,25 Aa	74,00 a
MT 08	74,50 Aa	56,00 Ab	69,50 Aa	66,66 a
MT 16	69,00 Aa	60,25 Ab	71,00 Aa	66,75 a
MT 15	81,25 Aa	79,00 Aa	68,00 Aa	76,08 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	70,00 Aa	81,50 Aa	51,75 Ba	67,75 a
Inoculante trigo + MT 08	72,50 Aa	76,25 Aa	71,00 Aa	73,83 a
Inoculante trigo + MT 16	83,00 Aa	58,25 Bb	77,25 Aa	72,83 a
Inoculante trigo + MT 15	73,75 Aa	71,00 Aa	72,25 Aa	72,33 a
Inoculante trigo + inoculante soja	75,50 Aa	73,75 Aa	66,75 Aa	72,00 a
Testemunha nitrogenada	74,50 Aa	79,00 Aa	74,00 Aa	75,83 a
Testemunha absoluta	25,00 Ab	21,50 Ac	22,00 Ab	22,83 b
$\bar{X}$	72,07 A	65,84 B	64,88 B	67,60
CV (%)	22,52			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

O número de folhas aos 50 DAS foi maior para o tratamento com testemunha nitrogenada, com 78,50 folhas por vaso, seguido pela estirpe inoculante para feijão caupi (70,33 folhas por vaso) e *B. Japonicum* (inoculante para soja), com 66,83 folhas por vaso.

Na interação entre os tratamentos, a testemunha nitrogenada se destacou com a cultivar BRS 254 e cultivar BRS 264, com médias de 84,75 e 78,75 folhas por vaso. A coinoculação de inoculante para trigo + MT08 dentro da cultivar BRS264 apresentou a segunda melhor média entre as interações (79,75 folhas) (Tabela 08).

Dentre as cultivares, a BRS 254 apresentou maior rendimento de folhas, não se diferenciando da BRS 264, que não se diferenciou da BRS 394.

Tabela 8. Número de folhas por vaso em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 50 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	77,00 Aa	53,50 Aa	59,25 Aa	63,25 a
Inoculante comercial para soja	75,50 Aa	60,75 Aa	64,25 Aa	66,83 a
Inoculante para feijão caupi	78,00 Aa	66,50 Aa	66,50 Aa	70,33 a
MT 08	73,75 Aa	55,25 Aa	58,75 Aa	62,58 a
MT 16	54,00 Aa	58,75 Aa	63,5 Aa	58,83 a
MT 15	63,00 Aa	69,75 Aa	61,25 Aa	64,66 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	74,75 Aa	67,50 Aa	54,50 Aa	65,58 a
Inoculante trigo + MT 08	57,25 Aa	79,75 Aa	63,00 Aa	66,66 a
Inoculante trigo + MT 16	67,25 Aa	53,50 Aa	75,25 Aa	65,33 a
Inoculante trigo + MT 15	63,00 Aa	74,75 Aa	61,25 Aa	66,33 a
Inoculante trigo + inoculante soja	65,00 Aa	69,75 Aa	62,50 Aa	65,75 a
Testemunha nitrogenada	84,75 Aa	78,75 Aa	72,00 Aa	78,50 a
Testemunha absoluta	21,50 Ab	18,75 Ab	21,25 Ab	20,50 b
$\bar{X}$	65,75 A	62,09 A	60,26 A	62,70
CV (%)	26,86			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

O número de folhas está diretamente relacionado ao estado nutricional das plantas. As estirpes conseguiram suprir a demanda de nitrogênio em função da fixação biológica, refletindo no acúmulo da massa aera em função do maior número de folhas e a maior capacidade em obter – se luz solar para produção de fotoassimilados. Os trabalhos realizados por Rodrigues et al. (2014), mostraram também que a inoculação com *A. brasilense* agrega maior peso na massa seca das folhas, proporcionado pelo maior número e vigor do órgão na planta em comparação a adubação mineral.

Alves et al. (2017), em seu trabalho associando inoculantes com diferentes doses de nitrogênio mineral, verificaram que o *A. brasilense* desempenha importante função no desenvolvimento do trigo, principalmente quando não sofrem estresse hídrico durante seu ciclo, ou seja, a eficiência da biofertilização está relacionado a condições ambientais favoráveis a planta, tornando a inoculação mais eficiente para o seu desenvolvimento.

No presente trabalho, os tratamentos com fonte biológica de nitrogênio foram tão satisfatórios quando a adubação mineral para as três cultivares estudadas para o número de folhas. Em trabalho realizado por Guimarães et al. (2011), em capim – marandu inoculado com diferentes estirpes de *A. brasilense*, a adubação nitrogenada proporciona a planta o desenvolvimento de maior número de folhas (29,33) quando comparado com as estirpe bacteriana de melhor desempenho (23,84 folha por vaso) para a cultura.

4.3. Índice de clorofila Falker

Para o índice de clorofila, avaliado aos 30 DAS, os tratamentos se diferenciaram estatisticamente da testemunha absoluta. Os tratamentos com inoculantes apresentaram médias semelhantes a testemunha nitrogenada (42,30), a qual apresentou incremento de 11,12% sobre o inoculante comercial para trigo.

Não houve diferença significativa entre as cultivares, mesmo assim, observou-se que a cultivar BRS 254 apresentou índice superior as demais (37,21).

Na combinação dos tratamentos, a testemunha nitrogenada com a cultivar BRS 264 apresentou índice de 44,33; a cultivar BRS 254 com inoculante para trigo + MT15, 43,55 e o inoculante para soja com a cultivar BRS394 com 42,76. Essas foram as maiores médias entre as interações dos tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9. Índice de clorofila Falker em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 30 DAS.

Tratamentos	Cultivar			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	39,25 Aa	36,10 Aa	37,90 Aa	37,75 a
Inoculante comercial para soja	41,59 Aa	38,82 Aa	42,76 Aa	39,72 a
Inoculante para feijão caupi	37,71 Aa	35,90 Aa	34,85 Aa	36,16 a
MT 08	42,25 Aa	41,45 Aa	37,13 Aa	40,61 a
MT 16	35,84 Aa	33,07 Aa	35,78 Aa	34,89 a
MT 15	40,29 Aa	35,14 Aa	37,55 Aa	37,66 a

Inoculante trigo + Inoculante caupi	34,58 Aa	38,31 Aa	32,16 Aa	35,02 a
Inoculante trigo + MT 08	34,16 Aa	40,39 Aa	34,21 Aa	36,25 a
Inoculante trigo + MT 16	34,16 Aa	35,50 Aa	42,76 Aa	39,44 a
Inoculante trigo + MT 15	43,55 Aa	38,25 Aa	35,52 Aa	39,11 a
Inoculante trigo + inoculante soja	34,40 Aa	39,75 Aa	41,47 Aa	38,54 a
Testemunha nitrogenada	40,09 Aa	44,33 Aa	40,49 Aa	42,30 a
Testemunha absoluta	17,04 Ab	17,00 Ab	22,73 Aa	18,92 b
$\bar{X}$	37,21 A	36,15 A	36,56 A	36,64
CV (%)	20,76			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

A similaridade entre as médias dos tratamentos com bactérias e a testemunha nitrogenada, indica uma boa eficiência na disponibilidade de nitrogênio para as cultivares pelos micro-organismos nos primeiros estágios de desenvolvimento da cultura do trigo. Guimarães et al. (2015) também constataram comportamento similar das bactérias, ao comparar diferentes tratamentos com bactérias diazotróficas associativas na cultura do trigo em Latossolo Vermelho Distrófico.

Para o índice de clorofila Falker aos 40 DAS, os melhores resultados foram o inoculante para trigo, o inoculante para trigo + inoculante para soja e inoculante para trigo + MT 08, com os índices de 46,86; 45,13 e 45,90 respectivamente, superiores à testemunha nitrogenada, com incremento médio de 2,34% (Tabela 10).

Tabela 10. Índice de clorofila Falker em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 40 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	47,64 Aa	47,98 Aa	44,96 Aa	46,86 a
Inoculante comercial para soja	46,49 Aa	36,30 Aa	42,87 Aa	41,88 a
Inoculante para feijão caupi	45,58 Aa	44,60 Aa	44,25 Aa	44,71 a
MT 08	44,98 Aa	40,31 Aa	44,19 Aa	43,16 a
MT 16	43,66 Aa	44,56 Aa	42,96 Aa	43,72 a
MT 15	45,38 Aa	43,71 Aa	43,64 Aa	44,24 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	45,81 Aa	43,19 Aa	38,92 Aa	42,64 a
Inoculante trigo + MT 08	45,51 Aa	46,13 Aa	46,06 Aa	45,90 a
Inoculante trigo + MT 16	46,77 Aa	36,63 Aa	42,21 Aa	41,87 a

Inoculante trigo + MT 15	36,35 Aa	47,44 Aa	40,53 Aa	41,44 a
Inoculante trigo + inoculante soja	45,42 Aa	46,65 Aa	43,31 Aa	45,13 a
Testemunha nitrogenada	46,64 Aa	44,56 Aa	43,54 Aa	44,91 a
Testemunha absoluta	17,13 Ab	19,93 Ab	21,66 Ab	19,57 b
$\bar{X}$	42,85 A	41,69 A	41,47 A	42,00
CV (%)	16,94			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Não houve diferença significativa para as cultivares, a qual a BRS254 apresentou índice superior com 42,85 contra 41,69 da cultivar BRS264 e 41,47 da cultivar BRS394.

Na interação dos tratamentos o destaque foi do inoculante para trigo com a BRS 254 e BRS 264, que tiveram índice de 47,64 e 47,98.

Ullah et al. (2017) ao isolar as estirpes do *Rhizobium* SRL5 na lentilha e SRC8 no grão de bico, e inoculá-las e coinoculá-las em plantas de trigo, também observaram que o índice de clorofila SPAD, quando combinadas (SRL5 + SRC8), foi maior (47,44), seguido pela estirpe SRC8 (43,58), SRL5 (38,07) e sem inoculação (34,04), quando suplementados com 60% da capacidade hídrica.

O bom desempenho das plantas na avaliação do índice de clorofila nos 30 DAS pode estar relacionado a disponibilidade de nitrogênio para as plantas nos primeiros dias de inoculação, após esgotar – ser as reservas energéticas da semente. Alguns trabalhos, como o de Mendes-Santos, Kandasamy e Cid-Rigobelo (2017), mostram que o crescimento da planta não está relacionado a disponibilidade de nitrogênio nos primeiros dias de desenvolvimento, pois avaliando os níveis de nitrato e amônio de solo com cultura de milho inoculada com *A. brasilense* 20 dias após a semeadura, não evidenciaram diferença nos níveis dos composto nitrogenados entre os tratamentos e a testemunha absoluta.

Para o índice de clorofila Falker aos 50 DAS, houve diferença significativa entre os tratamentos. Os maiores índices foram encontrados na testemunha nitrogenada (40,08) e estirpe MT15 (40,13), respectivamente (Tabela 11). O inoculante para trigo (*A. brasilense*) (28,78) apresentou uma diferença positiva de 58,23% em relação a testemunha absoluta.

Na interação dos tratamentos a estirpe MT 15 associado a cultivar BRS 394 apresentou o maior rendimento (45,23), seguido da testemunha nitrogenada dentro da cultivar BRS 254 (38,60) e BRS 264 (41,77) e o inoculante para trigo + MT 16 dentro da BRS 254 (40,17). Ainda associado a cultivar BRS 254 as estirpes MT08 e MT15 também apresentaram médias superior as demais, com 37,76 e 37,74 respectivamente.

Tabela 11. Índice de clorofila Falker em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 50 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	27,78 Ab	28,59 Ab	29,98 Ab	28,78 a
Inoculante comercial para soja	30,02 Ab	34,41 Aa	35,93 Aa	33,45 a
Inoculante para feijão caupi	34,81 Aa	40,84 Aa	30,84 Ab	35,50 a
MT 08	37,76 Aa	28,39 Ab	39,73 Ab	35,29 a
MT 16	37,65 Aa	32,05 Ab	34,14 Ab	34,61 a
MT 15	37,74 Aa	37,41 Aa	45,23 Aa	40,13 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	31,27 Ab	40,01 Aa	32,46 Aa	34,58 a
Inoculante trigo + MT 08	29,64 Ab	38,99 Aa	37,80 Aa	35,47 a
Inoculante trigo + MT 16	40,17 Aa	30,71 Ab	36,90 Aa	35,92 a
Inoculante trigo + MT 15	34,69 Aa	37,79 Aa	25,40 Ab	32,63 a
Inoculante trigo + inoculante soja	36,12 Aa	34,51 Aa	34,76 Aa	35,13 a
Testemunha nitrogenada	38,60 Aa	41,77 Aa	39,87 Aa	40,08 a
Testemunha absoluta	18,42 Ab	19,71 Ab	18,36 Ab	18,83 b
$\bar{X}$	33,44 A	34,24 A	33,95 A	33,88
CV (%)	23,79			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Os resultados apresentados por esses trabalho são controversos aos de Prando et al. (2019), que ao comparar os tratamentos com inoculação de *A. brasilense* e não inoculados, em plantas de trigo da cultivar BRS Tangará em Latossolo Vermelho Distrófico, não verificou diferença significativa entre a adubação biológica e o controle.

Aos 50 DAS, o índice de clorofila reduziu quando comparado com as avaliações dos 40 DAS. Essa ocorrência pode estar relacionada a dois fatores: A redução da população bacteriana na região rizosférica quando a planta atinge o estágio de enchimento de grãos, ou o redirecionamento de nitrogênio das

folhas para os grãos durante esse período. Quadros et. al. (2014), analisando o desempenho agrônômico de cultivares de milho biofertilizados, afirmaram que as bactérias inoculadas no ambiente rizosférico das plantas conseguem manter sua população ao longo do ciclo.

