



“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS ILHA SOLTEIRA

Murilo Augusto Sgobi

**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA, EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE
NUTRIENTES DE CULTIVARES DE TRIGO INOCULADOS COM
*Azospirillum brasilense***

**ILHA SOLTEIRA
2016**

Murilo Augusto Sgobi
Engenheiro Agrônomo

**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA, EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE
NUTRIENTES DE CULTIVARES DE TRIGO INOCULADOS COM
*Azospirillum brasilense***

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Orientador

**Dissertação apresentada à Faculdade
de Engenharia, Unesp – Câmpus de
Ilha Solteira, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia –
Especialidade: Sistemas de Produção.**

**ILHA SOLTEIRA
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S523a Sgobi, Murilo Augusto.
Acúmulo de matéria seca, extração e exportação de nutrientes de cultivares de trigo inoculados com *Azospirillum brasilense* / Murilo Sgobi. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2016
87 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia . Área de conhecimento: Sistema de Produção, 2016

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Inclui bibliografia

1. *Triticum Aestivum* L. 2. Marcha de absorção de nutrientes. 3. Bactérias promotoras de crescimento. 4. Acúmulo de nutrientes. 5. Produtividade de grãos.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ACÚMULO DE MATÉRIA SECA, EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES DE CULTIVARES DE TRIGO INOCULADOS COM *Azospirillum brasilense*

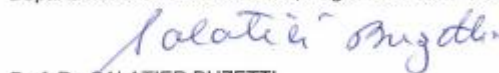
AUTOR: MURILO AUGUSTO SGOBI

ORIENTADOR: MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. SALATIER BUZETTI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira



Profª Drª ELISANGELA DUPAS
Faculdade de Ciências Agrárias / Universidade Federal da Grande Dourados

Ilha Solteira, 16 de dezembro de 2016

DEDICO...

Aos meus pais, Luis Carlos Sgobi e Lilia Maria da Silva Sgobi, os quais me apoiaram em todos os momentos e me deram força para seguir em frente e lutar pelos meus objetivos que me ajudaram a fazer as melhores escolhas e mostraram os valores essenciais da vida.

Às minhas irmãs Leticia Maria Sgobi e Livia Maria Sgobi, pela amizade e incentivo que sempre torceram e me apoiaram por essa conquista.

À minha noiva Patrícia Freitas Andrade, pela amizade, amor, paciência, incentivo e confiança.

À minha filha Luísa Andrade Sgobi que se tornou a razão da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e oportunidades que tem me proporcionado.

Aos meus pais pela dedicação, apoio, compreensão e auxílio que me fortalecem a cada dia.

Às minhas avós Maria Marques da Silva e Maria dos Santos Sgobi.

À minha família por todo apoio

Ao Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, por ter me recebido para orientação acadêmica e dividir seu tempo precioso, conhecimentos, estímulo ao espírito de pesquisa em todo tempo em que trabalhamos juntos, autêntica demonstração de profissionalismo, humildade, confiança e companheirismo.

Ao professor Dr. Orivaldo Arf pelas sugestões, atenção, auxílio prestado e confiança dedicados à minha pessoa nesses meses.

À minha amiga Poliana Aparecida Leonel Rosa pela amizade, companheirismo, ajuda na condução desse experimento.

Aos amigos Tiago Calves, Ligia Videira, Jaqueline Carvalho, Thais Boni, Mirella dos Santos, Rayner Barbieri, Eptacio Souza, Jiuli Regis, Arielton Marques, Hugo Montanari, Marcelo Hiromoto, Felipe Vasconcelos e Lucas Nakata pela amizade durante esse período.

Aos amigos de trabalho Fernando Shintate Galindo, Maikon Azambuja, Alexandre Rosa, Guilherme Baggio e Mariana Gaioto Ziolkowski Ludkiewicz os quais contribuíram para a instalação e condução deste experimento realizado na FEPE, foi um grande prazer trabalhar, conviver e usufruir do vosso companheirismo e amizade.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), em especial à Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, por proporcionar excelentes condições de aprendizado aos alunos da instituição.

Aos professores do curso de Agronomia da UNESP - Ilha Solteira, pelo empenho em melhorar constantemente a qualidade de ensino.

Ao técnico e amigo Marcelo Rinaldi da Silva, do laboratório de Nutrição de Plantas da UNESP - Ilha Solteira pela ajuda e suporte dados no desenvolvimento deste experimento, e pela boa vontade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES, pela bolsa de estudos e apoio financeiro.

MENSAGEM

“Sem sonhos, a vida não tem brilho.
Sem metas, os sonhos não têm alicerces.
Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais.”
(Augusto Cury)”

SGOBI, M. A. **Acúmulo de matéria seca, extração e exportação de nutrientes de cultivares de trigo inoculados com *Azospirillum brasilense***. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

RESUMO

Inocular sementes de trigo com a bactéria *Azospirillum brasilense* pode propiciar a fixação biológica de nitrogênio (FBN), porém tem sido observado efeito mais pronunciado desta inoculação no crescimento inicial de plantas, assim, com o sistema radicular mais desenvolvido, a absorção de nutrientes e água pode ser maior. Com isso, o crescimento, produtividade e exportação de nutrientes da cultura do trigo podem ser maiores, porém a resposta a esta inoculação pode variar conforme a afinidade da bactéria com os cultivares de trigo. Dessa forma, objetivou-se avaliar o acúmulo de matéria seca e extração de nutrientes em estádios fenológicos, exportação de nutrientes pelos grãos, componentes de produção e produtividade de grãos de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. O experimento foi desenvolvido em Selvíria - MS, em um Latossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa, em sistema plantio direto. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 3 x 2, sendo três cultivares de trigo (CD 116, IPR CATUARA TM e IAC 385), com ou sem inoculação de sementes por *Azospirillum brasilense* (300 ml ha⁻¹ do produto, com estirpes Abv5 e Abv6 (garantia de 2x10⁸ UFC mL⁻¹). Procedeu-se também a análise de regressão em esquema de parcela subdividida com quatro repetições, em que as parcelas foram constituídas pelos seis tratamentos descritos acima, e as subparcelas no tempo, por sete épocas de coletas de plantas (antes do afilhamento, afilhamento e antes da adubação nitrogenada de cobertura, folha bandeira, emborrachamento, florescimento, grão pastoso e maturação fisiológica), para o acúmulo de matéria seca e extração de nutrientes. A inoculação com *Azospirillum brasilense* propiciou maior índice de clorofila foliar (ICF) e acúmulo de matéria seca de raízes, independentemente do cultivar de trigo. Os cultivares de trigo extraíram quantidades totais de nutrientes semelhantes, porém a extração por tonelada de grãos produzida foi diferenciada para K, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn. A extração de nutrientes total ou por tonelada de grãos produzida em ordem decrescente foi de N>K>P>S>Ca>Mg>Fe>Mn>Zn≥B>Cu, com ou sem a inoculação com *Azospirillum brasilense*. As maiores exportações totais de K, Ca, Mg, S e Mn foram obtidas sem a inoculação com *Azospirillum brasilense*, entretanto, esta bactéria diazotrófica proporcionou maiores exportações de N, P, K, Ca e Mg por tonelada de grãos produzida e de Zn total. As maiores exportações relativas (acima de 50% do que é extraído) foram de Zn, Cu, P, N e B e de Mg apenas com a inoculação. O cultivar CD 116 foi o mais produtivo e que propiciou as maiores exportações totais de nutrientes, apesar da menor absorção de K, Mg, S, Cu, Mn e Zn por grãos produzido em relação aos demais cultivares. A inoculação com *Azospirillum brasilense* interfere de forma diferenciada nos cultivares de trigo, sendo que o cultivar CD 116 proporcionou a maior produtividade de grãos quando inoculado.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L. Marcha de absorção de nutrientes. Bactérias promotoras de crescimento. Acúmulo de nutrientes. Produtividade de grãos.

SGOBI, M. A. **Dry matter accumulation, nutrients uptake and removal by wheat cultivars inoculated with *Azospirillum brasilense***. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

ABSTRACT

Wheat seeds inoculated with *Azospirillum brasilense* bacteria can provide biological nitrogen fixation (BNF), but has been observed more pronounced effect of this inoculation in the initial plant growth (phytohormonal effect), thereby, with the further development of root system, the nutrients and water uptake may be greater. Thus, the growth, productivity and nutrients removal from the wheat crop may be higher, but the response to this inoculation may vary according to the affinity of the bacterium with the wheat cultivars. The aim of this study was to evaluate the dry matter accumulation the accumulation of dry matter and nutrients uptake at different growth stages, nutrients export by grains, yield components and grains yield of wheat cultivars inoculated or not with *Azospirillum brasilense*. The experiment was conducted in Selvíria - MS, in a distroferic Oxisol clayey in no-till system. The experimental design was a randomized block with four replications, with the treatments arranged in a factorial 3 x 2, with three wheat cultivars (CD 116, IPR CATUARA TM and IAC 385) with or without seed inoculation by *Azospirillum brasilense* (300 ml ha⁻¹ product with strains Abv5 Abv6 (2x10⁸ guarantee UFC mL⁻¹). Also proceeded regression analysis in a split plot scheme with four replications, where the plots were the six treatments described above, and the subplots, seven plants collections seasons (before of tillering, tillering and before nitrogen topdressing, leaf flag, booting, flowering, doughy grain and physiological maturity), for the accumulation of dry matter, extraction and export of nutrients. *Azospirillum brasilense* inoculation provided greater leaf chlorophyll index (LCI) and accumulation of roots dry matter, regardless of the wheat cultivar. The wheat cultivars uptake similar total amounts of nutrients, but the uptake per ton of grain produced was differentiated for K, Mg, S, B, Cu, Mn and Zn. Total nutrient extraction or per ton of grain produced in descending order was N>K>P>S>Ca>Mg>Fe>Mn>Zn>B>Cu, with or without inoculation with *Azospirillum brasilense*. The highest total removal of K, Ca, Mg, S and Mn were obtained without inoculation with *Azospirillum brasilense*; however, this diazotrophic bacterium provided higher removal of N, P, K, Ca and Mg per ton of grain produced and Zn total. The highest relative removal (above 50% that is uptake) was the Zn, Cu, P, N and B and Mg only with inoculation. The CD 116 cultivar was the most productive and provided the highest total nutrients removal, despite the lower uptake of K, Mg, S, Cu, Mn and Zn by grains produced in relation to the other cultivars. The inoculation with *Azospirillum brasilense* interferes differently in wheat cultivars, and cultivar CD 116 obtained the highest grain yield when inoculated.

Keywords: *Triticum aestivum* L. Nutrients absorption gait. Bacteria promoters of plant growth. Nutrients accumulation. Grain yield.