Esses resultados mostram que a biofertilização é uma alternativa que traz maior retorno econômico para os produtores de trigo, pois as estirpes testadas puderam suprir o requerimento nutricional da cultura, na mesma eficiência do fertilizante nitrogenado, com destaque para a estirpe MT15, mantendo as plantas em um bom estado nutricional, pois o índice de clorofila Falker correlaciona-se positivamente com a concentração de N nas plantas (JUNIOR e MONTEIRO, 2006; ARGENTA et al., 2001).

4.4. Massa seca da parte da área

Para a massa seca da parte área, as estirpes que destacaram – se foram a MT15 (8,90 g), e a coinoculação de inoculante para trigo + MT 15 (8,45). A primeira apresentou incremento de 95,0% e a segunda de 94,7% sobre a testemunha absoluta (Tabela 12).

Na interação entre os tratamentos, o inoculante para trigo dentro da cultivar BRS 254 apresentou média de 9,87g, seguida pela MT15 com a BRS 264 (9,50g). Esses apresentaram uma maior eficiência em relação as demais interações. A estirpe MT15 ainda mostrou relevante resultado com a cultivar BRS 264 (9,50) e BRS 254 (9,12). Os menores pesos foram da estirpe MT08 com a cultivar BRS 264 (6,07 g), e o inoculante para trigo (*A. brasilense*) + BR3267 com a cultivar BRS 394 (6,47 g).

Granados et al. (2012), ao testarem a eficiência da inoculação de *Bradyrhizobium* sp. em cultura de trigo e triticales em campo, observaram que o tratamento inoculado não apresentou diferença significativa em relação a testemunha nitrogenada (6 espigas por plantas⁻¹), mostrando que os organismos autóctonos podem influenciar no desenvolvimento das plantas.

Em trabalho realizado por Dartora (2016), com trigo submetido a diferentes tratamentos inoculados e coinoculados com estirpes de *A. brasilense*

e *Herbaspirillum seropedicae*, os tratamentos com biofertilizantes não apresentaram diferença significativa da testemunha absoluta sobre a massa seca da parte aérea.

Kumar et al. (2017), verificaram em seu trabalho o efeito da atividade promotora de crescimento de tratamentos com coinoculação tripla de *M. Aborescens coiniculada* + *Enterobacter* + *Serratia marcescens* (12,09 g), com diferença significativa entre os outros tratamentos coinoculados (11,26 g), isolados (9,27 g) e controle (6,77 g) no rendimento da palha de trigo.

Tabela 12. Massa seca da parte área (g vaso⁻¹) em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	9,87 Aa	6,45 Ab	8,47 Aa	8,26 a
Inoculante comercial para soja	8,87 Aa	8,32 Aa	7,45 Aa	8,21 a
Inoculante para feijão caupi	8,12 Aa	9,15 Aa	7,95 Aa	8,40 a
MT 08	7,60 Aa	6,07 Ab	7,67 Aa	7,11 a
MT 16	8,45 Aa	5,60 Ab	7,87 Aa	7,30 a
MT 15	9,12 Aa	9,50 Aa	8,10 Aa	8,90 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	8,12 Aa	8,50 Aa	6,47 Aa	7,70 a
Inoculante trigo + MT 08	7,52 Aa	8,17 Aa	7,35 Aa	7,68 a
Inoculante trigo + MT 16	8,00 Aa	6,20 Ab	8,77 Aa	7,65 a
Inoculante trigo + MT 15	8,47 Aa	8,57 Aa	8,30 Aa	8,45 a
Inoculante trigo + inoculante soja	8,60 Aa	8,65 Aa	7,82 Aa	8,35 a
Testemunha nitrogenada	9,27 Aa	7,52 Aa	8,70 Aa	8,50 a
Testemunha absoluta	0,47 Ab	0,42 Ac	0,42 Ab	0,44 b
$\bar{X}$	7,88 A	7,76 A	7,33 A	7,46
CV (%)	25,68			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

No trabalho de Grageda-Cabrera et. al. (2018), com trigo cultivar Nana sob diferentes tratamentos com inoculantes para suprimento de N, observaram que as bactérias *Pseudomonas* ocasionaram maior massa na parte aera do trigo, superior a testemunha nitrogenada.

Os resultados desta variável mostram que essas bactérias tem uma excelente interação com as cultivares testadas, resultando na produção de massa orgânica na planta. Para Döbbelaere, Vanderleyden e Okon (2003), os organismos diazotróficos produzem vitaminas hidrossolúveis do grupo B, que

estimulam o crescimento das plantas, contribuindo em especial para o incremento da altura, produção de matéria seca e estímulo à absorção dos nutrientes.

4.5. Massa seca e volume das raízes

Para a massa seca das raízes, houve relevante crescimento com inoculante para trigo + MT15, inoculante para trigo + inoculante para feijão caupi e inoculante para trigo sem associação (*A. brasiliense*), quando comparadas a testemunha nitrogenada (Figura 14). O incremento sobre a testemunha nitrogenada (3,20 g) foi de 34,42% no tratamento inoculante para trigo + MT15 (4,88 g), 34,29% na *A. brasiliense* (4,87 g) e 28,73% no inoculante para trigo + BR 3267, com 4,49 g (Tabela 13).

Tabela 13. Massa seca da raiz (g vaso⁻¹) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	4,57 Aa	4,05 Aa	6,00 Aa	4,87 a
Inoculante comercial para soja	5,02 Aa	3,70 Aa	3,57 Aa	4,10 a
Inoculante para feijão caupi	3,90 Aa	4,07 Aa	4,37 Aa	4,11 a
MT 08	3,70 Aa	3,02 Ab	4,00 Aa	3,57 b
MT 16	3,92 Aa	2,12 Ab	4,02 Aa	3,35 b
MT 15	4,37 Aa	4,85 Aa	4,20 Aa	4,47 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	4,92 Aa	4,15 Aa	4,40 Aa	4,49 a
Inoculante trigo + MT 08	4,12 Aa	3,82 Ab	4,57 Aa	4,17 a
Inoculante trigo + MT 16	3,67 Aa	3,05 Ab	4,00 Aa	3,57 b
Inoculante trigo + MT 15	5,67 Aa	4,60 Aa	4,37 Aa	4,88 a
Inoculante trigo + inoculante soja	4,42 Aa	4,77 Aa	3,92 Aa	4,37 a
Testemunha nitrogenada	3,25 Aa	2,67 Ab	3,70 Aa	3,20 b
Testemunha absoluta	0,50 Ab	0,62 Ab	0,50 Ab	0,54 c
$\bar{X}$	4,00 A	3,50 A	3,97 A	3,82
CV (%)	14,81			

Médias Transformadas pela Raiz quadrada de Y + 1.0. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

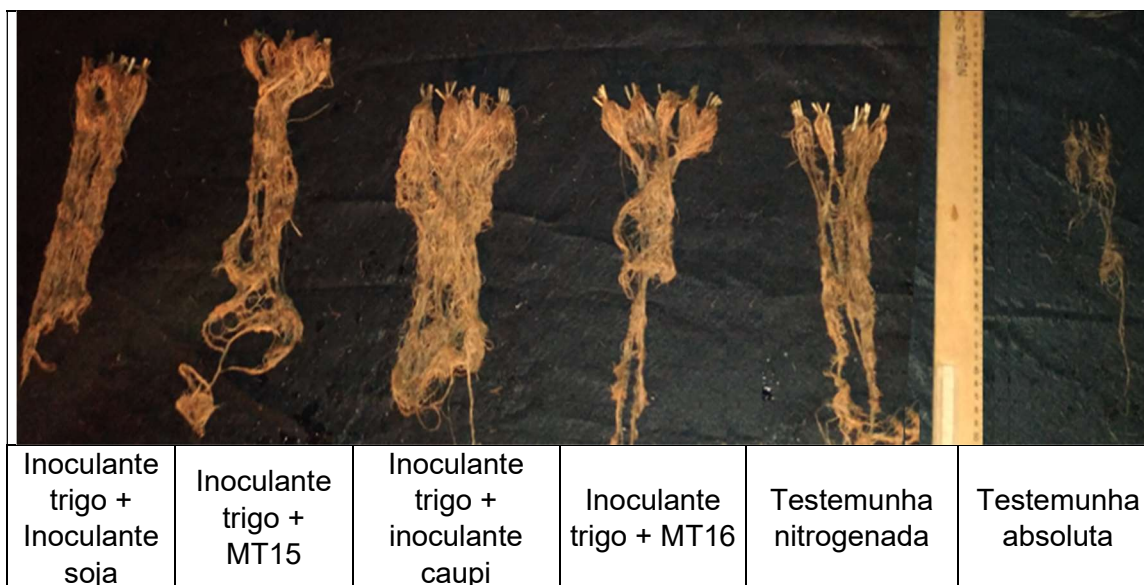


Figura 14. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 394 coinoculadas com bactérias nodulíferas

Os resultados encontrados diferem dos resultados de Guimarães, et al. (2015), que trabalhando com a inoculação de trigo no sul de Mato Grosso, observaram maior massa seca de raízes na testemunha nitrogenada (31,74 g) em comparação ao inoculante comercial (23,84 g).

Na interação, o inoculante para trigo, dentro da cultivar BRS394 destacou – se das demais (Figura 15), seguida pelo inoculante para trigo + MT15 dentro da cultivar BRS254 e o inoculante para soja (*B. japonicum*) na cultivar BRS254 (Figura 16).

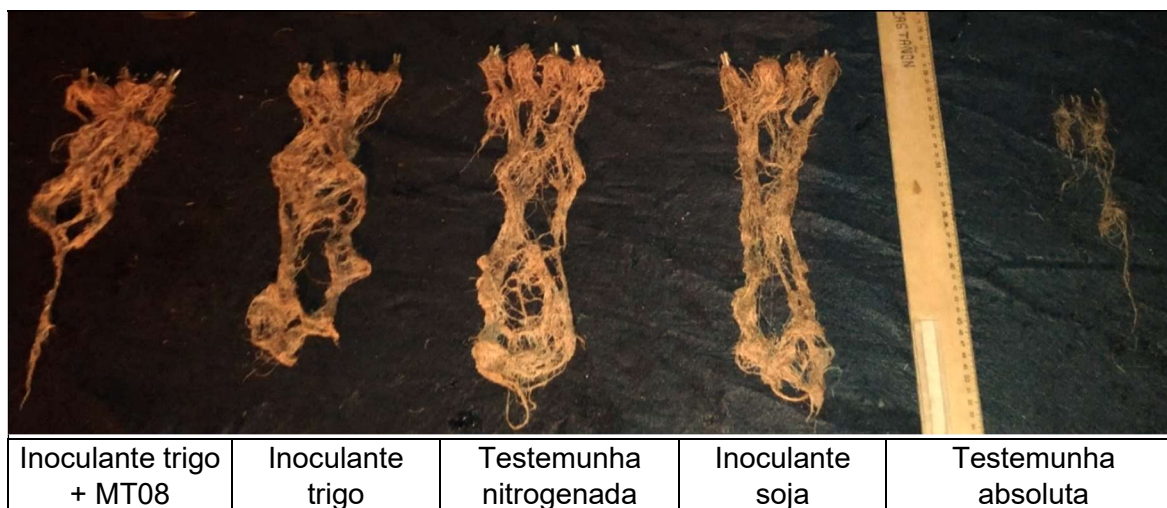


Figura 15. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 394 coinoculadas com bactérias nodulíferas.

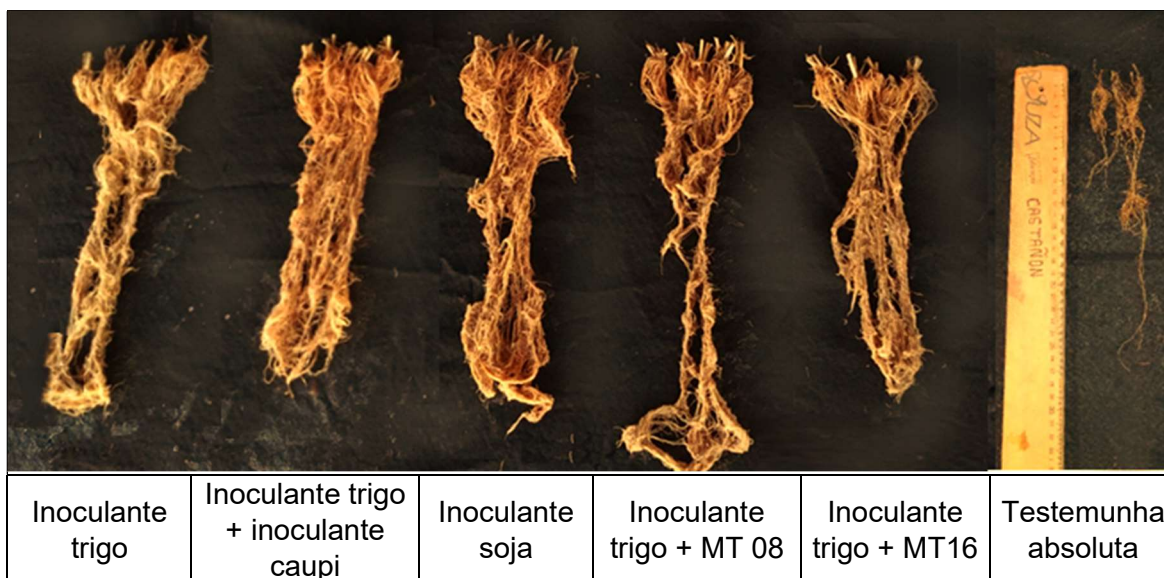


Figura 16. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 254 coinoculadas com bactérias nodulíferas.

Pérez e Bernilla (2015), verificaram que a coinoculação promoveu maior peso seco de raiz de arroz aos 36 e 56 dias de transplantio (3,94 g e 5,09 g) e inoculação com cepas de *B. yuanmingense* foi superior (2,84 g e 3,49 g) quando comparadas com o *R. etli* (0,77 g e 1,47 g) e a testemunha nitrogenada (1,67 g e 2,57 g).