Lista de Figuras

Figura 1	- Precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas durante o experimento de trigo em 2015 junto à estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP. Período de maio a setembro de 2015.....	25
Figura 2	- Matéria seca de raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	41
Figura 3	- Matéria seca da parte vegetativa de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	41
Figura 4	- Matéria seca da parte reprodutiva de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	42
Figura 5	- Matéria seca total de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	42
Figura 6	- Nitrogênio acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	43
Figura 7	- Fósforo acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	43
Figura 8	- Potássio acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	44
Figura 9	- Cálcio acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	44
Figura 10	- Magnésio acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	44
Figura 11	- Enxofre acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	45
Figura 12	- Nitrogênio acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	46
Figura 13	- Fósforo acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	46

Figura 14	- Potássio acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	47
Figura 15	- Cálcio acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	47
Figura 16	- Magnésio acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	48
Figura 17	- Enxofre acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	48
Figura 18	- Nitrogênio acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	49
Figura 19	- Fósforo acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	49
Figura 20	- Potássio acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	50
Figura 21	- Cálcio acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	50
Figura 22	- Magnésio acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	50
Figura 23	- Enxofre acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	51
Figura 24	- Nitrogênio total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	51
Figura 25	- Fósforo total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	52
Figura 26	- Potássio total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	52
Figura 27	- Cálcio total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	52

Figura 28	- Magnésio total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	53
Figura 29	- Enxofre total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	53
Figura 30	- Boro acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	54
Figura 31	- Cobre acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	54
Figura 32	- Ferro acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	55
Figura 33	- Manganês acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	55
Figura 34	- Zinco acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	56
Figura 35	- Boro acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	57
Figura 36	- Cobre acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	57
Figura 37	- Ferro acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	58
Figura 38	- Manganês acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	58
Figura 39	- Zinco acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	59
Figura 40	- Boro acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	60
Figura 41	- Cobre acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	60
Figura 42	- Ferro acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	61

Figura 43	- Manganês acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	61
Figura 44	- Zinco acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	62
Figura 45	- Boro total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	62
Figura 46	- Cobre total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	63
Figura 47	- Ferro total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	63
Figura 48	- Manganês total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	64
Figura 49	- Zinco total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	64

Lista de Tabelas

Tabela 1	- Índice de clorofila foliar (ICF) e concentração de macronutrientes foliar de cultivares de trigo, com ou sem inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	29
Tabela 2	- Concentração de micronutrientes foliar de cultivares de trigo, com ou sem inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria MS, 2015.....	30
Tabela 3	- Comprimento da Espiga, número de espigas por metro e altura de planta de cultivares de trigo, com ou sem inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	31
Tabela 4	- Desdobramento da interação cultivares e inoculação com <i>A. brasilense</i> , da análise de variância referente a espiguetas por planta das plantas de trigo.....	32
Tabela 5	- Espiguetas não desenvolvidas, número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga de cultivares de trigo, com ou sem inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	33
Tabela 6	- Massa hectolitrica, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de cultivares de trigo, com ou sem inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	34
Tabela 7	- Desdobramento da interação cultivares e inoculação com <i>A. brasilense</i> , da análise de variância referente a massa hectolétrica de trigo.....	34
Tabela 8	- Desdobramento da interação cultivares e inoculação com <i>A. brasilense</i> , da análise de variância referente a produtividade de grãos de trigo.....	36
Tabela 9	- Produtividade de grãos (kg ha^{-1}), extração de macronutrientes em kg ha^{-1} e em kg t^{-1} de grãos produzido de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	38
Tabela 10	- Desdobramento da interação cultivares e inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> para a matéria seca vegetativa de trigo. Selvíria – MS, 2015.....	40

Tabela 11	- Extração de macronutrientes em kg ha ⁻¹ e em kg t ⁻¹ de grãos produzido de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	65
Tabela 12	- Exportação de macronutrientes em kg ha ⁻¹ , em kg t ⁻¹ de grãos produzido e exportação relativa (%) de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	67
Tabela 13	- Extração de macronutrientes em kg ha ⁻¹ e em kg t ⁻¹ de grãos produzido de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	69
Tabela 14	- Exportação de macronutrientes em kg ha ⁻¹ , em kg t ⁻¹ de grãos produzido e exportação relativa (%) de cultivares de trigo inoculados ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria – MS, 2015.....	70

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1	CULTURA DO TRIGO.....	19
2.2	NUTRIÇÃO MINERAL DA CULTURA DO TRIGO.....	20
2.3	FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN) E <i>Azospirillum brasilense</i>	21
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1	LOCAL E HISTÓRICO DE MANEJO.....	25
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS UTILIZADOS.....	26
3.3	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	26
3.4	AVALIAÇÕES REALIZADAS.....	27
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1	ICF E CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES FOLIARES.....	29
4.2	COMPONENTES DE PRODUÇÃO, BIOMÉTRICOS E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE TRIGO.....	30
4.3	ACÚMULO DE MATÉRIA SECA DE RAIZ E DAS PARTES VEGETATIVA, REPRODUTIVA E TOTAL DE TRIGO.....	38
4.4	ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NAS RAÍZES.....	42
4.5	ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NA PARTE VEGETATIVA.....	45
4.6	ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NA PARTE REPRODUTIVA.....	48

4.7	ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES TOTAL NAS PLANTAS DE TRIGO.....	51
4.8	ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES NAS RAÍZES.....	53
4.9	ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES NA PARTE VEGETATIVA.....	56
4.10	ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES NA PARTE REPRODUTIVA.....	59
4.11	ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES TOTAL NAS PLANTAS DE TRIGO.....	62
4.12	EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES.....	64
5	CONCLUSÕES.....	71
	REFERÊNCIAS.....	72
	APÊNDICES.....	82

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma planta de ciclo anual, considerada entre os cereais de estação fria, aquela que possui maior importância econômica, apresentando grande capacidade produtiva de grãos (MARINI et al., 2011). No Brasil, é a cultura de inverno de maior importância, cultivada principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. No entanto, em razão da grande demanda, ainda depende de importações para suprir o mercado interno (COSTA; ZUCARELI; RIEDE, 2013), sendo o Brasil grande importador deste cereal. As condições de solo, clima e topografia, favoráveis ao cultivo de trigo, tanto de sequeiro como irrigado, em épocas e altitudes definidas pela pesquisa, fazem do Brasil Central uma região de enorme potencial para a expansão dessa cultura com a perspectiva de propiciar, à médio prazo, a auto-suficiência na produção nacional.

A produtividade final da cultura é definida em função do cultivar utilizado, da quantidade de insumos e das técnicas de manejo empregadas. A crescente utilização de cultivares de alto potencial produtivo tem implicado no uso mais frequente de insumos, entre os quais a adubação nitrogenada mostra-se importante na definição da produtividade de grãos (ZAGONEL et al., 2002). Portanto, há necessidade de se estudar cultivares de trigo verificando se são responsivos à absorção e utilização dos nutrientes existentes e aplicados ao solo e o desempenho dos mesmos em diferentes ambientes e práticas culturais (TEIXEIRA FILHO et al., 2007).

Uma medida interessante, devido ao alto custo dos fertilizantes e a conscientização em prol de uma agricultura sustentável e menos poluente, na qual as pesquisas estão crescendo, é o uso de inoculantes contendo bactérias que promovem o crescimento e incrementam a produtividade de plantas com baixo custo. O Brasil tem tradição de pesquisa em fixação biológica de N₂ por *Azospirillum* em associações com gramíneas, mas até recentemente não havia inoculantes comerciais com essas bactérias no País (HUNGRIA, 2011).

Alguns trabalhos na literatura tem confirmado que o *Azospirillum* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas. Tien et al. (1979) verificaram que os componentes responsáveis pelo estímulo do crescimento de raízes liberados por *A. brasilense* eram o ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas. Barassi et al. (2008) relataram melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa e maior altura de plantas. O maior desenvolvimento das raízes

pela inoculação com *Azospirillum* pode implicar em vários outros efeitos. Foram relatados incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância a estresses como salinidade e seca, resultando em planta mais vigorosa e produtiva (DOBBELAERE et al., 2001; BASHAN et al., 2006; HOLGUIN, 2004). A inoculação com esta bactéria diazotrófica pode aumentar a produtividade de grãos em função de incrementos na eficiência da adubação nitrogenada, proporcionando também maior absorção de fósforo (GALINDO et al., 2016).

O genótipo da planta possivelmente desempenhe papel essencial na colonização das bactérias, existindo cultivares com alto e baixo potencial de associação (QUADROS, 2009). Levando em consideração que existe acúmulo diferencial de nutrientes variável com a cultivar, estágio de maturação, fertilidade do solo e condições climáticas, pode-se supor que as práticas de manejo cultural que alterem a produtividade possam também alterar a remobilização de nutrientes das diferentes partes da planta para os grãos (VASCONSELLOS et al., 1998). Entretanto, a habilidade de uma determinada espécie de planta em absorver nutrientes do solo e as suas quantidades exigidas variam não só de acordo com o cultivar, mas são dependentes também do grau de competição existente, clima e sistema de cultivo. São fatores que influenciam tanto a disponibilidade como a absorção de nutrientes pelas raízes e, conseqüentemente, o crescimento da parte aérea (MARSCHNER, 1995). Assim, com o lançamento de novos cultivares de trigo, associados a irrigação e inoculação com *A. brasilense*, a extração de nutrientes ao longo do ciclo da cultura tende a ser maior e mais rápida.

Com base em observações experimentais tem sido notado efeito pronunciado da inoculação com *Azospirillum brasilense* no crescimento inicial de plantas, assim, com o sistema radicular mais desenvolvido, a absorção de nutrientes e água tende a ser maior. Com isso, o crescimento, produtividade e exportação de nutrientes da cultura do trigo podem ser maiores, porém a resposta a esta inoculação pode variar conforme a afinidade da bactéria com os cultivares de trigo. Considerando ainda, que não foram encontrados outros trabalhos parecidos na literatura e que a resposta a esta inoculação pode variar conforme a afinidade da bactéria com os cultivares de trigo, tal pesquisa se faz necessária para quantificar e entender melhor como a inoculação com *A. brasilense* influencia na nutrição de plantas de trigo.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o acúmulo de matéria seca e extração de nutrientes em estádios fenológicos, exportação de nutrientes pelos grãos, componentes de produção e produtividade de grãos de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) foi uma das primeiras espécies a ser cultivada no mundo, sendo uma planta originária do cruzamento de outras gramíneas silvestres que existiam próximas ao rio Tigre e Eufrates (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000).

Este cereal possui importante papel no aspecto econômico e nutricional da alimentação humana, pois a sua farinha é largamente utilizada na indústria alimentícia (FERREIRA, 2003). Devido às características de composição do seu grão, o trigo é utilizado na fabricação de pães, bolos, biscoitos, barras de cereais, além de macarrões, massas para pizza entre outras utilizações de seus derivados pela indústria. Sua diversidade de utilização, características nutricionais e facilidade de armazenamento têm feito do trigo o alimento básico de aproximadamente um terço da população mundial (SLEPER; POEHLMAN, 2006).

Segundo a CONAB, 2015 o trigo é a terceira cultura mais plantada no mundo, superado pelo milho e arroz, é o segundo maior cultivo responsável pela alimentação humana e foi à primeira cultura domesticada pelo homem e utilizada em larga escala. O trigo era caracterizado historicamente como cultura de inverno e era produzida quase que exclusivamente na Região Sul do Brasil. Através da pesquisa em melhoramento genético, as plantações de trigo espalharam-se por outras regiões do Brasil, como o Centro Oeste e Sudeste.

Em 2013, o Brasil teve consumo de 10.977.200 toneladas de grãos, por isso teve que importar 5.618.700 toneladas, ou seja, aproximadamente 51,2% do total do consumo, tornando o Brasil dependente de países como Argentina, Canadá e EUA, pagando até 30% mais caro que o produto nacional. A região sul do Brasil (PR, SC, RS) ainda é responsável por 90% da produção (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2013) contudo o cereal vem sendo introduzido paulatinamente na região do Cerrado, sob irrigação ou sequeiro.

A região do Cerrado do Brasil Central tem grande potencial para a expansão da cultura de trigo, por oferecer ótimas condições de clima e solo, posição estratégica de mercado e capacidade de industrialização, além de poder ser colhido na entressafra da produção dos estados do Sul e da Argentina e, com características superiores de qualidade industrial para panificação (alta força de glúten e estabilidade) (ALBRECHT et al., 2006). Porém, muitos solos cultivados com trigo na região do Cerrado e no estado de São Paulo são ácidos e de baixa fertilidade, e limitam a produtividade de grãos. Assim, o uso de cultivares de trigo tolerantes ao alumínio tóxico, eficientes e responsivos ao aproveitamento de nutrientes assumem a

importância na redução do custo de produção e no aumento da produtividade e qualidade de grãos deste cereal.

A produção final da cultura é definida em grande parte em função do cultivar utilizado, da quantidade de insumos e das técnicas de manejo empregadas. A crescente utilização de cultivares de alto potencial produtivo tem implicado no uso mais frequente de insumos, entre os quais a adubação nitrogenada mostra-se importante na definição da produtividade (ZAGONEL et al., 2002).

Deste modo, para se alcançar produtividades adequadas nos cultivos de cereais, como o trigo, são necessárias grandes quantidades de fertilizantes, especialmente os nitrogenados, o que onera o custo de produção dos agricultores.