Bécquer e Salas et al. (2006), ao testarem diferentes cepas bacterianas de *R. leguminosarum* e *Bradyrhizobium* sp. nativos e comerciais em trigo, observaram diferença significativa quando comparados com a sua testemunha absoluta, constatando que o peso da massa seca de raiz foram superiores nos tratamentos com inoculante comercial composto por *Bradyrhizobium* sp. para soja (estirpe 61B7), 2,33 g vaso⁻¹, cepas nativas (TD₁), com 2,21 g vaso⁻¹ e a testemunha com fertilizante mineral, que rendeu 1,91 g vaso⁻¹.

As inoculações promoveram o desenvolvimento das raízes em função da disponibilidade de nitrogênio, verificado na concentração de clorofila na folha da planta (Figura 17). A quantidade de massa do sistema radicular está relacionada ao seu desenvolvimento, e é um importante sinalizador do estado nutricional das plantas, proporcionando uma eficiente absorção de nutrientes e compostos uteis a cultura (MENGEL e KIRKBY, 2001).

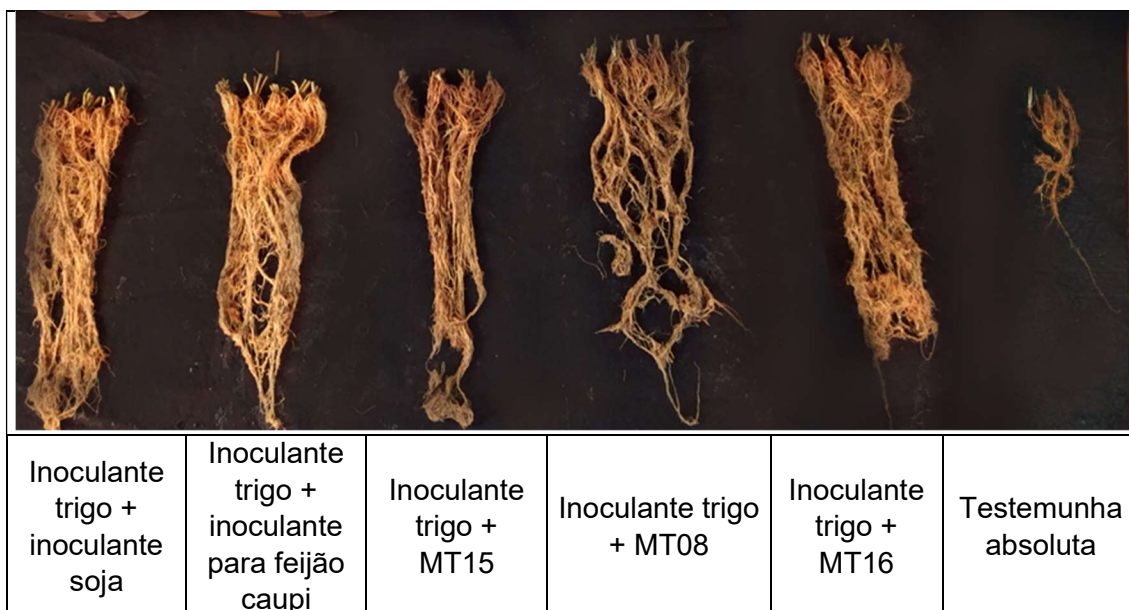


Figura 17. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 264 coinoculadas com bactérias nodulíferas.

O crescimento da raiz também está relacionado a fixação biológica de nitrogênio promovido pelas estirpes bacterianas estudadas. Segundo Bredemeier e Mundstock (2000), o nitrogênio, uma vez absorvido, pode ser assimilado na própria raiz ou ser transportado para as folhas e frutos para assimilação e construção dos tecidos.

No volume de raízes, o inoculante para trigo apresentou média de 0,030 dm³ com incremento de 16,6% sobre o tratamento com testemunha nitrogenada. Já a estirpe MT15 (0,029 dm³) com incremento de 13,79%, a coinoculação de inoculante para trigo + BR3267 e inoculante para trigo + MT08, com volumes idênticos (0,028 dm³) e ganho de 10,71%.

Na interação entre os tratamentos houve diferença significativa, com médias de volumes maiores na cultivar BRS394 com inoculante para trigo (0,032 dm³) e a associação inoculante para trigo + MT08 (0,035 dm³). Na cultivar BRS264 com a estirpe MT15, o volume de raízes foi similar ao tratamento BRS394 com inoculante para trigo (Figura 18). As estirpes que apresentaram menores volumes foram a MT16 e a coinoculação de inoculante para trigo + MT 16, ambas dentro da cultivar BRS264, com médias idênticas (Tabela 14).

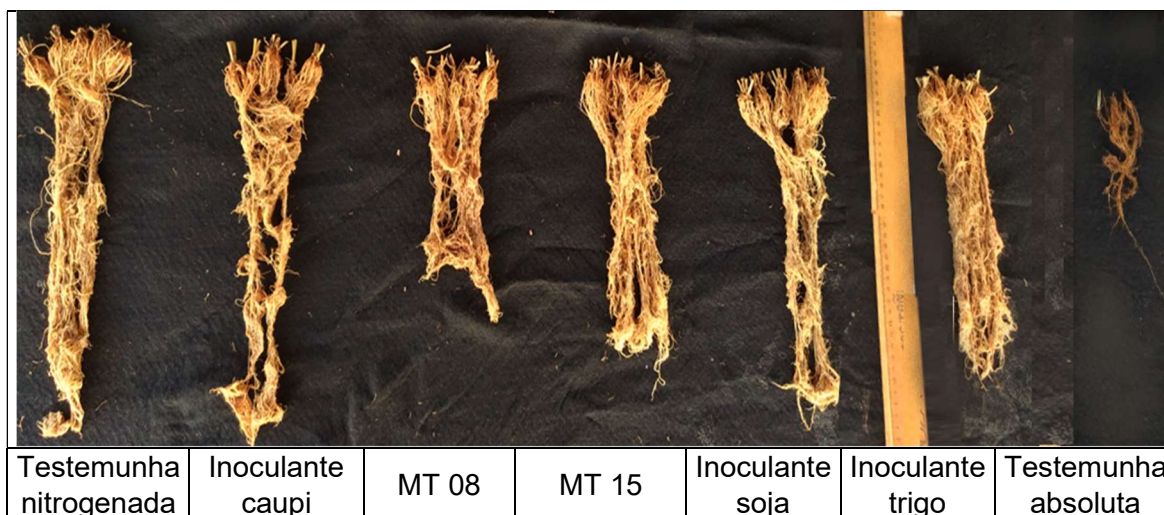


Figura 18. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 264 coinoculadas com bactérias nodulíferas.

Tabela 14. Volume das raízes (dm³) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	0,030 Aa	0,027 Aa	0,032 Aa	0,030 a
Inoculante comercial para soja	0,027 Aa	0,022 Aa	0,030 Aa	0,026 a
Inoculante para feijão caupi	0,025 Aa	0,027 Aa	0,027 Aa	0,026 a
MT 08	0,027 Aa	0,025 Aa	0,027 Aa	0,026 a
MT 16	0,025 Aa	0,020 Aa	0,030 Aa	0,025 a
MT 15	0,025 Aa	0,032 Aa	0,030 Aa	0,029 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	0,030 Aa	0,030 Aa	0,025ABa	0,028 a
Inoculante trigo + MT 08	0,022 Aa	0,027 Aa	0,035 Aa	0,028 a
Inoculante trigo + MT 16	0,027 Aa	0,020 Aa	0,025 Aa	0,024 a
Inoculante trigo + MT 15	0,025 Aa	0,030 Aa	0,025 Aa	0,026 a
Inoculante trigo + inoculante soja	0,030 Aa	0,025 Aa	0,027 Aa	0,027 a
Testemunha nitrogenada	0,025 Aa	0,030 Aa	0,022 Aa	0,025 a
Testemunha absoluta	0,007 Ab	0,007 Ab	0,007 Ab	0,007 b
$\bar{X}$	0,0251 A	0,0250 A	0,0265 A	0.0255
CV (%)	0,38*			

*Médias Transformadas pela Raiz quadrada de Y + 1.0 Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Zubair et al. (2019), relacionaram o desenvolvimento das raízes a criação de biofilmes na região rizosférica. Isso justifica o maior desenvolvimento do órgão nos tratamentos inoculados, pois os biofilmes promovem boa interação e fornecimento de nutrientes pela sua colônia.

Alexandre et al. (2000) apontam que o crescimento das raízes está notavelmente atribuído a produção de açúcares e ácidos orgânicos envolvidos no ciclo do ácido cítrico dos biofilmes.

No presente estudo, foi verificada uma correlação positiva entre o volume e a massa do sistema radicular e o acúmulo de biomassa. As plantas submetidas aos tratamentos com inoculação desenvolveram-se mais que as testemunhas por apresentarem um sistema radicular mais extenso (Figura 19), que facilita a absorção de nutrientes do solo (Chen et al., 2017).



Figura 19. Volume de raiz de plantas de trigo, cultivar BRS 254 coinoculadas com bactérias nodulíferas

Em estudos com as estirpes de *B. yuanmingense* foi observado a produção de AAC diaminasa, composto capaz de reduzir o nível de etileno nas raízes e promover o desenvolvimento de pelos laterais, possibilitando o maior acúmulo de massa e volume nesse órgão da planta (ESQUIVEL et al., 2013).

A eficiência dos micro-organismos inoculados nas cultivares de trigo está relacionada ao seu potencial genético, mostrando -se terem afinidade com essas estirpes. Para Okon e Labandera-Gonzales (1994), o desenvolvimento das raízes das plantas inoculadas com bactérias associativas está relacionado com a concentração do inoculante e a eficiência genética das estirpes, que influenciam na colonização das raízes.

4.6. Número de espigas

Para o número de espigas aos 40 DAS houve diferença significativa entre os tratamentos, onde destacaram-se o inoculante para feijão caupi e a estirpe MT15 com incremento de 14,91% e 8,38%, respectivamente, sobre a testemunha nitrogenada. A associação do inoculante para trigo + MT15 apresentou 14,58 espigas vaso⁻¹ e inoculante para trigo + inoculante para soja 14,16 espigas por vaso. Os seus respectivos incrementos foram de 6,31% e 3,53% sobre a testemunha nitrogenada.

Houve diferença significativa entre as medias das cultivares, tendo destaque a cultivar BRS 254 com 14,36 espigas por vaso, seguida pela BRS 264 (12,40 espigas por vaso) e BRS 394 (11,28 espigas por vaso), sem diferença significativa entre si (Tabela 15).

Tabela 15. Número de espigas por vaso em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 40 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	16,00 Aa	12,50 A	13,75 Aa	14,08 a
Inoculante comercial para soja	15,75 Aa	12,00 Aa	11,00 Aa	12,91 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	15,00 Aa	13,00 Aa	16,75 Aa	14,91 a
MT 08	14,50 Aa	10,00 Ab	11,75 Aa	12,08 a
MT 16	14,50 Aa	8,75 Bb	13,00 Aa	12,08 a
MT 15	16,75 Aa	16,50 Aa	11,50 Ba	14,91 a
Inoculante trigo + BR 3267	11,75 Ab	15,00 Aa	9,50 Aa	12,08 a
Inoculante trigo + MT 08	12,00 Bb	16,50 Aa	10,25 Ba	12,91 a
Inoculante trigo + MT 16	17,00 Aa	11,50 Ba	9,75 Ba	12,75 a
Inoculante trigo + MT 15	16,00 Aa	14,50 Aa	13,25 Aa	14,58 a
Inoculante trigo + inoculante soja	14,50 Aa	14,00 Aa	14,00 Aa	14,16 a
Testemunha nitrogenada	16,75 Aa	15,00 Aa	9,25 Ba	13,66 a
Testemunha absoluta	6,25 Ac	2,00 AC	3,00 Ab	3,75 b
$\bar{X}$	14,36 A	12,40 B	11,28 B	12,68
CV (%)	27,41			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Na interação, os tratamentos que se destacaram foram a coinoculação inoculante para trigo + MT16 (17 espiga por vaso), testemunha nitrogenada e a

estirpe MT15 (ambas com 16,75 espigas por vaso), todos dentro da cultivar BRS 254. Essa mesma média foi verificada no inoculante para feijão caupi dentro da cultivar BRS 394. As menores médias entre as interações foram verificadas na estirpe MT16 e inoculante para trigo + MT16 com a cultivar BRS 264 e as estirpes MT15, inoculante para trigo + MT08 e inoculante para trigo + MT16, dentro da cultivar BRS394.

Aos 50 DAS, os tratamentos com fontes biológicas também foram eficientes, apresentando médias estatisticamente semelhantes a testemunha nitrogenada. Dentre os tratamentos com inoculantes, a estirpe MT15 apresentou maior média (16,75 espigas por vaso), seguido pela associação do inoculante para trigo + MT15 (16,50 espigas por vaso) e a estirpe de inoculante para feijão caupi (16,41 espigas por vaso) (Tabela 16).

Entre as cultivares a maior média foi da BRS 254 para o número de espigas aos 50 DAS, seguida pela cultivar BRS 264, sem diferença significativa entre ambas.

Na interação, todos os tratamentos com inoculantes dentro da cultivar BRS 254 apresentaram médias estatisticamente iguais a testemunha nitrogenada. Nesse cultivar o inoculante para trigo, MT16, MT15 e a coinoculação de *A. brasilense* + MT16 destacam – se das demais com médias idênticas (18,75 espiga por vaso). As estirpes MT15, inoculante para trigo, inoculante para feijão caupi, sozinhas ou coinoculadas com *A. brasilense*, apresentaram boa aptidão para número de espigas dentro das cultivares BRS 254, BRS 264 e BRS 394

A estirpe MT16 não apresentou bom desempenho com cultivar BRS 264 e a sua relação com as estirpes de inoculante comercial para trigo também não foram positivas, pois o número de espigas reduziu no tratamento com a coinoculação das estirpes associadas quando comparadas ao inoculante comercial isolado. Esse efeito também foi notado na cultivar BRS394.