2.2 NUTRIÇÃO MINERAL DA CULTURA DO TRIGO

As necessidades nutricionais de uma planta são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidos. O conhecimento dessas quantidades permite estimar as taxas que serão exportadas por meio da colheita dos grãos e as que poderão ser restituídas ao solo pelos restos culturais (BULL, 1993). A escassez de informações quanto à exigência nutricionais de cultivares de alto potencial produtivo para as condições tropicais brasileiras justifica a realização de estudos que contemplem esses genótipos quanto as suas exigências nutricionais.

Estudar a marcha de absorção de nutrientes e o acúmulo de matéria seca em função dos estádios fenológicos da cultura do trigo é de fundamental importância para subsidiar estratégias de definição das quantidades e das épocas de realização de adubação na cultura, e das quantidades mínimas que devem ser restituídas ao solo para fins de manutenção da fertilidade. Isto irá contribuir para o aumento da eficiência no manejo da cultura, proporcionando ganhos em produtividade e redução de custos na lavoura, pela utilização racional e eficiente dos insumos aplicados no solo (BORGES et al., 2006).

Nutricionalmente, as plantas de trigo demandam maior quantidade dos macronutrientes, nitrogênio e potássio (PAULETTI, 1998). Ainda segundo este autor, são exportadas as seguintes quantidades de macronutrientes: 20,1 g de N; 3,2 g de P; 3,5 g de K; 0,2 g de Ca; 0,8 g de Mg e 1,2 g de S kg^{-1} de grãos de trigo, e de micronutrientes: 2,9 mg de B; 3,0 mg de Cu; 13,9 mg de Fe; 13,0 mg de Mn e 14,8 mg de Zn kg^{-1} de grãos de trigo.

Os teores de nutrientes foliares considerados adequados (faixas de suficiência) para cultura do trigo de acordo com Cantarella, Raij e Camargo (1997), são: 20-34 g de N; 2,1-3,3 g de P; 15-30 g de K; 2,5-10 g de Ca; 1,5-4,0 g de Mg e 1,5-3,0 g de S; 5-20 mg de B; 5-25 mg de Cu; 10-300 mg de Fe; 25-150 mg de Mn e 20-70 mg de Zn kg^{-1} de matéria seca.

2.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN) E *Azospirillum brasilense*

A preocupação com o uso de fertilizantes nitrogenados é grande, já que pode proporcionar poluição de recursos hídricos, tanto na produção industrial, como por estar sujeita a perdas por lixiviação, desnitrificação, erosão e volatilização.

As projeções são de que haverá incremento substancial no uso de fertilizantes no Brasil para atender a intensificação da agricultura e a recuperação de áreas degradadas. O mercado brasileiro de fertilizantes, porém, é frágil e com grande dependência das importações. A demanda para encontrar alternativas para o uso mais eficiente dos fertilizantes é constante. Nesse contexto, alguns microrganismos, como as bactérias fixadoras de N₂ atmosférico, as bactérias promotoras do crescimento de plantas, os fungos micorrízicos, entre outros, podem desempenhar papel relevante e estratégico para garantir altas produtividades a baixo custo e com menor dependência da importação de adubos (HUNGRIA, 2011).

Novas alternativas devem ser empregadas visando incremento na produção da triticultura nacional. Dentre essas alternativas desenvolvidas para a cultura do trigo nos últimos anos, a fim de se diminuir o custo de produção e aumentar a produtividade de grãos, pode-se citar aumento da massa hectolétrica, por meio de cultivares melhoradas, resistência ao acamamento, menor germinação na espiga, utilização de formas de adubação, inoculação das sementes, entre outras práticas (FORNASIERI FILHO, 2008).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) correspondem a um grupo de microrganismos benéficos às plantas devido à capacidade de colonizar a superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas (KLOEPPER; LIFSHITZ, ZABLOTOWICZ, 1989). As BPCP podem estimular o crescimento das plantas por diversas maneiras, sendo as mais relevantes: a capacidade de fixação biológica de N₂, o aumento na atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas (CASSÁN et al., 2008), a produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberilinas, etileno (TIEN et al., 1979) e uma variedade de outras moléculas (PERRIG et al., 2007), a solubilização de fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004), e por atuarem como agentes de controle biológico de patógenos (CORREA et al., 2008). Em geral, acredita-se que as BPCP beneficiam o crescimento das plantas por combinação de todos esses mecanismos (DOBBELAERE; VANDERLEYDEN; OKON, 2003).

Barassi et al. (2008) relataram melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior

elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa e maior altura de plantas. Enquanto que Bashan et al. (2006) verificaram incremento em vários pigmentos fotossintéticos, tais como clorofila “a” e “b”, e pigmentos fotoprotetivos auxiliares, como violaxantina, zeaxantina, ateroxantina, luteína, neoxantina e beta-caroteno, que resultariam em plantas mais verdes e com menor efeito de estresse hídrico.

Outro importante processo dirigido pela microbiota do solo é a fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN). Moreira e Siqueira (2002) afirmam que a fixação do N₂ atmosférico pela microbiota é a principal via de adição de N no sistema solo-planta, contribuindo com cerca de duas vezes mais do que é aplicado via fertilização mineral.

O gênero *Azospirillum* abrange um grupo de BPCP de vida livre que é encontrado em quase todos os lugares da Terra. Há relatos, também, de que as bactérias desse gênero podem ser endofíticas facultativas (DÖBEREINER; PEDROSA, 1987). A espécie *Spirillum lipoferum* foi inicialmente descrita por Beijerinck e, em 1978, foi proposta a sua reclassificação como *Azospirillum*, juntamente com a descrição de duas espécies, *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense* (TARRAND; KRIEG; DÖBEREINER, 1978); sendo que hoje estão descritas 14 espécies no gênero.

O processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) em gramíneas ocorre por meio de bactérias diazotróficas. Especificamente para o milho e trigo, a *Azospirillum brasilense* é uma das bactérias que vem proporcionando resultados positivos. Esta bactéria é caracterizada pelo formato de bastonetes, as quais comumente são uniflageladas, Gram-negativas, com movimento vibratório característico e padrão flagelar misto (HALL; KRIEG, 1984). Essas bactérias não dispõem de mecanismos de proteção ao O₂, demonstrando maior eficiência na utilização de fontes de C para fixação de N₂, pelo fato de serem endofíticas (DÖBEREINER; BALDANI; BALDANI et al., 1995).

A FBN é um processo que depende de vários fatores, para que a bactéria estabeleça interação positiva com a planta é indispensável a utilização de estipes de *Azospirillum brasilense* selecionadas (HUNGRIA, 2011), capazes de competir com os microrganismos presentes no solo. Outro fator a ser levado em consideração é a escolha do genótipo a ser inoculado, pois a relação benéfica de simbiose entre o cultivar e a bactéria é determinada pela qualidade dos exsudatos liberados pelas raízes da planta (NEHL; ALLEM; BROWN, 1996). Bactérias do gênero *Azospirillum* podem atuar no crescimento vegetal por meio da redução do nitrato até amônia, podendo essa energia ser disponibilizada a outros processos vitais do metabolismo (FERREIRA; FERNANDES; DÖBEREINER, 1987), no entanto, este processo

de fixação biológica também necessita de energia na forma de adenosina-tri-fosfato (ATP) para acontecer (HOFFMANN, 2007).

Essas bactérias podem atuar no crescimento da planta pela produção de substâncias promotoras de desenvolvimento (auxinas, giberelinas e citocininas) as quais proporcionam melhor crescimento radicular (OKON; VANDERLEYDEN, 1997) e por consequência terão maior absorção de água e nutrientes (CORREA et al., 2008) resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (BASHAN; HOLGUIN; DE-BASHAN, 2004; HUNGRIA, 2011).

Usualmente a inoculação com *A. brasilense* proporciona incremento de massa seca, de acúmulo de N nas plantas e produtividade de grãos, principalmente se a associação for entre bactéria e genótipos não melhorados e em condições de baixa disponibilidade de N (OKON; VANDERLEYDEN, 1997). O estado nutricional da planta, a qualidade dos exsudatos, a existência de microrganismos competidores e a escolha da estirpe também são fatores que podem influenciar na interação entre a planta e a bactéria, afetando assim a eficiência da FBN (QUADROS, 2009).

As pesquisas relacionadas à eficiência do uso de inoculantes a base de *A. brasilense* foram negligenciadas por muitos anos devido à inconsistência dos resultados que vinham sendo obtidos, sendo que recentemente voltaram a ser o foco de muitos pesquisadores em função da necessidade do desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável. As gramíneas apresentam algumas vantagens quando comparadas às leguminosas. Possuem sistema radicular fasciculado, tendo vantagens sobre o sistema pivotante das leguminosas para extrair água e nutrientes do solo, que aliado a outros fatores fisiológicos, promove maior atividade fotossintética (C3). Nem todo o N necessário na cultura do milho é fornecido pela associação com a bactéria, fazendo da técnica uma forma de suplementação de N para a cultura. No entanto, esta alternativa pode propiciar redução no uso de fertilizantes minerais nitrogenados (DÖBEREINER, 1992).

A inoculação com *Azospirillum* é realizada de maneira similar a inoculação de sementes de soja com *Bradyrhizobium*. O produto pode ser aplicado na forma sólida (como turfa) ou na forma líquida, sendo mais comum via sementes. Também, é necessário ser cauteloso às condições de temperatura, não deixando exposto ao sol e sem aplicação conjunta com agroquímicos, pois se trata de microrganismos vivos (HUNGRIA et al., 2010).

As gramíneas, como o trigo, por se beneficiarem pouco da fixação biológica de nitrogênio em relação a leguminosas, precisam obter praticamente todo o seu N do solo e dos fertilizantes. Nesse sentido, é necessário estabelecer a relação entre o N disponível e o aplicado com a produtividade de grãos de trigo (ESPINDULA et al., 2010).

Plantas inoculadas com *Azospirillum* spp. tem a morfologia do sistema radicular alterados como o aumento do número de radicelas, do diâmetro médio das raízes laterais e de adventícias, o que possibilita a exploração de maior volume de solo, e aumenta a superfície de absorção das raízes da planta (QUADROS, 2009). Consequentemente proporcionando maior acúmulo de N nas plantas, aumento na massa seca e incrementos na produtividade de grãos (HUNGRIA et al., 2010), além de gerar significativa economia de fertilizantes minerais nitrogenados aplicados à cultura. Por isso, o interesse na utilização dessa bactéria promotora de crescimento capaz de contribuir para a nutrição de plantas tem aumentado e tende a aumentar nos próximos anos, devido ao alto valor financeiro investido anualmente com fertilizantes e em relação ao que se chama de Agricultura Sustentável (HUNGRIA et al., 2010).