Tabela 16. Número de espigas por vaso em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 50 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	17,75 Aa	14,25 Ab	15,00 Aa	15,66 a
Inoculante comercial para soja	17,25 Aa	13,00 Ab	13,75Aa	14,66 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	16,50 Aa	17,25 Aa	15,50 Aa	16,41 a
MT 08	17,50 Aa	11,75 Bb	14,00 Ba	14,41 a
MT 16	17,75 Aa	12,75 Ab	15,25 Aa	15,25 a
MT 15	17,75 Aa	17,75 Aa	14,75 Aa	16,75 a
Inoculante trigo + BR 3267	16,50 Aa	17,75 Aa	10,50 Bb	14,91 a
Inoculante trigo + MT 08	15,50 Aa	18,00 Aa	13,75 Aa	15,75 a
Inoculante trigo + MT 16	17,75 Aa	13,75 Ab	14,50 Aa	15,33 a
Inoculante trigo + MT 15	16,25 Aa	17,00 Aa	16,25 Aa	16,50 a
Inoculante trigo + inoculante soja	16,25 Aa	16,50 Aa	14,75 Aa	15,83 a
Testemunha nitrogenada	18,75 Aa	17,75 Aa	15,75 Aa	17,41 a
Testemunha absoluta	4,00 Ab	4,75 Ac	5,00 Ac	4,58 b
$\bar{X}$	16,11 A	14,78 B	13,75 B	14,88
CV (%)	19,72			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Dartora et al. (2016), em seu trabalho com trigo submetido a diferentes tratamentos com *A. brasilense* - Ab-V5, *Herbaspirillum seropedicae* - SmR1 e as bactérias coinoculadas, não observaram efeitos da inoculação entre as estirpes. A AbV5 apresentou média de 13,11 espigas por metro linear, resultado inferior ao observado nesse trabalho. Os resultados superiores apresentados pelas cultivares BRS 254, BRS 264 e BRS 394 estão relacionado ao ganho genético adquirido, que lhe dão bom potencial de produtividade para os solos do cerrado (ALBRECHT et al., 2007).

O bom estado nutricional da planta, ocasionado pela inoculação, reflete diretamente no seu bom desenvolvimento, que está relacionado a sua produtividade de grãos. Ullah e Khan et al. (2017) observaram maior número de espigas quando coinoculados com SRL5 + SRC8 (3,00 espigas/planta) sem diferença significativa para as estirpes isoladas (2,33 na SRL5 e 2,66 na SRC8 espiga planta⁻¹) quando suplementados com 60% da capacidade hídrica. Isso reforça a recomendação de se fazer o manejo adequado da cultura, pois ela foi um relevante para o bom desempenho das estirpes com as cultivares.

Os resultados alcançados nesse estudo corroboram com o de Granados e Gómez et al. (2012), que ao testarem a eficiência da inoculação de *Bradyrhizobium* sp. em cultura de trigo e triticales em campo, eles observaram que o tratamento inoculado não apresentou diferença significativa em relação a testemunha nitrogenada (6 espigas por plantas), mostrando também que as bactérias nodulíferas podem influenciar no desenvolvimento do cereal.

As bactérias promovem o crescimento das plantas através da produção de vários hormônios vegetais (por exemplo, ácido abscísico, etileno, citocininas e auxinas), ácido indol-3-acético, indol-3-etanol e 1-aminociclopropano-1-carboxilato, responsáveis pelo aumento do número de espigas (HAYAT et al., 2010; NAEEM et al., 2018). A oferta desses compostos é importante ao ponto de vista econômico, pois quanto maior o número de espigas, maior será a quantidade de grãos e também a produção em campo.

4.7. Número de perfilhos

Para o número de perfilhos ao 30 DAS, as estirpes coinoculadas de inoculante comercial para trigo + MT15 (17,58 perfilhos), o inoculante para trigo isolado (17,41 perfilho) e a estirpe MT15 isolada (17,16 perfilho), apresentaram incremento de 3,41%, 2,41% e 0,91%, respectivamente, sobre a testemunha nitrogenada (17,0 perfilhos).

Dentre as cultivares, a BRS 254 (16,80 perfilho), foi estatisticamente superior a BRS 264 e BRS 394. As duas últimas com médias estatisticamente iguais (Tabela 17).

Na interação entre os tratamentos, a estirpe MT16 e o inoculante para soja dentro da cultivar BRS 264 e BRS 394, junto as testemunhas absolutas, apresentaram médias inferiores aos demais tratamentos.

Tabela 17. Número médio de perfilhos em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 30 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	19,50 Aa	15,25 Aa	17,50 Aa	17,41 a
Inoculante comercial para soja	18,75 Aa	13,75 Ba	15,00 Ba	15,83 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	17,75 Aa	16,00 Aa	17,50 Aa	17,08 a
MT 08	16,75 Aa	13,75 Aa	15,75 Aa	15,41 a
MT 16	17,75 Aa	12,50 Ba	16,50 Ba	15,58 a
MT 15	18,50 Aa	18,00 Aa	15,00 Aa	17,16 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	17,25 Aa	17,25 Aa	13,25 Aa	15,91 a
Inoculante trigo + MT 08	16,25 Aa	16,75 Aa	14,00 Aa	15,66 a
Inoculante trigo + MT 16	17,25 Aa	14,00 Aa	15,00 Aa	15,41 a
Inoculante trigo + MT 15	18,75 Aa	17,00 Aa	17,00 Aa	17,58 a
Inoculante trigo + inoculante soja	17,25 Aa	16,75 Aa	16,25 Aa	16,75 a
Testemunha nitrogenada	17,75 Aa	18,00 Aa	15,25 Aa	17,00 a
Testemunha absoluta	5,0 Ab	5,0 Ab	5,0 Ab	5,0 b
$\bar{X}$	16,80 A	14,92 B	14,84 B	15,52
CV (%)	19,40			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

A coinoculação de inoculante para trigo + MT15 manteve a maior média (18,83 perfilhos) aos 40 DAS, com incremento de 1,34% sobre a testemunha nitrogenada. A cultivar BRS 254 também manteve o maior número de perfilhos (18,09) para esse período de avaliação (Tabela 18).

Quando analisados de maneira interativa, a maior média foi da coinoculação inoculante para trigo + MT15 (21,25 perfilhos) dentro da cultivar BRS 254. A coinoculação inoculante para trigo + inoculante para caupi dentro da cultivar BRS 394 apresentou a menor média, com 13,00 perfilhos.

Tabela 18. Número médio de perfilhos de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 40 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	18,25 Aa	15,75 Ab	19,00 Aa	17,66 a
Inoculante comercial para soja	20,00 Aa	15,25 Ab	15,75 Aa	17,00 a
Inoculante para feijão caupi	19,25 Aa	19,25 Aa	16,50 Aa	18,33 a
MT 08	18,25 Aa	15,50 Ab	17,00 Aa	16,91 a
MT 16	19,25 Aa	14,00 Ab	17,00 Aa	16,75 a

MT 15	20,25 Aa	20,25 Aa	17,00 Aa	19,16 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	19,00 Aa	19,25 Aa	13,00 Ba	17,08 a
Inoculante trigo + MT 08	16,75 Aa	19,25 Aa	16,50 Aa	17,50 a
Inoculante trigo + MT 16	20,00 Aa	15,00 Ab	17,50 Aa	17,50 a
Inoculante trigo + MT 15	21,25 Aa	17,25 Aa	18,00 Aa	18,83 a
Inoculante trigo + inoculante soja	18,50 Aa	18,25 Aa	18,75 Aa	18,50 a
Testemunha nitrogenada	19,50 Aa	19,00 Aa	17,25 Aa	18,58 a
Testemunha absoluta	5,0 Ab	5,0 Ac	5,0 Ab	5,0 b
$\bar{X}$	18,09 A	16,38 B	16,01 B	16,83
CV (%)	20,34			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Aos 50 DAS, todos os tratamentos foram estatisticamente superiores a testemunha absoluta, apresentando – se positivamente eficiente na formação de perfilhos. Dentre esses tratamentos, o inoculante para trigo + MT15 e inoculante para trigo + inoculante para feijão caupi apresentaram as menores médias.

Dentro as cultivares, a BRS 254 manteve o maior número de perfilho aos 50 DAS (16,90), com diferença significativa da BRS 264 e BRS 394.

Na interação entre os tratamentos, o inoculante para feijão caupi, a estirpe MT 15, o inoculante para trigo + MT 08, inoculante para trigo + MT 16 e inoculante para trigo + inoculante para soja, foram eficientes na formação de perfilhos dentro das três cultivares estudadas (Tabela 19).

Tabela 19. Número médio de perfilhos de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico, aos 50 DAS.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	18,75 Aa	14,00 Ab	16,50 Aa	16,41 a
Inoculante comercial para soja	18,50 Aa	13,50 Ab	15,50 Aa	15,83 a
Inoculante para feijão caupi	17,75 Aa	17,75 Aa	16,25 Aa	17,25 a
MT 08	17,75 Aa	13,75 Ab	16,25 Aa	15,91 a
MT 16	18,00 Aa	13,25 Ab	16,50 Aa	15,91 a
MT 15	18,25 Aa	19,00 Aa	15,50 Aa	17,58 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	17,50 Aa	19,00 Aa	12,50 Ba	16,25 a
Inoculante trigo + MT 08	15,75 Aa	18,50 Aa	14,50 Aa	16,25 a
Inoculante trigo + MT 16	19,50 Aa	15,00 Aa	15,25 Aa	16,58 a
Inoculante trigo + MT 15	17,75 Aa	18,25 Aa	11,25 Ba	15,75 a
Inoculante trigo + inoculante soja	17,25 Aa	17,75 Aa	18,00 Aa	17,66 a
Testemunha nitrogenada	19,00 Aa	19,00 Aa	17,75 Aa	18,58 a

Testemunha absoluta	4,00 Ab	4,75 Ac	4,00 Ab	4,25 b
$\bar{X}$	16,90 A	15,62 B	14,57 B	15,71
CV (%)	20,14			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Os resultados deste trabalho indicam que a coinoculação é mais eficiente na formação de perfilhos para as cultivares BRS 254, BRS264 e BRS 394. Ullah et al. (2017), em seu trabalho de coinoculação em lentilha, observaram maior número de perfilhos no tratamento coinoculados (SRL5 + SRC8), com média de 4,33 perfilhos planta⁻¹, se diferenciando das estirpes isoladas e testemunha absoluta (2,33 perfilhos planta⁻¹)

Pérez e Bernilla (2015), em seu trabalho com inoculação de estirpes de *R. etli* e *B. yuanmingense*, de forma isoladas e associadas, em plantas de arroz, observaram que a coinoculação também promoveu maior número de perfilhos e o tratamento com cepas d *B. yuanmingense* foi superior ao *R. etli* e a testemunha nitrogenada após os 36 e 56 dias de transplântio , concluindo que a cionoculação estimula uma maior absorção de nitrogênio na forma amoniacal.

Já Bonadiman et al. (2018), ao estudarem o número de perfilhos do azevém submetido a inoculação com *A. brasilense*, não encontraram resultados satisfatórios, observando que o maior número de perfilhos se expressou no tratamento de inoculante + 50% de adubação nitrogenada para esse tipo de gramínea (64,81 perfilho vaso⁻¹) .

4.8. Número de espiguetas

Para a variável número de espiguetas por espiga, os tratamentos com biofertilizantes foram estatisticamente semelhantes a testemunha nitrogenada e apresentaram-se mais eficientes quando comparados a testemunha absoluta.

Dentre as cultivares, a BRS 264 e BRS 254 (11,36 e 11,05 espiguetas, respectivamente) foram estatisticamente semelhantes e destacaram-se da BRS 394 (9,46 espiguetas).

Nas interações, todos os tratamentos com inoculação dentro de todas as cultivares foram estatisticamente semelhantes a testemunha nitrogenada, exceto

o inoculante trigo + inoculante para feijão caupi e o inoculante trigo + MT15, ambos dentro da cultivar BRS394. (Tabela 20).

Tabela 20. Média do número de espiguetas em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	10,89 Aa	13,33 Aa	10,37 Aa	11,53 a
Inoculante comercial para soja	13,28 Aa	10,94 Aa	8,65 Aa	10,95 a
Inoculante para feijão caupi	11,84 Aa	9,80 Aa	12,29 Aa	11,31 a
MT 08	11,75 Aa	10,98 Aa	10,48 Aa	11,07 a
MT 16	11,15 Aa	11,11 Aa	10,15 Aa	10,80 a
MT 15	10,12 Aa	10,12 Aa	10,03 Aa	10,09 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	10,82 Aa	13,12 Aa	7,54 Ba	10,49 a
Inoculante trigo + MT 08	9,77 Aa	13,70 Aa	9,60 Aa	11,02 a
Inoculante trigo + MT 16	11,57 Aa	10,18 Aa	10,00 Aa	10,58 a
Inoculante trigo + MT 15	11,70 Aa	13,86 Aa	7,08 Ba	10,88 a
Inoculante trigo + inoculante soja	11,06 Aa	11,43 Aa	11,19 Aa	11,23 a
Testemunha nitrogenada	14,19 Aa	13,69 Aa	11,15 Aa	13,01 a
Testemunha absoluta	5,50 Ba	5,47 Ba	4,50 Ba	5,15 b
$\bar{X}$	11,05 A	11,36 A	9,46 B	10,62
CV (%)	15,93*			

*Médias Transformadas pela Raiz quadrada de $Y + 1.0$. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

O número de espiguetas reflete diretamente no número de grãos e na produtividade da cultura. Os tratamentos com inoculação nas cultivares apresentando – se como boa alternativa econômica para suplementação de nitrogênio. Apesar dos tratamentos biofertilizados serem estatisticamente semelhantes ao testemunha nitrogenada, mas apresentaram menor número de espiguetas, ainda são boas alternativas para fertilização, pois acaba sendo eficiente na relação custo benefício. Para Hungria (2011), a inoculação em gramíneas pode trazer uma economia de US\$ 2 bilhões por ano para os produtores do Brasil.

Os resultados apresentados nesse trabalho corroboram com os resultados de Feldmann et al. (2018), que verificaram diferença significativa na quantidade de grãos por espiga entre as três cultivares de trigo inoculadas com

A. brasilense. Isso reforçam a confiança dos produtores em relação a inoculação com inoculantes recomendados pelo MAPA.

As associações das estirpes podem refletir em resultados positivos ou não. Nesse trabalho as coinoculações foram positivas, pois apresentaram – se estatisticamente semelhante a inoculação isolada. Esse resultado é entendido como um relação mutualística entre o *Azospirillum brasilense* e os rizóbios testados, que resultou em efeitos positivos para as cultivares.

No trabalho de Dartora et al. (2016), o tratamento com as estirpes coinoculadas SmR1 + AbV5 apresentou menor rendimento em número de grãos por espiga, e as bactérias em efeito isolado, apresentaram médias superiores.

Apesar da boa aptidão produtiva das cultivares testadas, o número de espiguetas foi baixo quando comparados com o trabalho de Munareto et al. (2019), que avaliando a inoculação de *A. brasilense* em três diferentes cultivares de trigo em campo, não observaram diferença significativa no número de espiguetas quando comparados ao controle, porém médias superiores a esse trabalho (16 espiguetas).

4.9. Massa seca total e razão entre a massa seca da parte aérea e raiz

Não foi observado diferença significativa para variável razão entre massa seca e parte aérea.

Na variável massa seca total, os tratamentos correspondentes às estirpes MT15 (23,10 g vaso⁻¹) e inoculante para trigo + MT15 (23,02 g vaso⁻¹) apresentaram incremento de 1,47% e 1,12%, respectivamente, sobre a testemunha nitrogenada (22,7 g vaso⁻¹), sendo as mais eficientes para o acúmulo de massa vegetal.

A massa seca total das cultivares não apresentam diferença significativa.

Na interação entre os tratamentos, a maior média observada foi do inoculante para trigo (*A. brasilense*) dentro da cultivar BRS 254 (24,95 g vaso⁻¹), seguido pelo inoculante para trigo + MT15 (24,77 g vaso⁻¹) e a MT15 isolada (24,47 g vaso⁻¹), ambos dentro da cultivar BRS 264. As menores médias, depois

das testemunhas absolutas, foram do inoculante para trigo + inoculante para feijão caupi (17,00 g vaso⁻¹) dentro da cultivar BRS 394 e MT16 dentro da cultivar BRS 264 (Tabela 21).

e superior a testemunha absoluta após a maturidade fisiológica das plantas.

Tabela 21. Massa de seca total (g vaso⁻¹) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	24,95 Aa	18,77 Ab	24,07 Aa	22,60 a
Inoculante comercial para soja	23,45 Aa	19,12 Ab	18,82 Aa	20,46 a
Inoculante para feijão caupi	22,42 Aa	22,60 Aa	22,35 Aa	22,45 a
MT 08	20,90 Aa	16,67 Ab	20,52 Aa	19,36 a
MT 16	23,40 Aa	15,20 Bb	21,07 Aa	19,89 a
MT 15	23,07 Aa	24,47 Aa	21,75 Aa	23,10 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	22,05 Aa	24,00 Aa	17,00 Aa	21,01 a
Inoculante trigo + MT 08	21,87 Aa	23,52 Aa	20,25 Aa	21,88 a
Inoculante trigo + MT 16	21,52 Aa	17,02 Ab	22,02 Aa	20,19 a
Inoculante trigo + MT 15	24,10 Aa	24,77 Aa	20,20 Aa	23,02 a
Inoculante trigo + inoculante soja	23,00 Aa	23,62 Aa	21,45 Aa	22,69 a
Testemunha nitrogenada	24,10 Aa	21,75 Aa	22,45 Aa	22,76 a
Testemunha absoluta	1,22 Ab	1,17 Ac	1,15 Ab	1,18 b
$\bar{X}$	21,23 A	19,44 A	17,47 A	20,04
CV (%)	23,21			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

A massa seca total esta relacionado ao desenvolvimento da parte aérea e radicular da planta, reflexo da suplementação de nitrogênio e hormônios de crescimento disponibilizado pelas estirpes estudadas, até a planta completar seu ciclo fisiológico, conforme descrito por Didonet et al. (1996), que ao avaliar o acúmulo de massa seca total de plantas de trigo inoculadas com diferentes estirpes de *A. brasilense* na região de Passo Fundo, RS, verificaram produção estatisticamente idênticas a testemunha nitrogenada.

O acúmulo de massa seca é visto com bom indicativo de produtividade da planta, pois relaciona – se ao maior número de folhas e boa disponibilidade hídrica, refletindo na produção de maior quantidade de fotoassimilados para

armazenar nos grãos. Os tratamentos com inoculação e coinoculação foram suficientes para isso. No trabalho de Kumar et. al. (2017), o peso total de matéria seca por vaso no tratamento coinoculados com *Enterobacter* + *S. marcescens* foi de 40,84 g, com diferença significativa da bactéria *S. marcescens* (38,17 g) e sem diferença entre a *Enterobacter* isolada (39,50 g).

Prando et al. (2019), comparando a massa seca da parte aerea de plantas de trigo inoculada com *A. brasilense*, observaram que os tratamentos inoculados não diferenciaram – se estatisticamente, com 8,498 kg ha⁻¹ no tratamentos com adubação biológica e 8,324 kg ha⁻¹ na testemunha absoluta.

4.10. Concentração, acúmulo de nitrogênio e proteína bruta nos grãos

Verificou-se diferença significativa na concentração de nitrogênio nos grãos. Os tratamentos inoculante trigo + MT16 (41,00 g kg⁻¹), MT 15 (40,48 g kg⁻¹), inoculante trigo + inoculante para feijão caupi (40,89 g kg⁻¹) e inoculante trigo + MT 15 (40,77 g kg⁻¹) foram estatisticamente semelhantes a testemunha nitrogenada (41,24 g kg⁻¹). As testemunhas absolutas não produziram grãos.

Dentre as cultivares, a BRS 264 e BRS 394 apresentaram médias estatisticamente idênticas (37,14 g kg⁻¹ e 36,67 g kg⁻¹) e superiores a BRS 264 (Tabela 22).

Na interação entre os tratamentos, as melhores médias foram do inoculante para trigo + MT16 dentro das cultivares BRS 254 (43,75 g kg⁻¹) e BRS 264 (42,87 g kg⁻¹), e o inoculante para trigo + MT15 dentro da cultivar BRS 264 (42,70 g kg⁻¹). As menores médias observadas foram do inoculante para trigo (*B. Japonicum*) e inoculante para feijão cupi dentro da cultivar BRS 254.

Tabela 22. Concentração de nitrogênio (g kg⁻¹) nos grãos de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	35,00 Ab	38,85 Aa	39,20 Aa	37,68 b
Inoculante comercial para soja	35,17 Bb	40,25 Aa	40,42 Aa	38,61 b
Inoculante para feijão caupi	35,00 Ab	40,25 Aa	38,85 Aa	38,03 b
MT 08	39,02 Aa	40,25 Aa	38,50 Aa	39,25 b
MT 16	37,45 Ab	36,92 Aa	41,12 Aa	38,50 b
MT 15	39,20 Aa	41,82 Aa	40,42 Aa	40,48 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	38,50 Aa	42,00 Aa	42,17 Aa	40,89 a
Inoculante trigo + MT 08	40,60 Aa	38,67 Aa	37,45 Aa	38,90 b
Inoculante trigo + MT 16	43,75 Aa	42,87 Aa	36,40 Ba	41,00 a
Inoculante trigo + MT 15	37,97 Ab	42,70 Aa	41,65 Aa	40,77 a
Inoculante trigo + inoculante soja	39,37 Aa	37,97 Aa	38,74 Aa	38,69 b
Testemunha nitrogenada	41,65 Aa	40,25 Aa	41,82 Aa	41,24 a
Testemunha absoluta	0 Ac	0 Ab	0 Ab	0 c
$\bar{X}$	35,59 B	37,14 A	36,67 A	36,46
CV (%)	8,91			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Kumar et. al. (2017) ao verificarem a atividade promotora de crescimento em cepas de bactérias rizosférica de arroz e trigo, observaram que a absorção de N pelo trigo é aumentada pela inoculação e coinoculação de bactérias promotoras de crescimento, ao comparar os resultados dos seus tratamentos com o controle. A coinoculação de *Enterobacter* + *S. marcescens* + *M. arborescens* aumentou a absorção do nutriente em até 127%.

A concentração de nitrogênio dos grãos nesse trabalho, foi superior ao apresentado pelo trabalho de Prando et. al. (2019) com trigo BRS Tangará, inoculada com *A. brasilense* (30,31 g kg⁻¹). Esses autores não observaram diferença significativa em relação a testemunha absoluta (29,69 g kg⁻¹).

Na variável proteína bruta dos grãos, o inoculante trigo + MT16 (233,08 g kg⁻¹), MT 15 (230,75 g kg⁻¹), inoculante trigo + inoculante para feijão caupi (233,08 g kg⁻¹) e inoculante trigo + MT 15 (232,91 g kg⁻¹) foram estatisticamente semelhantes a testemunha nitrogenada (235,07 g kg⁻¹) e superiores ao inoculante comercial para trigo (214,79 g kg⁻¹) A estirpe MT15 apresentou

incremento de 8,47% sobre o inoculante para trigo e 5,3% sobre o inoculante para soja (Tabela 23).

Tabela 23. Proteína bruta (g kg⁻¹) nos grãos de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	199,50 Ab	221,44 Aa	223,44 Aa	214,79 b
Inoculante comercial para soja	200,49 Bb	229,42 Aa	230,42 Aa	220,79 b
Inoculante para feijão caupi	199,50 Ab	229,42 Aa	221,44 Aa	216,79 b
MT 08	222,44 Aa	229,42 Aa	219,45 Aa	223,77 b
MT 16	213,46 Ab	210,47 Aa	234,41 Aa	219,45 b
MT 15	223,44 Aa	238,40 Aa	230,42 Aa	230,75 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	219,45 Aa	239,40 Aa	240,39 Aa	233,08 a
Inoculante trigo + MT 08	231,42 Aa	220,44 Aa	213,45 Aa	221,77 b
Inoculante trigo + MT 16	249,37 Aa	244,38 Aa	207,48 Ba	233,08 a
Inoculante trigo + MT 15	216,45 Ab	243,39 Aa	237,40 Aa	232,41 a
Inoculante trigo + inoculante soja	224,43 Aa	216,45 Aa	220,84 Aa	220,58 b
Testemunha nitrogenada	237,40 Aa	229,42 Aa	238,40 Aa	235,07 a
Testemunha absoluta	0 Ac	0 Ab	0 Ab	0 c
$\bar{X}$	202,87 B	211,70 A	209,04 A	207,87
CV (%)	8,91			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Entre as cultivares, a BRS 264 e BRS 394 (211,7 g kg⁻¹ e 209,04 g kg⁻¹, respectivamente) foram estatisticamente semelhantes e destacaram – se da BRS 254 (202,87 g kg⁻¹).

Na interação entre os tratamentos a coinoculação inoculante para trigo + MT16 com a cultivar BRS 254 apresentou maior média (249,3 g kg⁻¹), seguida pelo inoculante para trigo + MT16 (244,38 g kg⁻¹) e inoculante para trigo + MT15 (243,39 g kg⁻¹) com a cultivar BRS 264.

No trabalho de Didonet et al. (1996), o acúmulo de nitrogênio nos grãos de trigo tratados com *A. basiliense* foram estatisticamente idênticos ao tratamento com testemunha nitrogenada, apresentando um incremento de até 36,9 % de N-total do grãos em relação a testemunha absoluta.

Ferreira et al. (1987) atribui o aumento de nitrogênio nos tecidos vegetais a redução de nitrato realizado pelas bactérias associativas da região rizoférica

do trigo. O aumento de nitrogênio nos tecidos podem refletir no aumento de proteína bruta de grãos, refletindo diretamente na sua qualidade. Esse fator é importante para os produtores, pois grãos com qualidade superiores tem melhor preço de venda.

No acúmulo total de nitrogênio nos grãos, os tratamentos com fonte de nitrogênio não apresentaram diferença significativa entre si. A estirpe inoculante para trigo + MT15 (228,61 g kg⁻¹) foi a maior depois da testemunha nitrogenada (277,30 g kg⁻¹) (tabela 24).

Tabela 24. Acúmulo total de nitrogênio (g kg⁻¹) nos grãos de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	198,95 Aa	204,87 Aa	211,27 Aa	205,03 a
Inoculante comercial para soja	243,88 Aa	168,05 Aa	180,51 Aa	197,48 a
Inoculante para feijão caupi	216,05 Aa	204,34 Aa	250,67 Aa	223,69 a
MT 08	237,24 Aa	170,74 Ba	203,71 Aa	203,89 a
MT 16	219,20 Aa	172,49 Aa	215,86 Aa	202,52 a
MT 15	203,19 Aa	217,72 Aa	208,11 Aa	209,67 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	211,59 Aa	287,24 Aa	127,39 Ba	208,74 a
Inoculante trigo + MT 08	198,98 Aa	276,51 Aa	180,55 Aa	218,68 a
Inoculante trigo + MT 16	263,52 Aa	189,90 Aa	187,42 Aa	213,61 a
Inoculante trigo + MT 15	230,48 Aa	301,90 Aa	152,21Aa	228,61 a
Inoculante trigo + inoculante soja	226,17 Aa	217,73 Aa	226,84 Aa	223,58 a
Testemunha nitrogenada	305,93 Aa	283,22 Aa	242,74 Aa	277,30 a
Testemunha absoluta	0 Ab	0 Ab	0 Ab	00 b
$\bar{X}$	211,94 A	207,28 A	183,63 A	200,95
CV (%)	26,82*			

*Médias Transformadas pela Raiz quadrada de Y + 1.0. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Dentre as cultivares a BRS 254 apresentou acúmulo de 211,94 g kg⁻¹ nitrogênio nos grãos, sem diferença significativa da BRS 264 e BRS 394.