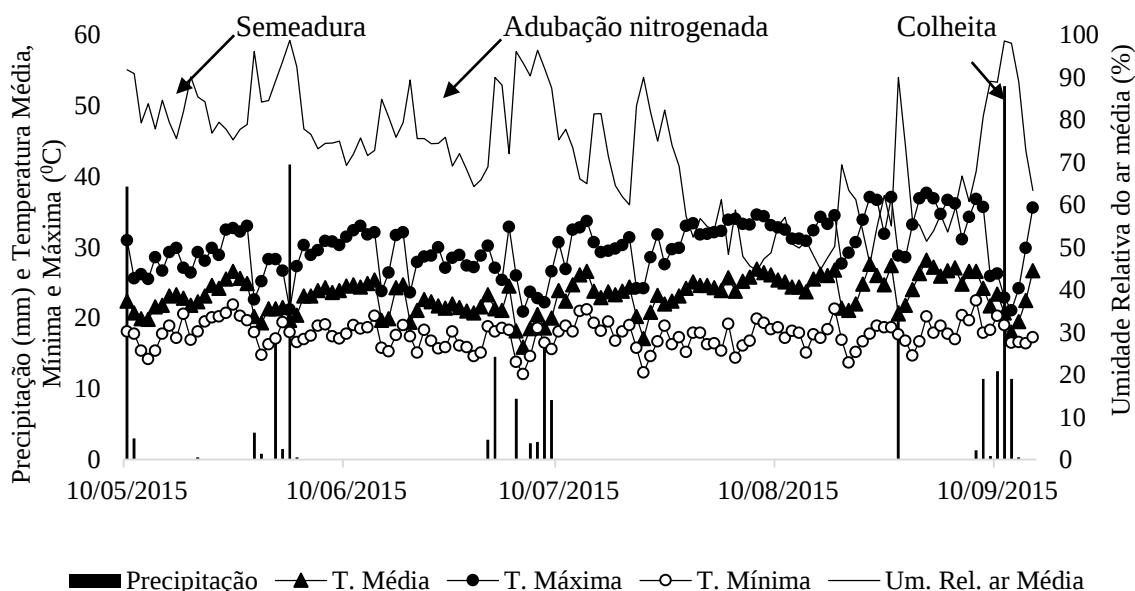
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL E HISTÓRICO DE MANEJO

O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria – MS. A área está situada nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 22° 23' S e longitude 51° 27' W, com altitude de 335 metros. O tipo climático da região é classificado como clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno - Aw (KÖPPEN, 2001) com precipitação média anual de 1370 mm, temperatura média anual de 23,5° C e umidade relativa do ar entre 70 e 80 % (média anual).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (LVd) de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2006), o qual vem sendo cultivado por culturas anuais há mais de 28 anos, sendo os últimos 12 anos em sistema plantio direto e a cultura anterior à semeadura do trigo foi o milho. Na Figura 1 estão representadas as condições climáticas registradas no decorrer do experimento de trigo.

Figura 1- Precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas durante o experimento de trigo em 2015 junto à estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP. Período de maio a setembro de 2015.



Fonte: o próprio autor

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS UTILIZADOS

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 3 x 2, para avaliar cultivares de trigo e inoculação, sendo três cultivares de trigo (CD 116, IPR CATUARA TM e IAC 385), com ou sem inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* (estirpes Abv5 Abv6 (garantia de 2×10^8 UFC mL⁻¹)). As parcelas eram de 20 m de comprimento com 12 linhas, sendo a área útil da parcela as 8 linhas centrais, excluindo-se 0,5 m das extremidades.

Estas parcelas foram subdivididas em sete, que consistiram nas épocas de coleta de plantas de trigo (conforme os estádios fenológicos de Zadoks et al. (1974): 1 (antes do afilhamento), 2 (afilhamento e antes da adubação nitrogenada de cobertura), 3 (folha bandeira), 4 (emborrachamento), 5 (florescimento), 6 (grão pastoso) e 7 (maturação fisiológica)).

O cultivar CD 116 apresenta ciclo precoce de 112 dias para maturação, altura média de 77 cm que é considerada baixa, sua textura dura, moderadamente resistente ao acamamento, e qualidade industrial de trigo melhorador (COODETEC) O cultivar IPR Catuara TM apresenta ciclo precoce de 112 dias para maturação, altura média de 87 cm, moderada suscetibilidade ao acamamento e moderada resistência à debulha natural e qualidade industrial de trigo melhorador (RIEDE et al., 2011). O cultivar IAC 385 apresenta ciclo médio, variando de 130 a 140 dias, tem características de trigo melhorador, apresenta altura média de 85 a 90 cm, moderada resistência ao acamamento e resistente à debulha natural (FELICIO et al., 2011).

3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Na área foram utilizados para dessecação prévia da planta daninha com os herbicidas glifosato (1800 g ha⁻¹ do i.a.) e 2,4-D (670 g ha⁻¹ do i.a.), aplicados duas semanas antes da semeadura do trigo, seguido cinco dias antes, do manejo da área com desintegrador mecânico (Triton).

Os atributos químicos do solo na camada arável determinados antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001) apresentaram os seguintes resultados: 30 mg dm⁻³ de P (resina); 6 mg dm⁻³ de S-SO₄; 28,1 g dm⁻³ de MO.; 5,4 de pH (CaCl₂); K, Ca, Mg, H+Al = 3,2; 29,7; 21,4 e 33,8 mmol_c dm⁻³, respectivamente; Cu, Fe, Mn, Zn (DTPA) = 6,2; 23,0; 97,5 e 1,4 mg dm⁻³, respectivamente; 0,21 mg dm⁻³ de B (água quente), 0% de saturação por alumínio e 61% de saturação por bases.

Na adubação de semeadura foram fornecido 350 kg ha⁻¹ da 08-28-16, o que equivale a 28 kg ha⁻¹ de N, 98 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 56 kg ha⁻¹ de K₂O para todos os tratamentos, baseado na análise do solo e na exigência da cultura do trigo (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997).

No tratamento de sementes foi utilizado apenas o inseticida de princípio ativo imidacloprid + thiodicarb. A inoculação das sementes de trigo foi realizada com as estirpes AbV5 e AbV6 de *Azospirillum brasilense* (garantia de 2×10^8 UFC mL⁻¹), na dose de 300 mL de inoculante (líquido) por saca de 60.000 sementes de trigo, com o auxílio de uma betoneira limpa para incorporação e foi efetuada até uma hora antes da semeadura da cultura à sombra.

A condução do experimento ocorreu em sistema plantio direto. A semeadura mecânica com disco duplo foi realizada no dia 14/05/2015, sendo semeadas 80 sementes por metro, com espaçamento de 0,17 m entre linhas dos três cultivares de trigo. A emergência de plântulas foi observada 4 dias após a semeadura, no dia 18/05/2015. O manejo de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação do herbicida Metsulfuron Methyl (3,0 g ha⁻¹ do i.a.) em pós-emergência aos 20 DAE). A área foi irrigada por sistema de aspersão do tipo pivô central, com lâmina de água média de 14 mm e turno de rega de aproximadamente 72 horas, quando necessário.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no dia 23/06/2015, 35 DAE realizada na dose de 120 kg ha⁻¹ de N (fonte sulfato de amônio), no estágio Zadoks 2 (afilhamento do trigo), a lanço e sem incorporação ao solo nas entrelinhas do trigo, aproximadamente 8 cm das linhas de semeadura, a fim de se evitar o contato do fertilizante com as plantas. Após a adubação de cobertura a área foi irrigada por aspersão (lâmina de 14 mm).

A colheita do trigo foi efetuada manualmente, na fase de maturação fisiológica da cultura, quando o trigo estava com umidade entre 20 e 25%, no dia 09/09/2015 (ciclo de 115 DAE).

3.4 AVALIAÇÕES REALIZADAS

As coletas para avaliação da marcha de absorção foram realizadas quando as plantas de trigo estavam nos seguintes estádios fenológicos de Zadoks: 1 (antes do afilhamento), 2 (afilhamento e antes da adubação nitrogenada de cobertura), 3 (folha bandeira), 4 (emborrachamento), 5 (florescimento), 6 (grão pastoso) e 7 (maturação fisiológica).

Foram coletadas 20 plantas inteiras com raízes, em quatro pontos distintos da parcela, para a amostragem de raízes com solo utilizou-se um enxadão para coletar cuidadosamente até a profundidade de 0,30 m e raio de 0,10 m ao lado da linha de cultivo. Em seguida, realizou-se a lavagem deste órgão com água corrente e posteriormente com água deionizada. A separação morfológica foi em raízes, órgãos vegetativos (folhas + colmos), reprodutivos (pendão + espiga com grãos), e outra apenas de grãos, para secagem em estufa de ventilação de ar forçado a 65 °C até a obtenção de massa constante, seguida da moagem destes materiais. Posteriormente,

realizou-se a pesagem e com base nos dados de matéria seca (MS) e na população de plantas por hectare, foram calculados os acúmulos de MS em cada parte da planta descrita e na planta inteira por hectare.

A determinação de nutrientes nos órgãos supracitados foi realizada com base em metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), posteriormente, calculou-se a extração e exportação de macro e micronutrientes em kg ha^{-1} , g ha^{-1} , kg t^{-1} e em g t^{-1} de grãos produzido, além da exportação relativa de nutrientes.

O índice de clorofila foliar (ICF) foi aferido nos seis primeiros estádios fenológicos supracitados, indiretamente por meio de clorofilômetro portátil (Falker clorofiLOG), pelas leituras na folha bandeira nos estádios reprodutivos e na última folha totalmente expandida (no terço médio desta folha) de cima para baixo enquanto a planta não estiver na fase reprodutiva, sempre de seis plantas por parcela.

A concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foliar, coletando-se a folha bandeira inteira de 20 plantas de trigo por parcela, no florescimento pleno, segundo a metodologia descrita em Cantarella, Raij e Camargo (1997).

Na fase de maturação fisiológica do trigo (estádio Zadoks) foram realizadas as seguintes avaliações: a) altura de plantas na maturação, definida como sendo a distância (m) do nível do solo ao ápice do pendão do trigo; b) número de espigas por metro, com auxílio de uma régua graduada. Também foram coletadas 10 espigas de trigo na ocasião da colheita para contagem do: c) número de grãos por espiguetas, d) número de espiguetas por espiga e e) número de grãos por espiga. A massa hectolétrica (f), correspondente à massa de grãos de trigo ocupada em um volume de 100 L, foi determinada em balança de 1/4 com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida); g) massa de 100 grãos, determinada em balança de precisão 0,01g, a 13% (base úmida); h) produtividade de grãos, determinada pela coleta das plantas contidas nas 4 linhas úteis de cada parcela. Após a trilhagem mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em kg ha^{-1} a 13% (base úmida).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram analisados pela análise de variância Teste F e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias dos cultivares de trigo e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e, ajustadas a equações de regressão para analisar o efeito das épocas de coleta (estádios fenológicos do trigo) utilizando o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES FOLIARES E ICF

Os cultivares de trigo não diferiram apenas em relação às concentrações foliares de Ca e Mg (Tabela 1). O cultivar CD 116 foi superior no ICF e concentrações de N e P em relação aos demais cultivares. A concentração foliar de K foi obtida pelo IPR Catuara TM, apesar deste diferir apenas do cultivar IAC 385, que por sua vez, obteve a maior concentração de S foliar.

Com relação a inoculação com *Azospirillum brasilense* houve diferença significativa para nenhum dos macronutrientes (Tabela 1), porém quanto aos tratamentos o CD 116 se destaca com maior índice se diferenciando dos demais. Verificou-se maior ICF quando as sementes de trigo foram inoculadas com esta bactéria diazotrófica. Em revisão recente de trabalhos sobre as respostas fisiológicas induzidas por *A. brasilense*, Barassi et al. (2008) também relataram melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática. Galindo et al. (2016) também constataram maior ICF e diferentemente que a concentração de P foliar com a inoculação com *A. brasilense* foi maior, porém para cultura do milho no Cerrado.

Tabela 1- Índice de clorofila foliar (ICF) e concentração de macronutrientes foliar de cultivares de trigo, com ou sem inoculação com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.

	ICF	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g kg ⁻¹ de M.S.-----							
Cultivares							
IAC 385	56,24b	46,89b	3,65b	18,85b	4,20a	2,86a	6,75a
IPR Catuara	54,89b	46,46b	3,60b	20,84a	4,10a	2,53a	6,01b
CD 116	59,75a	51,57a	3,96a	19,50ab	4,34a	2,61a	5,61b
D.M.S. (5%)	3,36**	1,54**	0,16*	1,92*	0,79 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,72*
Inoculação							
Com <i>Azospirillum</i>	58,10a	48,26a	3,73a	19,90a	4,15a	2,68a	6,16a
Sem <i>Azospirillum</i>	55,87b	48,36a	3,74a	19,57a	4,26a	2,66a	6,08a
D.M.S. (5%)	2,23*	1,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,48 ^{ns}
Média geral	56,96	48,31	3,74	19,73	4,21	2,67	6,12
C.V. (%)	3,73	2,03	2,83	6,15	11,96	13,91	7,47

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. * significativo 0,01 < p < 0,05 ns: não significativo

As concentrações foliares de N, P, e S ficaram acima do preconizado como adequado para cultura do trigo por Cantarella, Raij e Camargo (1997), cuja a faixa adequada para estes nutrientes são: 20-34; 2,1-3,3 e 1,5-3 g kg⁻¹, respectivamente. Para o K, Ca e Mg os teores foliares médios estão dentro do preconizado por Cantarella, Raij e Camargo (1997) como adequado, cuja faixa adequada para tais nutrientes é de, 15-30, 2,5-10,0 e 1,5-4,0 g kg⁻¹. Estes

resultados podem ser explicados pela adequada disponibilidade de macronutrientes nos solo, adubação mineral fornecida e cultivo irrigado do trigo.

Para as concentrações de micronutrientes foliar, não houve diferença entre os cultivares de trigo em relação ao B, Cu e Mn (Tabela 2). Entretanto, verificou-se maior concentração de Fe foliar no cultivar CD 116 e de Zn nas folhas para este cultivar e o IAC 385. Quanto a inoculação com *Azospirillum brasilense* não se constatou incremento nas concentrações foliares de nenhum dos micronutrientes.

Tabela 2- Concentração de micronutrientes foliar de cultivares de trigo, com ou sem inoculação com *Azospirillum brasilense*. Selvíria MS, 2015.

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivares	mg kg⁻¹ de M.S.				
IAC 385	49,60a	10,60a	96,60b	142,60a	25,80a
IPR Catuara	50,30a	10,10a	94,50b	140,50a	23,60b
CD 116	50,90a	10,00a	115,0a	149,00a	24,60ab
D.M.S. (5%)	3,7 ^{ns}	4,2 ^{ns}	13,7*	16,13 ^{ns}	1,4*
Inoculação					
Com <i>Azospirillum</i>	50,33a	9,66a	99,44a	145a	24,33a
Sem <i>Azospirillum</i>	50,28a	10,88a	104,80a	143a	25,11a
D.M.S. (5%)	2,46 ^{ns}	2,80 ^{ns}	9,11 ^{ns}	10,7 ^{ns}	0,93 ^{ns}
Média geral	50,30	10,27	102,16	144	24,72
C.V. (%)	4,67	25,97	8,49	7,07	3,59

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn apresentaram concentrações foliares médias dentro do preconizado como adequado por Cantarella, Raij e Camargo (1997), cuja a faixa adequada para estes micronutrientes são: 5-25; 10-300; 25-150 e 20-70 mg kg⁻¹, respectivamente. Para o B, os teores foliares médios ficaram acima do preconizado por Cantarella, Raij e Camargo (1997) como adequado, cuja faixa adequada para tal nutriente é de 5-20 mg kg⁻¹.

4.2 COMPONENTES DE PRODUÇÃO, BIOMÉTRICOS E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE TRIGO

Os cultivares diferiram quanto ao comprimento da espiga, número de espigas por metro e altura de planta (Tabela 3). Em relação ao comprimento da espiga, as superiores foram dos cultivares IAC 385 e a IPR CATUARA TM. Assim, a tendência é de que as plantas com espigas maiores produzam maior número de grãos (LEMOS et al. 2013). Todavia, isso nem sempre é verdadeiro, já que existe a possibilidade de os grãos terem formato irregular e distribuição pouco densa na espiga.

A maior altura de planta foi do cultivar IAC 385, seguido pelo CD 116 (Tabela 3). A estatura de planta serve como um dos parâmetro para a cultura do trigo para se analisar o acamamento das plantas que pode causar queda na produtividade, mas nesta pesquisa nenhum cultivar apresentou acamamento.

Tanto para o comprimento de espiga como para altura de planta de trigo não houve influencia da inoculação com *Azospirillum brasilense*, concordando em partes com o trabalho de Lemos et al. (2013), os quais relataram que o comprimento de espiga do cultivar CD 120 não foi influenciado por essa inoculação, tratamentos aplicados. Estes autores ainda verificaram maior comprimento de espiga para o cultivar CD 108 com a inoculação de *Azospirillum brasilense* ou com a adubação nitrogenada. Vale destacar que todos os tratamentos propostos na presente pesquisa foram adubados com N, o que explica esta diferença.

Para o número de espigas por metro houve interação significativa entre cultivares de trigo e a inoculação com *Azospirillum brasilense* com destaque para o número de espigas por metro do cultivar CD 116 que foi superior as demais, quando inoculado (Tabela 4). Ressalta-se que a inoculação com esta bactéria propicio menor espigas por metro apenas no IPR CATUARA TM inoculado.

Tabela 3- Comprimento da espiga, número de espigas por metro e altura de planta de cultivares de trigo, com ou sem inoculação com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.

	Comprimento da espiga (cm)	Número de espigas por metro	Altura de planta (cm)
Cultivares			
IAC 385	9,54a	43,12	88,50a
IPR Catuara	9,18a	47,16	77,20c
CD 116	6,90b	59,04	81,90b
D.M.S. (5%)	0,58**	3,98*	3,47*
Inoculação			
Com <i>Azospirillum</i>	8,45 ^{ns}	48,16	82,05a
Sem <i>Azospirillum</i>	8,63 ^{ns}	51,39	83,03a
D.M.S. (5%)	0,39 ^{ns}	2,69*	2,32 ^{ns}
Média Geral	8,54	49,77	82,54
C.V. (%)	5,30	6,16	3,24

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

significativo $p < 0,01$

* significativo $0,01 < p < 0,05$

ns: não significativo

**

Tabela 4- Desdobramento da interação cultivares de trigo e inoculação com *A. brasilense*, da análise de variância referente ao número de espigas por metro. Selvíria – MS, 2015.

Cultivares	Inoculação	
	Com <i>Azospirillum</i>	Sem <i>Azospirillum</i>
IAC 385	41,9bA	44,3bA
IPR Catuara	41,9bB	52,4aA
CD 116	60,7aA	57,4aB
DMS (5%)	2,66	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O cultivar IAC 385 adquiriu o maior número de espiguetas por espiga e também de espiguetas não desenvolvida (Tabela 5), entretanto, o número de grãos por espiga, que é avaliação mais importante dentre estas, do IAC 385 não diferiu dos demais cultivares. Também não houve efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* sobre o número de grãos por espiga, e também para os números de espiguetas por espiga e espiguetas não desenvolvida, concordando com o trabalho de Nunes et al. (2015) e Rodrigues et al. (2014) que o número de grãos por espiga não foi influenciado pela inoculação de *A. brasilense*.

O bom suprimento de N do solo favorece o maior número de perfilhos e grãos por espiga, que influenciam os componentes de produtividade (MEGDA et al., 2009). Conforme descrito anteriormente, a concentração foliar de N em todos os tratamentos foi alta, o que de certa forma explica tais resultados. Teixeira Filho et al. (2008) observaram que não houve efeito significativo da adubação nitrogenada no comprimento de espiga, no número de espiguetas por espiga nem no número de grãos por planta. Lemos et al. (2013) também constataram que o número de espiguetas por espiga de cultivares de trigo (CD 108 e CD 15) não foi influenciado pela inoculação com *A. brasilense*. Por sua vez, Vesohoski et al. (2011) observaram que a produtividade de grãos de trigo varia conforme o número de espigas por metro, número de grãos por espiga, número de espiguetas por espiga e a massa de mil grãos de trigo.

Tabela 5- Número de espiguetas não desenvolvidas, número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga de cultivares de trigo, com ou sem inoculação com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.

	Número de espiguetas por espiga	Número de espiguetas não desenvolvidas	Número de grãos por espiga
Cultivares			
IAC 385	17,96a	1,98a	33,53a
IPR Catuara	15,11b	1,56ab	34,09a
CD 116	14,97b	1,15b	35,72a
D.M.S. (5%)	2,68*	0,47*	5,15 ^{ns}
Inoculação			
Com <i>Azospirillum</i>	16,39a	1,45a	34,77a
Sem <i>Azospirillum</i>	15,64a	1,68a	34,10a
D.M.S. (5%)	1,79 ^{ns}	0,31 ^{ns}	3,40 ^{ns}
Média Geral	16,02	1,56	34,44
C.V. (%)	12,88	23,24	11,52

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* significativo 0,01 < p < 0,05 ns: não significativo

Em relação à massa de 100 grãos não se constatou diferença entre os cultivares de trigo, nem mesmo efeito da inoculação com *A. brasilense* (Tabela 6). O que difere do trabalho de Sala et al. (2007), que trabalhando com diferentes estirpes desta bactéria promotora do crescimento vegetal, verificaram maiores massas de 1000 grãos em trigo.

Para massa hectolétrica houve interação significativa entre os fatores estudados. As maiores massas hectolétricas foram obtidas para o cultivar IPR Catuara TM, apesar deste não diferir do CD 116 quando inoculados (Tabela 7). A inoculação com *A. brasilense* proporcionou maiores massas hectolétricas dos cultivares IPR Catuara TM e CD 116. Entretanto, se ressaltam as altas médias de massa hectolétrica (> 78 kg 100 L⁻¹) obtidas no experimento, que classificam (analisando isoladamente) o trigo tipo 1.

Trindade et al. (2006), Cazetta, Fornasieri Filho e Arf (2007) e Prando et al. (2012) atribuem a menor massa hectolétrica ao aumento no número de espigas ou grãos por área, fato que aumentou a competição por fotoassimilados, prejudicando o enchimento dos grãos. Porém, tal constatação com base apenas no número de espigas por metro, explica apenas os resultados obtidos com o cultivar IPR Catuara TM.

Tabela 6- Massa hectolitrica, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de cultivares de trigo, com ou sem inoculação com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.

	Massa Hectolitrica (kg 100L ⁻¹)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Cultivares			
IAC 385	81,9	4,33a	2571
IPR Catuara	89,0	4,26a	3589
CD 116	87,7	4,09a	4505
D.M.S. (5%)	3,24*	0,52 ^{ns}	562*
Inoculação			
Com <i>Azospirillum</i>	86,7	4,30a	3635
Sem <i>Azospirillum</i>	84,4	4,10a	3476
D.M.S. (5%)	2,17**	0,35 ^{ns}	376 ^{ns}
Média Geral	85,5	4,22	3556
C.V. (%)	1,35	9,49	12,17

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** significativo p<0,01

* significativo 0,01<p<0,05

ns: não significativo

Tabela 7- Desdobramento da interação cultivares de trigo e inoculação com *A. brasilense*, da análise de variância referente a massa hectolétrica de trigo. Selvíria – MS, 2015.

Cultivares	Inoculação	
	Com <i>Azospirillum</i>	Sem <i>Azospirillum</i>
IAC 385	82,4bA	81,4bA
IPR Catuara	90,5aA	87,5aB
CD 116	87,1aA	81,4bB
DMS (5%)	2,17	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação à produtividade de grãos de trigo houve interação significativa entre cultivares e inoculação com *A. brasilense* (Tabela 6). As maiores produtividades de grãos foram obtidas com o cultivar CD 116, independentemente da inoculação ou não com esta bactéria promotora de crescimento de plantas (Tabela 8). Quanto ao efeito da inoculação dentro de cultivares de trigo constatou-se que apenas o cultivar CD 116 proporcionou maiores produtividades de grãos quando inoculado com *A. brasilense* (Tabela 8), confirmando que a resposta a esta inoculação pode variar conforme a afinidade da bactéria com os cultivares de trigo.

Lemos et al. (2013), estudando cinco cultivares de trigo (CD 104, CD 108, CD 119, CD 120 e CD 150), com e sem inoculação e associados a doses de N, também observaram que resposta à inoculação com *A. brasilense* varia entre cultivares de trigo e ocorre de forma satisfatória quando realizada em conjunto com a adubação nitrogenada. Nunes et al. (2015) verificaram que a produtividade de grãos de trigo não foi influenciada pela inoculação de *A. brasilense* em 2011, concordando em partes com os resultados obtidos na presente pesquisa, porém em 2012, a inoculação aumentou em 10% a produtividade de grãos no ambiente com alta disponibilidade de N quando comparada à não inoculação, também corroborando com parte dos resultados obtidos. Alguns cultivares de trigo tem aumento da produtividade de grãos com a inoculação com *A. brasilense*, podendo alcançar incrementos da ordem de 27 a 45% em relação à testemunha (SALA et al., 2007). Prando et al. (2013) relataram que é possível isto, em solo com elevado residual de N, obtendo produtividades acima de 3.500 kg ha⁻¹ somente com adubação de semeadura associado a inoculação com *A. brasilense* de sementes de trigo.