Na interação entre os tratamentos, a testemunha nitrogenada dentro da cultivar BRS 254 apresentou a maior média (305,93 g kg⁻¹), seguida pela coinoculação inoculante para trigo + MT15 dentro da BRS 264 (301,90 g kg⁻¹). O tratamento inoculante para trigo + MT15 com a cultivar BRS 394 apresentou a menor média entre os tratamentos, com 152,21 g kg⁻¹.

As estirpes estudadas nesse trabalho apresentam – se eficientes na formação de compostos nitrogenados que compõe os tecidos da planta e melhora a qualidade dos grãos, ocasionado pelo acúmulo de proteínas, onde as estirpes associadas simbioticamente ganham destaque, com maior formação de compostos nitrogenados a serem assimilado pela planta na formação dos grãos (BORGES, et al.; 2007).

As coinoculações, de maneira geral, refletiram na melhor qualidade dos grãos, devido a riqueza de fito assimilados e boa identificação genética das cultivares com as bactérias e o equilíbrio mutualístico entre elas. Askary et. al. (2009), ao avaliar a eficiência da inoculação de *Rhizobium meliloti* e *Azospirillum brasilense* na cultura de trigo, relataram que a associação das cepas teve médias superiores na concentração de N ($19,56 \text{ mg g}^{-1}$) e o *Rhizobium* inoculado isoladamente foi similar a testemunha nitrogenada ($15,78 \text{ mg g}^{-1}$).

4.11. Peso de 100 grãos e peso total dos grãos

Na variável peso de 100 grãos houve diferença significativa entre os tratamentos. O inoculante para trigo apresentou rendimento maior, com média de 2,8043 g, seguido pela inoculante para feijão caupi, com 2,7886 g e a coinoculação de inoculante para trigo + MT15, com 2,7702 g. Os seus respectivos incrementos sobre a testemunha nitrogenada foram de 3,07%, 2,59% e 1,92% (Tabela 25).

Tabela 25. Peso de 100 grãos (g vaso^{-1}) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	2,7097 Aa	2,7342 Aa	2,9690 Aa	2,8043 a
Inoculante comercial para soja	2,6867 Aa	2,1190 Aa	2,8960 Aa	2,5672 a
Inoculante para feijão caupi	2,7260 Aa	2,7285 Aa	2,7915 Aa	2,7886 a
MT 08	2,5480 Aa	2,0310 Aa	2,7140 Aa	2,4310 a
MT 16	2,8595 Aa	2,1855 Aa	2,2907 Aa	2,5451 a
MT 15	2,6185 Aa	2,8620 Aa	2,6745 Aa	2,7183 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	2,6465 Aa	2,7392 Aa	2,0657 Aa	2,4838 a
Inoculante trigo + MT 08	2,6642 Aa	2,4165 Aa	2,8405 Aa	2,6404 a

Inoculante trigo + MT 16	2,6550 Aa	2,2387 Aa	2,8207 Aa	2,5715 a
Inoculante trigo + MT 15	2,6320 Aa	2,9282 Aa	2,7505 Aa	2,7702 a
Inoculante trigo + inoculante soja	2,8190 Aa	2,7742 Aa	2,5662 Aa	2,7198 a
Testemunha nitrogenada	2,7475 Aa	2,7622 Aa	2,6445 Aa	2,7180 a
Testemunha absoluta	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 b
$\bar{X}$	2,4855 A	2,3476 A	2,4864 A	2,4398
CV (%)	24,18			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). *Não significativo

Para as cultivares não houve diferença significativa. As maiores médias foram das cultivares BRS254 e BRS394.

Na combinação entre os tratamentos foi observado diferença significativa em comparação as testemunhas. A cultivar BRS 394 associada ao inoculante para trigo e inoculante para soja, destacou – se das demais, com pesos de 2,9690 g e 2,8960 g, respectivamente. Médias relevantes também foram registradas para estirpe MT16 dentro da cultivar BRS 254 (2,8595 g vaso⁻¹) e inoculante para trigo + MT08 dentro da cultivar BRS 394 (2,8405 g vaso⁻¹).

Guimarães et. al. (2015) em seu trabalho, descrevem que a estirpe MTb3 (similar à *Burkholderia* spp.) teve incremento superior de 7% sobre a testemunha nitrogenada, sendo superior, até mesmo, do inoculante comercial para trigo.

Resultados similares foram encontrados por Ulla et al. (2017), para o peso de 100 grãos. Eles observaram maior massa no tratamento coinoculado (SRL5 + SRC8 = 3,43 g), seguido pela estirpe SRC8 (3,12 g), SRL5 (2,91 g) e testemunha absoluta (2,45 g).

Os resultados apresentados com Dartora et al. (2016), trabalhando com *A. brasilense* - Ab-V5, *Herbaspirillum seropedicae* - SmR1 e a associação das bactérias, corrobora com esse trabalho. Eles observaram diferença significativa entre os tratamentos para o peso de 1000 grãos, com maior média para *A. brasilense* (32,54 g).

Os resultados apresentados por esse trabalho evidenciaram a eficiência produtiva das estirpes testadas para as três cultivares, possibilitando bom retorno produtivo aos tricultores.

No peso total dos grãos, depois da testemunha nitrogenada (6,7616g), o inoculante para feijão caupi (5,8766 g) e a coinoculação de *A. brasilense*

(inoculante para trigo) + *B. japonicum* (inoculante para soja) destacaram – se dos demais. A testemunha nitrogenada apresentou rendimento superior de 13,08% e 13,75% sobre esses tratamentos (Tabela 26).

Tabela 26. Peso total dos grãos (g vaso⁻¹) de cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico.

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	5,6775 Aa	5,3075 Aa	5,3900 Aa	5,4583 a
Inoculante comercial para soja	6,9025 Aa	4,1800 Aa	4,4775 Aa	5,1866 a
Inoculante para feijão caupi	6,1650 Aa	5,0900 Aa	6,3750 Aa	5,8766 a
MT 08	6,0975 Aa	4,3300 Aa	5,4575 Aa	5,2950 a
MT 16	5,8000 Aa	4,9275 Aa	5,2800 Aa	5,3358 a
MT 15	5,2625 Aa	5,2500 Aa	5,2025 Aa	5,2383 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	5,6375 Aa	6,8275 Aa	3,0000 Bb	5,1550 a
Inoculante trigo + MT 08	5,0950 Aa	7,1350 Aa	4,9775 Aa	5,7358 a
Inoculante trigo + MT 16	6,0000 Aa	4,4425 Aa	5,2025 Aa	5,2150 a
Inoculante trigo + MT 15	6,0900 Aa	7,1900 Aa	3,6750 Aa	5,6516 a
Inoculante trigo + inoculante soja	5,7300 Aa	5,9475 Aa	5,8175 Aa	5,8316 a
Testemunha nitrogenada	7,3675 Aa	7,1175 Aa	5,8000 Aa	6,7616 a
Testemunha absoluta	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 b
$\bar{X}$	5,5250 A	5,2111 A	4,6657 A	5,1339
CV (%)	19,70 *			

*Médias Transformadas pela Raiz quadrada de $Y + 1.0$. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). **Não significativo.

Na interação entre os tratamentos, a testemunha nitrogenada apresentou produção superior aos demais dentro das cultivares BRS 254 (7,3675 g) e BRS 264 (7,1175 g). A associação entre as estirpes inoculante para trigo + MT15 dentro da cultivar BRS 264 foi a segunda maior produção (7,1900 g), seguida pela inoculante para trigo + MT08. O inoculante para trigo + MT15 dentro da cultivar BRS 394 apresentou a menor produção, com média de 3,6752 g.

Esses resultados estão de acordo com Dartora et. al. (2016), onde os tratamentos com as estirpes *A. brasilense* - Ab-V5, *Herbaspirillum seropedicae* - SmR1 e as bactérias associadas apresentaram resultados superiores a

testemunha absoluta com incremento de até 909,9 kg ha⁻¹ devido ao aumento da absorção de nitrogênio pela planta.

Baschan e De-Baschan (2010), relata que os bons efeitos provenientes da associação rizosférica com a *Azospirillum* spp., se devem ao aumento de pelos radiculares devido a produção de fitohormônios, como as auxinas, que melhoram o desempenho morfológico e fisiológico dos tecidos contribuindo para uma maior absorção de nutrientes. Isso justifica a boa produção das cultivares com as estirpes estudadas.

Dalla Santa et Al. (2008), observou em seu trabalho que a associação de *Azospirillum* inoculado em sementes de trigo proporcionou rendimento 23,9% superior a testemunha absoluta.

As rizobactérias nodulíferas são uma eficiente alternativa na substituição da adubação nitrogenada e inoculante para gramínea na cultura do trigo, conforme demonstrado por esse trabalho e por Kumar et al. (2017), onde o rendimento total de grãos por vaso foi de 11,26 g para o tratamento coinoculados com *M. Aborescens* + *Enterobacter* com diferença significativa do tratamento de estirpe isolada de *M. arborescens*, com 5,88 g.

Didonet, Rodrigues e Kenner (1996), ao estudarem o acúmulo de massa seca em plantas de trigo inoculados com *A. brasilense*, relataram que a planta faz a remobilização do nitrogênio das folhas para os grãos na fase de enchimento.

Grageda-Cabrera et. al. (2018), ao submeter a variedade de trigo Nana sob diferentes tratamentos para suprimento de N no baixo México, verificaram que o *Bacillus* sp apresentar menor rendimento de grãos do que as *Pseudomonas*, e a testemunha nitrogenada na dose de 100%.

Os tratamentos com fertilização biológica impactaram positivamente na produção de grãos das cultivares, sendo um alternativa economicamente eficiente para os produtores de trigo.

4.12. Eficiência Relativas das Estirpes

Na eficiência do desenvolvimento das plantas, a estirpe MT15 apresentou rendimento superior a testemunha nitrogenada (102,39%). O rendimento do inoculante para soja (*B. japonicum*) foi inferior ao do inoculante para trigo (Tabela 27).

Tabela 27. Eficiência relativa (%) de rizóbios coinoculados em cultivares de trigo em Latossolo Vermelho distrófico

Tratamentos	Cultivares			$\bar{X}$
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	
Inoculante comercial para trigo	113,50 Aa	74,13 Bb	97,41 Aa	95,02 a
Inoculante comercial para soja	102,01 Aa	95,68 Aa	85,63 Aa	94,44 a
Inoculante para feijão caupi	93,39 Aa	105,17 Aa	91,38 Aa	96,64 a
MT 08	87,35 Aa	69,83 Ab	88,21 Aa	81,80 a
MT 16	97,13 Aa	64,37 Ab	90,51 Aa	84,00 a
MT 15	104,88 Aa	109,19 Aa	93,10 Aa	102,39 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	93,39 Aa	97,70 Aa	74,42 Aa	88,50 a
Inoculante trigo + MT 08	86,49 Aa	93,96 Aa	84,48 Aa	88,31 a
Inoculante trigo + MT 16	91,95 Aa	71,26 Ab	100,86 Aa	88,02 a
Inoculante trigo + MT 15	97,41 Aa	98,56 Aa	95,40 Aa	97,12 a
Inoculante trigo + inoculante soja	98,85 Aa	99,42 Aa	89,94 Aa	96,07 a
$\bar{X}$	96,94 A	89,02 A	90,12 A	
CV (%)	23,15			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Ullah et al. (2017) relataram a P-solubilização, produção de ácido orgânicos, sideróforos, IAA, atividade positiva de oxidase e catalase em estirpes de *Rhizobium* inoculadas em trigo. Essas substâncias atuam direta ou indiretamente no desenvolvimento da planta (TAIZ, L. e ZEIGER, 2009)

Entre as interações, o tratamento de maior eficiência foi o inoculante para trigo (*A. brasilense*) dentro da cultivar BRS 254 (113,50%) e a MT15 dentro da cultivar BRS 264 (109,19%). A MT16 (64,37%) e MT08 (69,83%), ambas dentro da cultivar BRS 264 foram os tratamentos com menor eficiência no desenvolvimento das plantas, conforme apontado na tabela 27.

Para Feldmann e Bredemeier et al. (2018), a resposta da cultivar a inoculação esta relacionada ao genotipo utilizado e aos baixos níveis de matéria orgânica no solo. Essa afirmação foi reforçada pelo presente trabalho, onde as

cultivares apresentaram -se eficientes com os tratamentos inoculados e coinoculados.

A boa eficiência de plantas inoculadas com bactérias associativas esta relacionado a alteração metabólica provocada pela lectina que sinaliza a simbiose entre plantas de trigo e bactérias, que induz a NO sintase, NADPH oxidase nas raízes e influencia a atividade fotossintética da planta, impactando no ganho energético da planta (ALEN'KINA et al., 2014).

5. CONCLUSÃO

As estirpes bacterianas estudadas possuem boa especificidade com as três cultivares de trigo.

As bactérias nodulíferas apresentaram desempenho semelhantes ao inoculante comercial para trigo.

As coinoculações refletiram na melhor qualidade dos grãos.

6. REFERÊNCIAS

ABITRIGO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO TRIGO. **O Triticulor e o Mercado**. São Paulo - SP, julho de 2011.

ABITRIGO. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE TRIGO. **A história do trigo na humanidade**. São Paulo – SP. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/trigo-na-historia.php>. Acesso em 12 de setembro de 2018

ABITRIGO. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE TRIGO. **Conhecimentos relacionados ao trigo**. São Paulo – SP. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/conhecimentotrigo>>. Acesso em: outubro 2019
Acesso em: novembro de 2018.

ALEXANDRE, G.; GREER, S.; ZHULIN, I. Energy taxis is the dominant behavior in *Azospirillum brasilense*, **Journal of Bacteriology**, 182(21), 6042-6048 (2001).

ALLEN'KINA, S.A.; BOGATYREV, V.A.; MATORA, L.Y.; et. al. Efeitos dos sinais da lectina da bactéria associativa fixadora de nitrogênio *Azospirillum brasilense* Sp7 nas interações entre bactérias e plantas. **Plant and soil**, v.381, p.337-349, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2125-6>

ALMEIDA, M.S.C. **Amendoim inoculado com estirpes de rizóbios em Latossolo do Cerrado mato – grossense**. p73. Dissertação (Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis – MT, 2017.

ALVES, C. J.; ARF, O.; RAMOS, A. F.; GALINDO, F. S.; NOGUEIRA, L. M.; RODRIGUES, R. A. F. Irrigated wheat subjected to inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen doses as top-dressing. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 8, p. 537-542, 2017. ISSN 1807-1929.

ARAÚJO, F. F. D. Cultivo em escala Comercial. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. **Manual de Métodos Empregados em Estudos de Microbiologia Agrícola**. Brasília: [s.n.], p. 145 – 155, 1994.

ASKARY, M.; MOSTAJERAN, A.; AMOOAGHAEI, R.; MOSTAJERAN, M. Influence of the Co-inoculation *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium meliloti* plus 2,4-D on Grain Yield and N, P, K Content of *Triticum aestivum* (Cv. Baccros and Mahdavi). **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 5, n. 3, p. 296-307, 2009. ISSN 1818-6769.

BALDANI, J.I.; AZEVEDO, M.S.; REIS, V.M.; TEIXEIRA, K.R.S.; OLIVARES, F.L.; GOI, S.R.; BALDANI, V.L.D. & DÖBEREINER, J. Fixação biológica de nitrogênio em gramíneas: Avanços e aplicações. In: SIQUEIRA, J.O. et al., eds. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999, p.621-666.

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.

BALDANI, J.I.; CARUSO, L.; BALDANI, V.L.D.; GOI, S.R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in BFN with non-legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.911-922, 1997.

BALDANI, V.L.D. **Efeito da inoculação de *Herbaspirillum* spp. no processo de inoculação e infecção de plantas de arroz e, ocorrência e caracterização parcial de uma nova bactéria diazotrófica** (Tese de Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 265p., 1996

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S. and HUNGRIA, M.. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. 1998, vol.22, n.4. ISSN 1806-9657

BASCHAN, Y.; DE-BASCHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 77-136, 2010. ISSN 0065-2113.

BASHAN, Y.; DE-BASHAN, LUZ E.; PRABHU, S. R.; HERNANDEZ, JUAN-PABLO Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998-2013). **Plant and Soil**, v. 378, p. 1-33, 2014.

BATISTA, É. R.; GUIMARAES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, A. C. P. de. Inoculação combinada de rizóbia no desenvolvimento do feijão caupi no solo do Cerrado. **Revista Ciência Agronômica**. 2017, vol.48, ISSN 0045-6888.

BÉCQUER, C.J.; SALAS, BEATRIZ; ARCHAMBAULT, D.; SLASKI, J.; ANYIA, A. Inoculation of wheat (*Triticum aestivum*, L.) with rhizobia adapted to livestock ecosystems from Sancti Spiritus, Cuba. **Pastos y Forrajes**, v. 29, n. 3, p. 255 - 267, 2006.

BEHERA, B.; SINGDEVSACHAN, S.K ; MISHRA, R; DUTTA, S.K.; THATOI, HRUDAYANATH Diversity, mechanism and biotechnology of phosphate solubilising microorganism in mangrove—a review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 3, n. 2, p. 97-110, 2014.

BERGERSEN, F.J.; BROCKWELL, J.; GIBSON, A.H.; SCHWINGHAMER, E.A. Studies of Natural populations and mutants of Rhizobium in the improvement of legume inoculants. **Plant and Soil**, V. 01, p.3-16,1971

BONADIMAN, R.; FERREIRA, O. G. L; COELHO, R. A. T.; COSTA, O. A. D.; FARIAS, P. P.; ROSA, P. P.; OLIVERIA, A. P.; TIMM DE; P.; SILVA, C.E.. Nitrogen fertilization associated to inoculation with *Azospirillum brasilense* about structural characteristics of annual ryegrass. **REDVET - Revista electrónica de Veterinaria**, v. 19, n. 3, 2018. ISSN 1695-7504.

BONFIM-SILVA, E. M.; FREITAS, D.;SILVA, T.; SOUSA, H.;FENNER, W.; JOSÉ, J. Nitrogen, Potassium, and Protein in Grains From Wheat Grown Under Nitrogen and Potassium Fertilizations in the Brazilian Cerrado. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 9, 2018.

BORGES, W. L., SILVA, C. E., XAVIER, G. R., & RUMJANEK, N. G. Nodulação e fixação biológica de nitrogênio de acessos de amendoim com estirpes nativas de rizóbios. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, 32-37, 2007.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A; KROTH, B. E.; D. REZENDE. Desenvolvimento inicial, de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p.180-186, 2011.

BRACCINI, A. L. et al. Co - inoculação e Modos de Aplicação de *Bradyrhizobium Japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada das plantas e rendimento da cultura de soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, 15, n. 1,. P. 27-35, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n1p27-35>>. Acesso em: 15 setembro 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 399p.2009.

BRASIL: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, **Portaria nº30 de 12 de novembro de 2010**. Diário oficial da União da república federativa do Brasil, Brasília, nº 219 de 17 de novembro, 2010.

BRASIL: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, **Portaria nº13 de 24 de março de 2011- Anexo I**. Diário oficial da União da república federativa do Brasil, Brasília, nº 58 de 25 de março, 2011.

BREDEMEIER, C. Trigo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba, MG: IPNI-Brasil, v.3, 2010. P. 137 – 159.

BUDAK, H.; KANTAR, M.; YUCEBILGILI KURTOGLU, K. Drought tolerance in modern and wild wheat. **The Scientific World Journal**. 2013.

CARVALHO, J. M.; BONFIM-SILVA, EDNA M.; SILVA, T. J; SOUSA, H. N H.F; GUIMARÃES, S. L.; PACHECO, A. B. Nitrogênio e potássio na produção, nutrição e eficiência no uso da água em plantas de trigo. eficiência no uso da água em plantas de trigo, Santiago, **Ciencia e investigación agraria**. v. 43, n. 3, 2016. ISSN 0718-1620.

CARVALHO, J.M.C. **Desenvolvimento, produção e nutrição de trigo e adubo com nitrogênio e Potássio**. Dissertação (Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis – MT. 70p., 2014

CARVALHO, N. L. D.; ZABOT, V. Nitrogênio: Nutrinete ou Poluente? Rev. Elet. em Gestão, **Educação e Tecnologia Ambiental** , v. 6, n. 6, p. 960-974, 2012. ISSN 2236-1170.

CERETTA, C.A. Dinâmica do nitrogênio em sistemas de produção na região sul do Brasil. In: **workshop nitrogênio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agropecuária**, 2000, Dourados. Anais. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, v.1. p.32-50. 2000.

CHEN M, YANG G, SHENG Y, et al. A inoculação de *Glomus mosseae* melhora a arquitetura do sistema radicular, a eficiência fotossintética e a acumulação de flavonóides do alcaçuz sob estresse por nutrientes. **Frontiers in Plant Science**. 2017; 8: 931. Publicado em 7 de junho de 2017. Doi: 10.3389 / fpls.2017.00931

CONAB. **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO** (Brasil). Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras> > Acesso em: 27 de janeiro de 2020.

COSTA, M. G. da; SOUZA, E. L. de; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**., Campinas, v. 2, n. 1, p. 220-225., 2008.

DALLA SANTA, O.R.; DALLA SANTA, H.S.; FERNÁNDEZ, R.; MICHELENA, G.; RONZELLI JÚNIOR, P.; SOCCOL, C.R.. Influência da inoculação de *Azospirillum* sp. em trigo, cevada e aveia. **Ambiência**, v. 4, n. 2, p. 197-207, 2008.

DARTORA, J.; MARINI, D.; GONÇALVES, E. D. V.; GUIMARÃES, V. F.. Adubação nitrogenada associada à co-inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v. 9, n. 2, p. 243 a 253, 2016.

DÍAZ-ZORITA, M.; BALIÑA, R.M.; FERNÁNDEZ-CANIGIA, M.V.; PERTICARI, A. Rendimiento de cultivo de trigo en la región pampeana inoculados con *Azospirillum brasilense*. **Ergomix** - Disponível em: <<http://www.engormix.com/MA-agricultura/trigo/articulos/rendimiento-cultivo-trigo-region-t1511/998-p0.htm>>. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. H. Acúmulo de Nitrogênio e de Massa Seca em Plantas de Trigo Inoculadas com *Azospirillum Brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 31, n. 9, p. 645-651, 1996.

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

DOBBELAERE, S.; OKON, Y. The plant growth-promoting effect and plant responses. In **“Associative and Endophytic Nitrogen-Fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations”** (Elmerich, C.; Newton, W.E. eds.), p. 145-170. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2007.

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

DÖBEREINER, J., BALDANI, J. I., BALDANI, V. L. D. Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas. Brasília: **EMBRAPA**, SPI.; Itaguaí: EMBRAPA, CNPAB, 1995, 60p.

DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.E.; NERY, M. Ecological distribution of *Azospirillum*. Canadian **Journal of Microbiology**, v.22, p.1464-1473, 1976.

ELKOCA E, TURAN M., DONMEZ, M.F. Efeitos da inoculação simples, dupla e tripla com *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* e *Rhizobium leguminosarum* bv. óleo de fase na nodulação, absorção de nutrientes, rendimento e variáveis de produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Elkoca-05'). **Plant Nutrition Jornal**. Ed. 33: 2104–2119 (2010)

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo.

Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : **Embrapa**, 2017a.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. BRS 254 – Trigo melhorado: cultivar com alta qualidade industrial para a região do Cerrado. Brasília: **Embrapa Cerrados**, 2008. 18p. Documentos, 228.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Rio de Janeiro: **Embrapa**, 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Trigo BRS 394: Nova cultivar para o Cerrado. **Embrapa Cerrado**. Brasília, p. 6. 2016.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. X Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2017**; SILVA, S.R.; BASONI, M.C.; FOLONI, J.S.S. editores técnicos - Brasília, DF, 2017b.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Trigo BRS 264: cultivar precoce com alto rendimento de grãos indicado para o Cerrado do Brasil Central: **Embrapa Cerrados**, 2006. 20p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Edita Planta, 2006. 403p.

ESQUIVEL, R; GAVILANES, M; CRUZ, R; HUANTE, P. Importancia agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias. **Fitotecnia Mexicana**, v. 36, n. 3, p. 251-258, 2013.

FARIED, H.N.; AYYUB, C.M.; AMJAD, H.; AHMED, R.; WATTOO, F.M.; TERMINA, H.; BASHIR, H.; SHAHEEN, M.R.; WAQAS, M.A. Salicylic acid confers salt tolerance in potato plants by improving water relations, gaseous exchange, antioxidant activities and osmoregulation. **Society of Chemical Industry - SCI**, 20 setembro 2016.

FELDMANN, N. A.; BREDEMEIER, C.; HAHN, L.; MÜHL, F. R. Wheat cultivars submitted to seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen application in different environments. **Científica**, Jaboticabal, v. 46, n. 1, p. 95-100, 2018. ISSN 1984-5529.

FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FERREIRA, D. F.. SISVAR: **Um sistema de análise de computador para efeitos fixos projetos de tipo de partida dividida**. revista brasileira de biometria , [SI], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823.

FERREIRA, E. P. D. B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, 48, n. 1, p. 22-31, 2017. .

FERREIRA, M. C. B.; FERNANDES, M. S.; DÖBERREINER, J. Role of Azospirillum brasilense nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants. **Biology and Fertility of Soils**, v. 4, p. 47-53, 1987.

FIGUEIREDO, M.V.B.; BURITY, H. A.; STMFORD, N.P.; SANTOS, C. E. R. S. **Micro-organismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 568 p , 2008.

FILHO, B. D. O. FELDMANN, N. A.; BREDEMEIER, C.; HAHN, L.; MÜHL, F. R. .Rhizobia Enhance Growth in Rice Plants Under Flooding Conditions. American-Eurasian **Journal of Agriculture and Environmental Science**, p. 707-718, 2014. ISSN 1818-6769.

FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. **Yeast Extract: Mannitol agar for laboratory manual of general**. New York:, 1928. 145 p.

FREITAS, J.G.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; CASTRO, J.L. Eficiência e resposta de genótipos de trigo ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 229-234, 1995.

FUGITA, K.; OFUSU-BUDU, K.; OGATA, S. Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems. **Plant and Soil**, v. 141, p. 155-175, 1992.

GRAGEDA-CABRERA, O. A.; GONZÁLEZ-FIGUEROA, S. S.; VERA-NUÑEZ, J. A.; AGUIRRE-MEDINA, J. F.; PEÑA-CABRIALES, J. J. Efecto de los biofertilizantes sobre la asimilación de nitrógeno por el cultivo de trigo. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 9, n. 2, Fevereiro - março 2018. ISSN 2007-0934.

GRANADOS, C. J. B.; GÓMEZ, J. Á. N.; ÁLVAREZ, O.; RAMOS, Y.; QUINTANA, M.; GALDO, Y. Respuesta de diferentes variedades de cereales a la inoculación con Bradyrhizobium sp. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 3, n. 1, p. 187-200, 2012.

GUIMARÃES, S. L.; VILA, T. D. A.; SANTOS, M. S. D. Inoculação de bactérias diazotróficas em plantas de trigo cultivado no sul de Mato Grosso. **Cerrado**

Agrociências , Patos de Minas, v. 6, p. 45-54, dezembro 2015. ISSN 2178-7662.

GUIMARÃES, S.L.; BONFIM-SILVA, E.M.; POLIZEL, A.C.; CAMPOS, T. S. Produção de capim marandu inoculado com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, n.13, 2011.

HAHN, L. **Promoção de crescimento de plantas gramíneas e leguminosas inoculadas com rizóbios e bactérias associativas**. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [S.l.], p. 171f. 2013.