O efeito não significativo na produção por planta pela inoculação com *A. brasilense* da estirpe AbV5 também foi observado por Rodrigues et al. (2000) e Cantarella (2007), ocasião em que esses autores levam a discussão para a questão da especificidade entre bactéria e hospedeiro, além da competição por espaço e alimentos, entre os vários microrganismos presentes no solo uma vez que, nesses casos e apesar de haver contribuição expressiva na absorção de N pela planta inoculada, esta não se reflete no ganho em produtividade, porém resultados significativos em produtividade de grãos foram observados por (DIDONET; RODRIGUES; KENNER; 1996; CAMPOS; THEISEN; GNATTA, 1999; SALA et al., 2007; Mendes et al., 2011).

A falta de padrões nas respostas com a inoculação com *Azospirillum* pode estar ligada ao fato da interação entre bactéria e hospedeiro ser associativa, a não formação de estruturas organizadas e a bactéria não depender da planta hospedeira para sobreviver (MOREIRA et al., 2010; HUNGRIA, 2011), o que torna esta interação sensível a variações na relação entre solo, clima, planta e bactéria (DOBBELAERE et al., 2002; GYANESHWAR et al., 2002; QUADROS et al. 2014).

Tabela 8- Desdobramento da interação cultivares de trigo e inoculação com *A. brasilense*, da análise de variância referente a produtividade de grãos de trigo. Selvíria – MS, 2015.

Cultivares	Inoculação	
	Com <i>Azospirillum</i>	Sem <i>Azospirillum</i>
IAC 385	2493cA	2650bA
IPR Catuara	3535bA	3642aA
CD 116	4876aA	4135aB
DMS (5%)	794,9	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

No que se refere à inoculação com *A. brasilense*, resultados semelhantes foram obtidos por Ferreira et al. (2014), trabalhando com aplicação via foliar de *A. brasilense* e doses de N em cobertura na cultura do trigo na região do Cerrado, onde a inoculação não influenciou no teor de N foliar, altura de plantas, número de espigas por m², número de grãos por espiga, massa hectolétrica, massa de 1.000 grãos e produtividade. Da mesma forma, Nunes et al. (2015), estudando inoculação com *A. brasilense* em solos com alta e baixa disponibilidade de N e Galindo et al. (2015), estudando épocas de aplicação de *A. brasilense* via foliar também não verificaram efeito positivo da inoculação nos diversos componentes produtivos e produtividade de grãos de trigo.

Segundo Lemos et al. (2013), a resposta à inoculação com *A. brasilense* na cultura do trigo ocorre de forma satisfatória quando feita em conjunto com a adubação nitrogenada, elucidando a questão de que o *A. brasilense* auxilia no desenvolvimento com reflexo na produtividade e qualidade da cultura, mas não substitui a adubação nitrogenada, e pode eventualmente diminuir a dose de N a ser aplicada. Concordando com Mendes et al. (2011), que estudando combinações de doses de N e doses de inoculante, verificaram maior número de grãos por espiga, massa hectolétrica, massa de 1000 grãos e produtividade nos tratamentos em que foram efetuados a combinação entre a adubação nitrogenada (20 kg ha⁻¹ na base e 90 kg ha⁻¹ em cobertura) juntamente com a inoculação com *A. brasilense* (300 mL em 150 kg de semente), diferentemente dos resultados obtidos no presente trabalho, que não apontaram nenhum efeito na interação entre doses de N e inoculação com *A. brasilense* nos parâmetros produtivos da cultura do trigo. Vale ressaltar que bactérias do gênero *Azospirillum* são nativas

do solo (SALA et al., 2007). É possível que essas se encontrassem em alta população nos solos em estudo e, com isso, anulasse o efeito da inoculação.

Santa et al. (2008) constataram efeitos significativos sobre a produtividade de grãos de trigo (incremento médio de 23,9% em relação à testemunha) no tratamento inoculado com *Azospirillum brasilense*, com e sem a adição de fertilização nitrogenada. Já Piccinin et al. (2013) preconizam que a utilização de N pode ser reduzida em até 50% quando a inoculação com *A. brasilense* é realizada, favorecendo as características agronômicas da cultura do trigo, contribuindo com aportes adicionais no rendimento, confirmando os resultados obtidos por Zorita e Caniggia (2009) e Piccinin et al. (2011), que após inocular *Azospirillum brasilense* nas sementes de trigo, obtiveram incrementos expressivos na produtividade da cultura. Assim como Hungria (2011) observou aumento médio de 26% na produtividade de grãos de milho e de 31% para trigo, diferentemente de parte dos resultados verificados no presente trabalho.

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram em partes com Barbieri et al. (2012), que concluíram que a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* não interferiu na altura de plantas, número de grãos por espiga, massa hectolétrica, massa de 1000 grãos e na produtividade de grãos de trigo irrigado na região do Cerrado. Resultado semelhante foi obtido por Rodrigues et al. (2012), que verificaram que a inoculação com *A. brasilense* não influenciou a altura de plantas, matéria seca, o número de espigas por m², número de grãos por espiga, massa hectolétrica, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de trigo irrigado na região do Cerrado, embora a produtividade de trigo inoculado proporcionou a obtenção de 394 kg ha⁻¹ a mais de grãos em relação ao tratamento sem inoculação de sementes, concordando com Bashan, Holguin e De-Bashan (2004), que demonstraram que o *Azospirillum* sp. estimula o crescimento e a produtividade de plantas como o trigo.

Mendes et al. (2011) concluíram que houve eficiência agronômica no uso da bactéria *Azospirillum brasilense* para a cultura do trigo, onde a massa hectolétrica e a produtividade de grãos de trigo também foram influenciadas positivamente pelo uso de *Azospirillum brasilense*, via tratamento de sementes e ainda segundo os autores, os tratamentos não reduziram os parâmetros de qualidade de farinha do trigo. Portugal et al. (2012), estudando aplicação via foliar de *A. brasilense* na cultura do milho, verificaram que o teor de N foliar, população final de plantas e a produtividade de grãos foram maiores quando houve a inoculação desta bactéria via foliar.

Tarumoto et al. (2012), analisando a inoculação com *Azospirillum brasilense* e tratamento de sementes com defensivos agrícolas na produtividade de trigo irrigado na região do cerrado, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho, não verificaram influência

da inoculação nos componentes de produção e a produtividade da cultura do trigo irrigado. Entretanto, Santa et al. (2008) constataram efeitos significativos sobre a produtividade de grãos de trigo (em média de 23,9% em relação à testemunha) no tratamento inoculado *Azospirillum brasilense*, com e sem a adição de fertilização nitrogenada.

4.3 ACÚMULO DE MATÉRIA SECA DE RAIZ E DAS PARTES VEGETATIVA, REPRODUTIVA E TOTAL DE TRIGO

No final do ciclo da cultura, os tratamentos influenciaram a produção de MS da raiz de trigo (Tabela 9), os cultivares CD 116 e o IAC 385 apresentaram maior MS do sistema radicular em relação ao IPR CATUARA TM. Em relação, a inoculação com *A. brasilense* verificou-se significativo aumento da MS das raízes dos cultivares, incremento este de 12% quando comparado ao não inoculado. Zaied et al. (2003) atribuem esse aumento do tamanho das raízes ao fato de a bactéria produzir hormônios que interferem no crescimento da planta aumentando o volume das raízes, o que possibilita a exploração de um maior volume de solo, aumentando a absorção de água e nutrientes. Reis Junior et al. (2008) em casa de vegetação também observaram diferença em MS de raiz. Logo, a transferência de N atmosférico para as plantas através da fixação biológica de N₂ e o crescimento promovido pelas substâncias produzidas por rizobactérias melhoram o desenvolvimento radicular e, posteriormente, aumentam a absorção de nutrientes pelas plantas de trigo (ALI et al., 2002).

Tabela 9- Matéria seca das raízes (MSR), matéria seca da parte vegetativa (MSV), matéria seca da parte reprodutiva (MSRepr) e matéria seca total (MST) no final do ciclo (R6) de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.

	MSR	MSV	MSRepr	MST
	-----kg ha ⁻¹ -----			
Cultivares de trigo				
IAC 385	450 a	3316	4015 b	7782 a
IPR CATUARA	328 b	2291	4030 b	7778 a
CD 116	481 a	3235	5104 a	8820 a
D.M.S. (5%)	78*	473**	931**	1740 ^{ns}
Inoculação				
Com <i>Azospirillum brasilense</i>	446 a	2872	4508 a	8357 a
Sem <i>Azospirillum brasilense</i>	393 b	3022	4258 a	7897 a
D.M.S. (5%)	51**	314 ^{ns}	617 ^{ns}	1154 ^{ns}
Média geral	419	2947	4383	8127
CV (%)	11,74	10,15	13,41	13,52

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** significativo p<0,01

* significativo 0,01<p<0,05

ns: não significativo

Para a MS da parte vegetativa houve efeito significativo da interação entre cultivares de trigo e inoculação (Tabela 9). No desdobramento referente à MS vegetativa (Tabela 10), para o cultivar CD 116 inoculado com *Azospirillum brasilense* houve maior crescimento da parte vegetativa em relação ao sem a inoculação. Resultado contrário foi obtido para o IPR CATUARA TM, enquanto que para o IAC 385 não houve diferença para inoculação. Os cultivares CD 116 e IAC 385 quando inoculados com *Azospirillum brasilense* apresentaram maior MS vegetativa, entretanto, quando não se realizou a inoculação, o acúmulo de MS vegetativa não diferiu entre os três cultivares de trigo, demonstrando mais uma vez o efeito promotor de crescimento desta bactéria.

Perin et al. (2003) também observaram aumento de massa radicular e massa fresca da parte aérea com inoculação com *A. brasilense*. Semelhantemente Rodrigues et al. (2014) verificaram maior MS em folhas de trigo em plantas inoculadas com *A. brasilense*, porém em cultivo protegido. Dartora et al. (2013) em condições de campo, também relataram incrementos em matéria seca com à inoculação de *A. brasilense* e *H. seropedicae*. A influência negativa relatada para o cultivar IPR CATUARA TM quanto à inoculação, assemelha-se ao trabalho de Campos, Theisen e Gnatta (1999), que constataram respostas negativas na produção de MS em trigo e aveia inoculados com *A. brasilense* em campo. Por outro lado, Sala et al. (2007) verificaram que a produção de MS pela parte aérea de plantas de trigo duplicou nos tratamentos que receberam a inoculação com bactérias diazotróficas, em relação à testemunha, entretanto, este resultado mais expressivo foi obtido apenas nos tratamentos nos quais se aplicou baixa dose de fósforo.

Quanto a MS da parte reprodutiva (Tabela 9), o cultivar CD 116 se destacou, sendo superior aos demais cultivares. Embora, os cultivares de trigo inoculados com *A. brasilense* tenham proporcionado aumento de 250 kg ha⁻¹, não se verificou diferença significativa para tal tratamento. Para MS total de plantas não houve diferença entre os cultivares e também para inoculação ou não. Contudo, ressalta-se que quando inoculado houve aumento de 460 na MS total de trigo.

Tabela 10- Desdobramento da interação cultivares e inoculação com *Azospirillum brasilense* para a matéria seca vegetativa de trigo. Selvíria – MS, 2015.

Cultivares de trigo	Inoculação	
	Com <i>Azospirillum brasilense</i>	Sem <i>Azospirillum brasilense</i>
	-----kg ha ⁻¹ -----	
IAC 385	3155 aA	3478 aA
IPR CATUARA	1936 bB	2646 aA
CD 116	3526 aA	2994 aB
DMS (5%)	544	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

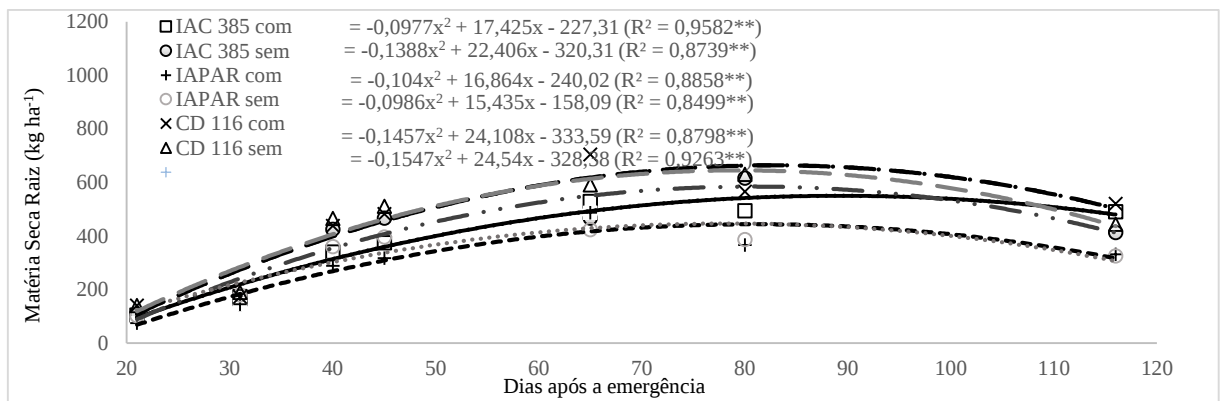
Os tratamentos influenciaram a produção de matéria seca da raiz (Figura 2), o cultivar que obteve maior sistema radicular foi o CD 116, notando que a inoculação com *Azospirillum brasilense* foi superior. Quando houve a inoculação, verificou-se para todos cultivares que o pico de acúmulo do sistema radicular foi a 65 DAE, enquanto que sem a bactéria o pico foi aos 80 DAE. Zaied et al. (2003) atribuem esse aumento do tamanho das raízes ao fato de a bactéria produzir hormônios que interferem no crescimento da planta aumentando o volume das raízes, o que possibilita a exploração de um maior volume de solo, aumentando a absorção de água e nutrientes. Reis Junior et al. (2008), em casa de vegetação, também observaram diferença em massa seca de raiz. Logo, a transferência de N atmosférico para as plantas através da fixação biológica de N e o crescimento promovido pelas substâncias produzidas por rizobactérias melhoram o desenvolvimento radicular e, posteriormente, aumentam a absorção de nutrientes pelas plantas de trigo (ALI; DARWISH; MANSOUR, 2002).

Para a matéria seca na parte vegetativa (Figura 3), o ponto de maior crescimento está entre o 70 e 80 DAE que se encontra na fase do florescimento até o grão pastoso. Apenas para o cultivar CD 116 inoculado com *Azospirillum brasilense* houve maior crescimento da parte vegetativa que o sem a inoculação. Perin et al. (2003) também observaram aumento de massa radicular e massa fresca da parte aérea com inoculação com *A. brasilense*. Semelhantemente, Rodrigues et al. (2014) verificaram maior matéria seca em folhas de trigo em plantas inoculadas com *A. brasilense*, porém em cultivo protegido. Dartora et al. (2013), em condições de campo, também relataram incrementos em matéria seca com a inoculação de *A. brasilense* e *H. seropedicae*. Por outro lado, Campos, Theisen e Gnatta (1999), constatarem respostas negativas na produção de matéria seca em trigo e aveia inoculados com *A. brasilense* em campo. Sala et al. (2007) verificaram que a produção de matéria seca pela parte aérea de plantas de trigo duplicou nos tratamentos que receberam a inoculação com bactérias diazotróficas, em relação

à testemunha, entretanto, este resultado mais expressivo só foi obtido pelos tratamentos nos quais se aplicou baixa quantidade de fósforo.

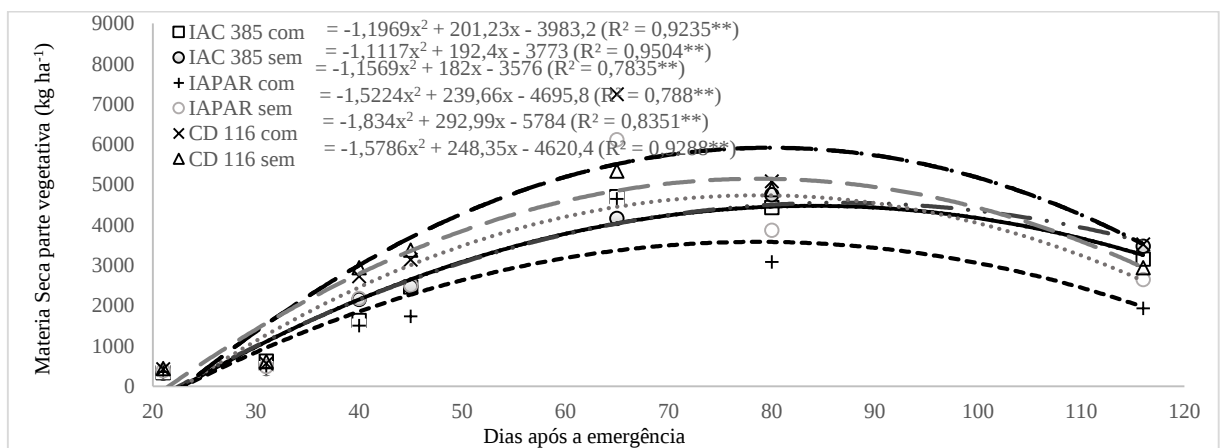
A matéria seca na parte reprodutiva aumentou linearmente com o passar do tempo (Figura 4), o que foi satisfatório pois a planta acumula mais matéria seca ao encher os grãos no final do ciclo. Em relação à matéria seca total de plantas observa-se de modo geral que o pico de acúmulo foi após 105 DAE (Figura 5), e que posteriormente houve uma estabilidade até o final do ciclo, na época de maturação fisiológica.

Figura 2- Matéria seca de raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



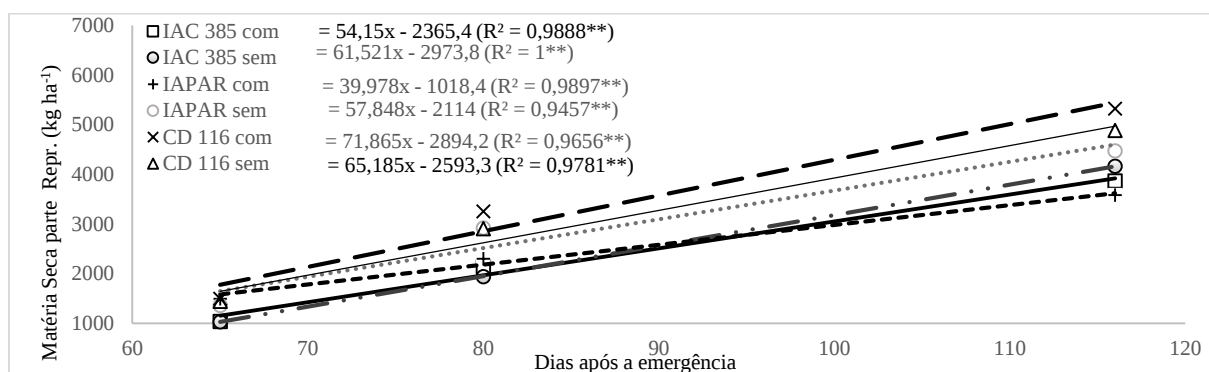
Fonte: Próprio Autor.

Figura 3- Matéria seca da parte vegetativa de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



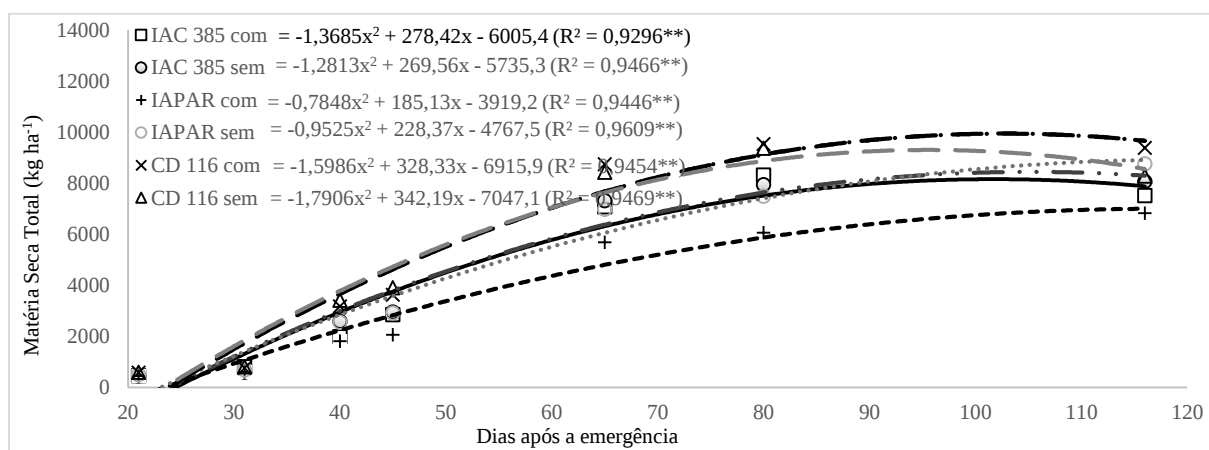
Fonte: Próprio Autor.

Figura 4- Matéria seca da parte reprodutiva de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 5- Matéria seca total de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



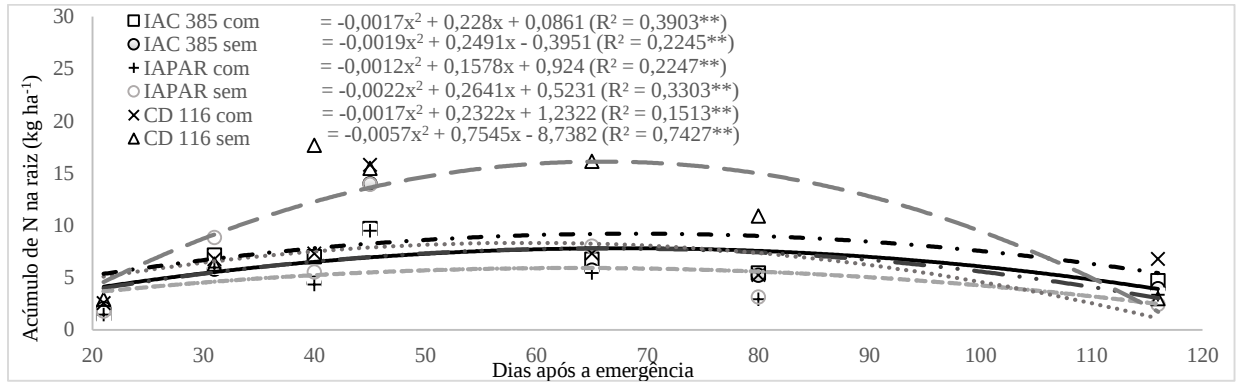
Fonte: Próprio Autor.