HARTMAN, A.; BALDANI, J. I. The genus *Azospirillum*. In: DWORKIN, M.; FLAKNOW, S.; ROSEMBERG, E.; SCHLEIFER, K-H.; STACKERBRANDT, E.; (Ed.). **The Prokaryotes**. 3. ed. New York : Springer, v. 5.; p. 115-140, 2006.

HUERGO, L.F. **Regulação do metabolismo do nitrogênio em *Azospirillum* brasileiro**. Tese (Doutorado Pós-graduação em Ciências Bioquímica) – Ciências Bioquímica, Universidade federal do Paraná, Curitiba, p 170, 2006.

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

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.; CAMPO, R.; GRAHAM, P. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America, p. 25-42. In: Werner, D.; Newton, W. (Eds.). Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, **Ecology, and the Environment**. v.4. Springer, Dordrecht, Netherlands. 2005

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja. **Embrapa Soja**- Documentos, Londrina: Embrapa Soja, n. 337, p. 22, 2013. ISSN 1516-781.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, n. 7, p. 791, 2013. ISSN 1432-0789.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. & CAMPO, R. A inoculação da soja. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. 28p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 17; **Embrapa-cpac**. Circular Técnica, 34)

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolismo in soil. V. A method for measuring soil biomassa. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.8, n.3, p.209-213, 1976.

JUNIOR, R. A.; LOURENÇO, E. A. Efeito da adubação fosfatada sobre o desenvolvimento de raízes de rabanete cv. Juliette. **Anais 51º Congresso Brasileiro de Orticultura**, Julho 2003.

KAISER, D. R. **Nitrato na solução do solo e na água de fontes para consumo humano numa microbacia hidrográfica produtora de fumo**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria - UFMS. [S.I.], p. 114. 2006.

KUMAR, A.; MAURYA, B. R.; RAGHUWANSHI, R.; MEENA, V. S.; ISLAM, M. T. Co-inoculação com *Enterobacter* e *Rhizobacteria* sobre o rendimento e absorção de nutrientes pelo Trigo (*Triticum aestivum* L.) no solo aluvial sob a planície Indo-Gangética da Índia. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 36, n. 3, p. 608-617, 2017. ISSN: 0721-7595.

LOPES. A.S., E L.R.G. GUILHERME. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para produção agropecuária**. ANDA. São Paulo, SP, Boletim Técnico V. 5, 2ª edição. 62p. 1994

MAGALHAES, F.M.M.; DOBEREINER, J. Ocorrência de *Azospirillum* amazonense em alguns ecossistemas da Amazônia. **Revista de microbiologia** 15: 246-252, 1984.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 319p.1997.

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

MATSUNAKA, T.; WATANABE, Y.; MIYAWAKIA, T.; ICHKAWA, N. Prediction of grain protein content in winter wheat through leaf color measurements using a chlorophyll meter. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 43, n.1, p.127-134, 1997.

MATTE, W. D.; ROQUE, M. W.; RAMOS, F. T.; ROCHA, I. B.; SILVA, A. R. B.; PARO, H. Avaliação dos componentes de produção e da produtividade de cultivares de trigo irrigado em Nova Mutum – MT. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17; p.402-414, 2013.

MENDES-SANTOS, R.; KANDASAMY, S.; CID-RIGOBELLO, E. Ammonium and nitrate levels of soil inoculated with *Azospirillum* brasilense in maize. **African Journal of Agricultural**, v. 12, n. 11, p. 863-870, 2017. ISSN 1991-637X.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. London: Kluwer Academic, 2001. 849p.

MHADHBI, H; JEBARA, M; LIMAM, F; ELARBI, A. Rhizobial strain involvement in plant growth, nodule protein composition and antioxidant enzyme activities of chickpea-rhizobia symbioses: modulation by salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 42, p. 717-722, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74-99, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Rizosfera. In: **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. Cap. 8, p. 729.

MORO, A. L.; BROETTO, F.; MORO, E. Relação Hidrica e Teor de Clorofila em dois Cultivares de arroz submetido à deficiência hidrica e adubação siliticarada. **Irriga** , Botucatu, Julho - setembro 2015. 570 - 586.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de Nitrogênio como alternativas para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 512-522, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v39n2/0100-0683-rbcs-39-2-0512.pdf>>. Acesso em: 25 setembro 2018.

MUNARETO, J. D.; MARTIN, T. N.; FIPKE, G. M.; CUNHA, V. S.; ROSA, G. B. DA. Alternativas de manejo de nitrogênio usando Azospirillum brasilense em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, outubro 2019. ISSN 1678-3921. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00276>>. Acesso em: 20 outubro 2019.

NAEEM M, ASLAM Z, KHALIQ A, AHMED JN, NAWAZ A, HUSSAIN M. O crescimento de plantas que promovem rizobactérias reduz a população de pulgões e aumenta a produtividade do pão de trigo. **Braz J. Microbiol**, 2018; 49 Suppl 1 (Suppl 1): 9–14. doi: 10.1016 / j.bjm.2017.10.005

NÓBREGA, R. S. A. et al. Caracterização fenotípica e diversidade de bactérias diazotróficas associativas isoladas de solos em reabilitação após a mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, abril 2004.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C. A. Agronomic applications of Azospirillum: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994. ISSN 0038-0717.

OLIVEIRA, C. M. B. D. et al. Capacidade de predição da disponibilidade de fósforo em solo com aplicação de fosfato solúvel e natural. **Científica**, Jaboticabal - SP, 2015. 413 - 419.

PERIN, L.; CABALLERO-MELLADO, J. Burkholderia silvatlantica sp nov., a novel diazotrophic bacterium associated with sugarcane and maize. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 56, p. 1931-1937, 2006.

PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap. 1, p. 19-26.

PRANDO, A. M.; SOUZA, THIAGO, M.; JUNIOR, A. O.; ZUCARELI, C. Produtividade, índice de vegetação e clorofila de trigo em resposta à inoculação com Azospirillum brasilense e adubação nitrogenada em cobertura. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 28, n. 3, p. 329-342, 2019. ISSN 2446-8355.

QUADROS, P. D. de et al. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com Azospirillum. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 209-218, 2014..

QUEIROZ, J.A.C. **Análise da indústria moageira brasileira: um estudo em empresas no sudeste brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade de Brasília, Brasília, 130p. 2001.

REIS JÚNIOR, F. B.; SILVA, M. F.; TEIXEIRA, K. R. S.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Identificação de isolados Azospirillum amazonense associados a Brachiaria spp., em diferentes épocas e condições de cultivo e produção de fitormônio pela bactéria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p.103-113, 2004.

REIS JUNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de Azospirillum amazonense em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 1139-1146, 2008.

REIS JÚNIOR, F. B.; MENDES, I. C.; REIS, V. M.; HUNGRIA, M. Fixação biológica de nitrogênio: uma revolução na agricultura. In: FALEIRO, F. G.;

ANDRADE, S. R. M.; REIS JÚNIOR, F. B. (Eds.). **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011. p. 247-281.

REIS JÚNIOR, F.B.; REIS, V.M.; SILVA, L.G. & DÖBEREINER, J. Levantamento e quantificação de bactérias diazotróficas em diferentes genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira.**, 35:985-994, 2000.

REIS, V. M.; TEIXEIRA, K.R.S. Fixação biológica de nitrogênio – o estado da arte. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. Processos biológicos no sistema solo planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília **EMBRAPA**. Informação tecnológica, 2005.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; AMÁBILE, R. F.; FERRAZ, D. M. M.; CARVALHO, A. M. de; CARVALHO, J. G.; et. al. Efeito da fertirrigação nitrogenada no rendimento de grãos de genótipos de trigo, no cerrado. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 17 p., 2007

RIGGS, P.J.; CHELIUS, M.K.; INIGUEZ, A.L.; KAEPPLER, S.M., TRIPLETT, E.W. Enhanced maize productivity by inoculation with diazotrophic bacteria. **Australian Journal of Plant Physiology**, 28: p 829-836, 2001.

RODRIGUES, LUAN F. O. S.; GUIMARÃES, VANDEIR F.; SILVA, MÔNICA B. DA; JUNIOR, ARTUR S. PINTO; KLEIN, JEFERSON; COSTA, ANDREIA C. P. R. DA. Características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum* brasileiro, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, Janeiro 2014. ISSN 1415-4366.

ROMAGNOLI, E. M.; ANDREOTE, F. D. Rizosfera. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do Solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ: [s.n.], 2016. Cap. 4, p. 221.

SANTILLANA, ; ZÚÑIGA , D.; ARELLANO, C. Capacidad promotora del crecimiento en cebada (*Hordeum vulgare*) y potencial antagónico de *Rhizobium leguminosarum* y *Rhizobium etli*. **Agrocien Uruguay**, v. 16, n. 2, 2012.

SANTOS, L.S. Perfil proteico e qualidade de panificação em linhagens de trigo desenvolvidas para a região do cerrado brasileiro. **Dissertação (Mestre em Ciências)** – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG, p.81.2008.

SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L. D.; CAIERÃO, E. Botânica, morfologia e descrição fenotípica. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p. 260, 2015..

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A. de; MIRANDA, M. Z.; LIMBERGER, V. M. .Trigo: Características e Utilização na Panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011. ISSN 1517-8595.

SHARMA, S.B.; SAYYED, R.Z.; TRIVEDI, M.H.; GOBI, T.A. **Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils**. Springerplus, v. 2, p. 587, 2013.

SILVA, M. F.; REIS, V. M. Produção, caracterização e aplicação de anticorpo policlonal contra *Azospirillum amazonense* estirpe AM 15. **Revista de Ciências Agronômicas**, v. 68, n. 1, p. 1-11, 2009.

SILVA, R.S.; BASSOI, M.C. FALONI, J.S.S. Informações técnicas para trigo e triticales – safra 2017. (10º Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticales).Brasília, DF: **Embrapa**, 242p, 2017

SOTELO, C.; IGLESIAS, M.; MORZANT, E. **Inoculación con Bradyrhizobium japonicum en el cultivo de trigo (*Triticuma estivum*)**. UNNE, 2006.

SOUSA, D.M.G. de. **Principais aspectos da fertilidade do solo sob plantio direto**. In: **curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo sob plantio direto**, 1., 1998, Rio Verde, GO. Resumos de palestras. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1998. p. 72-77

SPOLAOR, L. T.; GONÇALVES, L. S. A.; SANTOS, O. J. A. P DOS, OLIVEIRA, A. L. M.; SCAPIM, C. A.; BERTAGNA, F. A. B.; KUKI, M. C. Bactérias promotoras de crescimento associadas a adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agrônomo de milho pipoca. **Área Básica**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 33-40, 2016.

SZILAGYI-ZECCHIN, Vi. J.; MOGOR, Á. F.; RUARO, L.; RODER, C.. Crescimento de mudas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) estimulado pela bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *Plantarum* FZB42 em cultura orgânica. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 26-33, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

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

TITTABUTR, P., PAYAKAPONG, W., TEAUMROONG, N., SINGLETON, P.W., BOONKERD, N. Growth, survival and field performance of bradyrhizobial liquid inoculant formulations with polymeric additives. **Science Asia**. v.33, p.69–77, 2007.

TONELLO, K. C.; FILHO, J. T. Transpiração e Condutância de Estômatos de Eucalyptus sp em repostas à radiação global e diferentes condições hídricas. **Irriga**, Botucatu, p. 607– 23, 2013.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ULLAH, S. et al. Differential response of single and co-inoculation of Rhizobium leguminosarum and Mesorhizobium ciceri for inducing water deficit stress tolerance in wheat. **Ann Microbiol**, v. 11, n. 67, p. 739-749, 2017. 11869-2044.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, p. 41-417, 1998.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Fixação biológica do N₂ na cultura da soja. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos do Cerrado**. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. p.297-360.

VESALA, T., SEVANTO, S., GRÖNHOLM, T., SALMON, Y., NIKINMAA, E., HARI, P.; HÖLTÄ, T. Effect of Leaf Water Potential on Internal Humidity and CO₂ Dissolution: Reverse Transpiration and Improved Water Use Efficiency under Negative Pressure. **Frontiers in plant science**, v. 8, p.54. (2017).

VESSEY, J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, v.255, p.571-586., 2003.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C.. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia** , Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

VOGEL, G. F., MARTINKOSKI, L., MARTINS, P. J., BICHEL, A. Desempenho agrônômico de Azospirillum brasilense na cultura do arroz: uma revisão. **Revista Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 6, n. 3, p. 67-578, 2013.

XU, W.; XU, Z.; CAI, Z.; REVERCHON, F. Review of denitrification in tropical and subtropical soils of terrestrial ecosystems. **Journal of Soil and Sediments** 2013, 13, 699

ZAK, D.; HOLMES, W.; WHITE, D.; PEACOCK, A.; TILMAN, Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links? **Ecology**, New York, v. 84, n. 8, p. 2042–2050, 2003.

ZHANG, W.; GIANIBELLI, M.C.; RAMPLING, L.R.; GALE, K.R. Characterization and marker development for low molecular weight glutenin genes from Glu-A3 alleles of bread wheat (*Triticum aestivum*. L) **Theoretical Applied Genetics**. v. 108, p. 1409-1419, 2004.

ZILLI, J.E.; MARSON, L.C.; MARSON, B.F.; RUMJANEK, N.G. & XAVIER, G.R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazônica**, 39:749-758, 2009

ZILLI, J. É., PEREIRA, G. M. D.; FRANÇA JÚNIOR, I.; SILVA, K. DA, HUNGRIA, M.; ROUWS, J. R. C.. Dinâmica de rizóbios em solo do cerrado de Roraima durante o período de estiagem. **Acta Amazonica**, 43, n. 2, p. 153 – 160, 2013.

ZUBAIR, M., HANIF, A., FARZAND, A., SHEIKH, T., KHAN, AR, SULEMAN, M., AYAZ, M., & GAO, X.. Triagem Genética e Análise de Expressão de *Bacillus* sp. Revele seu potencial para aliviar o estresse pelo frio e modular fito-hormônios no trigo. **Microorganisms**. Ed.7, V. 9, p. 337, 2019.