4.4 ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NAS RAÍZES

As quantidades de macronutrientes acumulado na raiz de todos os cultivares durante todo o ciclo da cultura, pode ser notado que o nitrogênio tem maior acúmulo aos 65 DAE (Figura 6). A absorção de fósforo foi diferenciada entre os cultivares de trigo, com o cultivar IAPAR obtendo o pico de acúmulo deste nutriente aos 65 DAE, enquanto o IAC 385 e o CD 116 obtiveram maior quantidade acumulada de P aos 45 DAE (Figura 7). O acúmulo de potássio na raiz tem um ponto de máximo próximo aos 65 DAE (Figura 8). O cálcio acumulado na raiz também foi máximo ao redor dos 65 DAE (Figura 9). Quanto a absorção de magnésio, com exceção do cultivar CD 116 sem inoculação todos os outros tratamentos foram semelhantes em

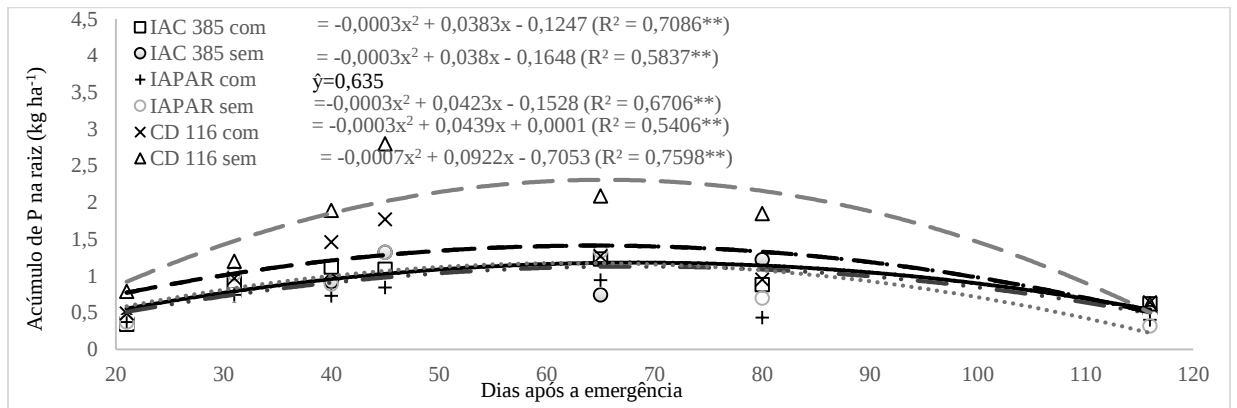
relação ao acúmulo desse nutriente nas raízes (Figura 10). Os maiores acúmulos de enxofre nas raízes em todos os tratamentos foram obtidos entre 60 e 70 DAE (Figura 11).

Figura 6- Nitrogênio acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



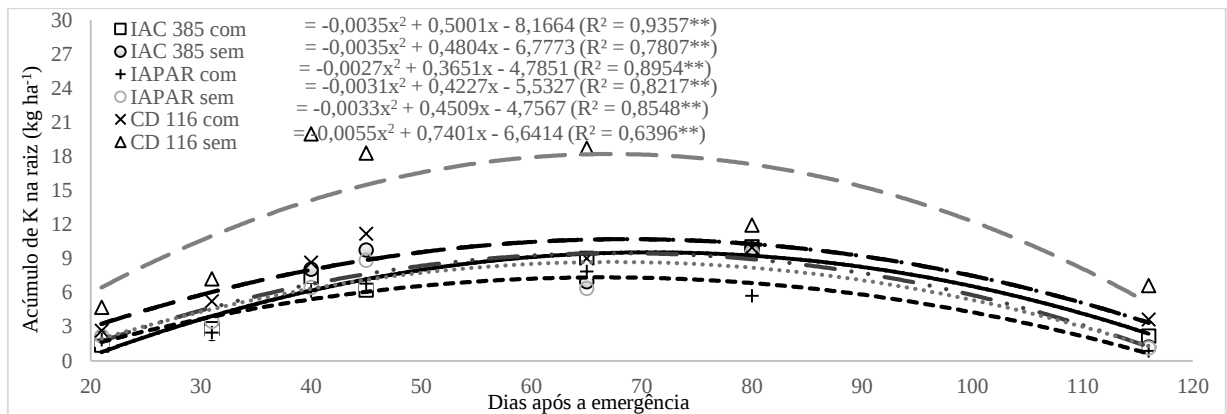
Fonte: Próprio Autor.

Figura 7- Fósforo acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



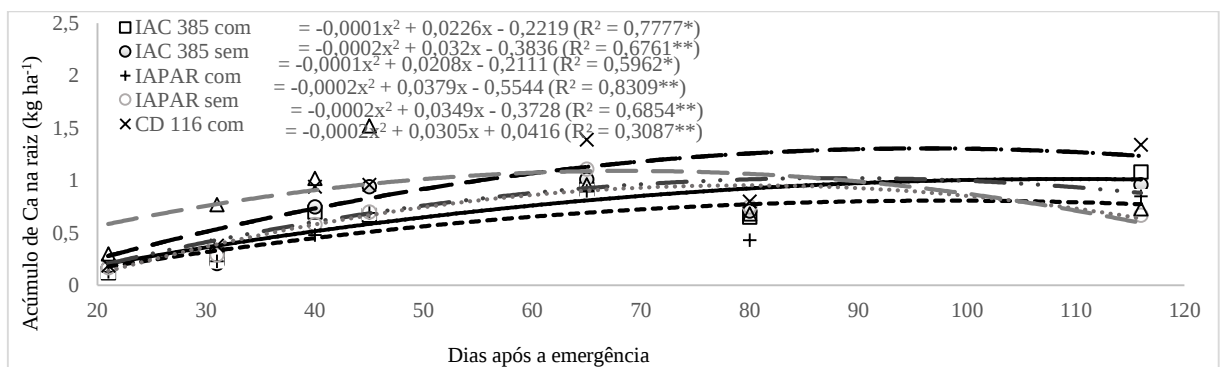
Fonte: Próprio Autor.

Figura 8- Potássio acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015



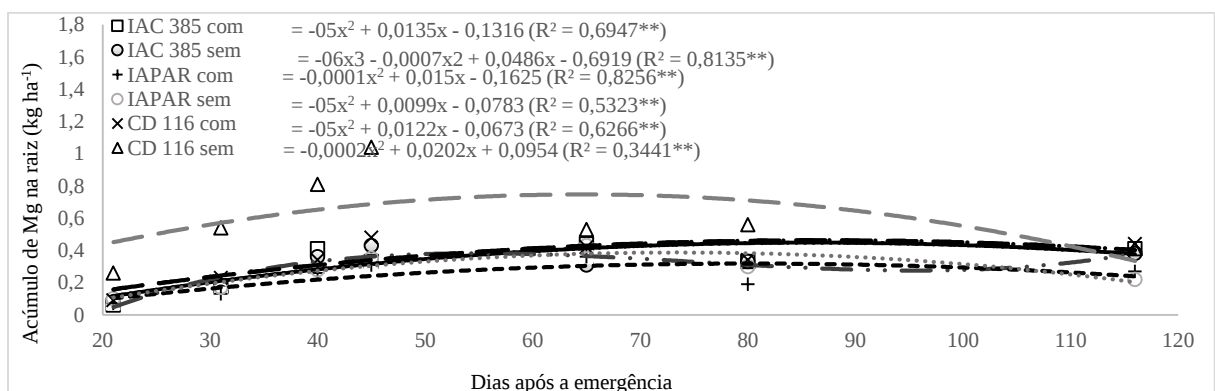
Fonte: Próprio Autor.

Figura 9- Cálcio acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



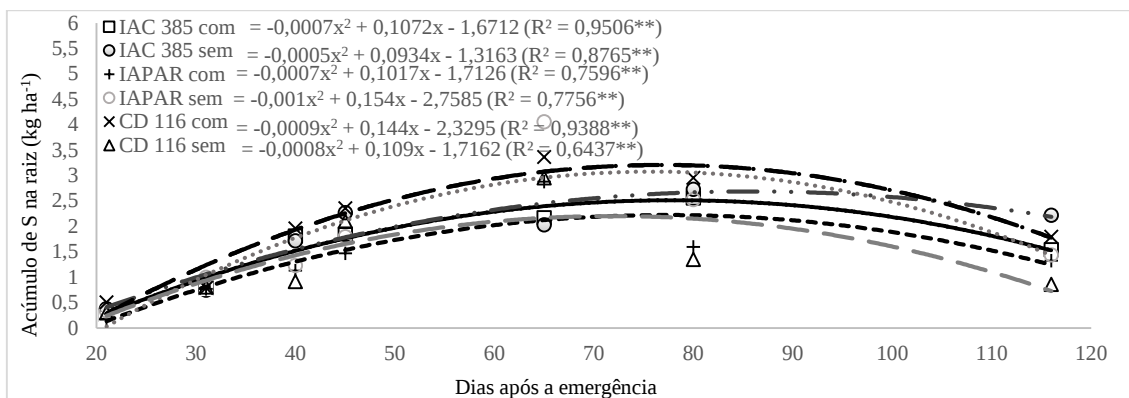
Fonte: Próprio Autor.

Figura 10- Magnésio acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 11- Enxofre acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

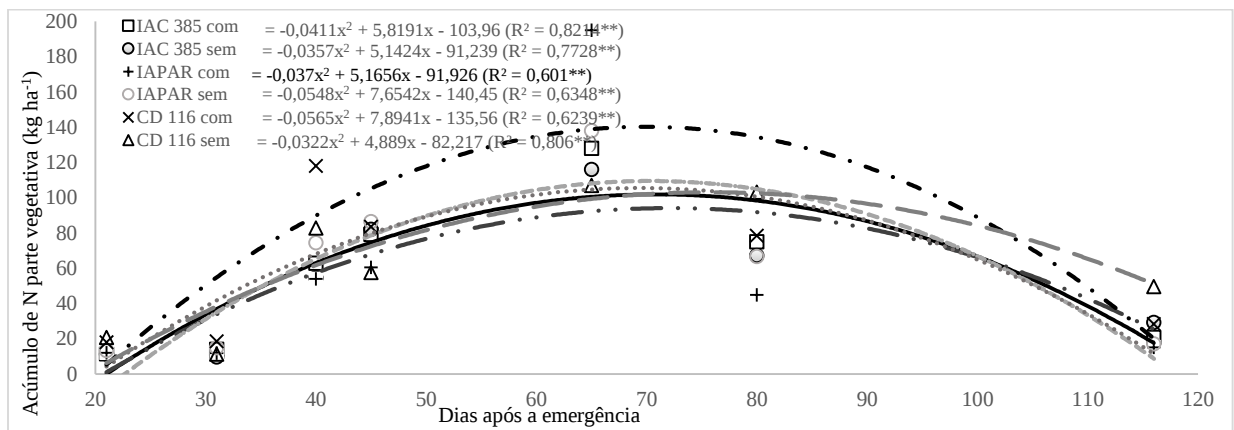
4.5 ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NA PARTE VEGETATIVA

Com relação ao acúmulo de nutrientes na parte aérea vegetativa, verificou-se que o nitrogênio acumulado nos cultivares ajustaram-se a funções quadráticas, com pontos de máxima sendo alcançados em 65 DAE (Figura 12). Vale destacar que a absorção de N quando houve a inoculação com *A. brasilense* dos cultivares CD 116, IAC 385 e IPR CATUARA TM foram superiores em 50, 10 e 30%, respectivamente, em relação a estes cultivares sem esta inoculação. O acúmulo de fósforo foi semelhante ao do nitrogênio, com o pico de acúmulo aos 65 DAE (Figura 13). Para este nutriente também se observaram maiores acúmulos na parte vegetativa com a inoculação para os cultivares IAC 385 e o CD 116, sendo superiores em 16,5 e 26,8%, respectivamente. O maior acúmulo de potássio na parte vegetativa também foi constatado ao redor dos 65 DAE (Figura 14), destacando-se os cultivares IAC 385 e o CD 116 inoculados com *A. brasilense*, os quais acumularam de 21,3 e 66,4%, respectivamente, mais potássio em relação a estes cultivares sem inoculação. O acúmulo de cálcio na parte vegetativa foi máximo por volta dos 80 DAE (Figura 15), porém ressalta-se que os cultivares IAC 385 e CD 116 quando inoculadas com *A. brasilense* obtiveram superiores acúmulos de cálcio (10 e 35%, respectivamente).

O acúmulo de magnésio na parte aérea vegetativa do trigo apresentou uma parábola com o pico entre 65 e 80 DAE (Figura 16), com a inoculação de *A. brasilense* das cultivares IAC 385 e CD 116 proporcionando maiores acúmulos de Mg de 9 e 48%, respectivamente. Para o enxofre acumulado na parte vegetativa constataram-se maiores quantidades próximo dos 80 DAE, sendo novamente verificado para as cultivares IAC 385 e CD 116 inoculadas, os acúmulos de enxofre foram superiores em 9 e 57%, respectivamente (Figura 17). Vale destacar

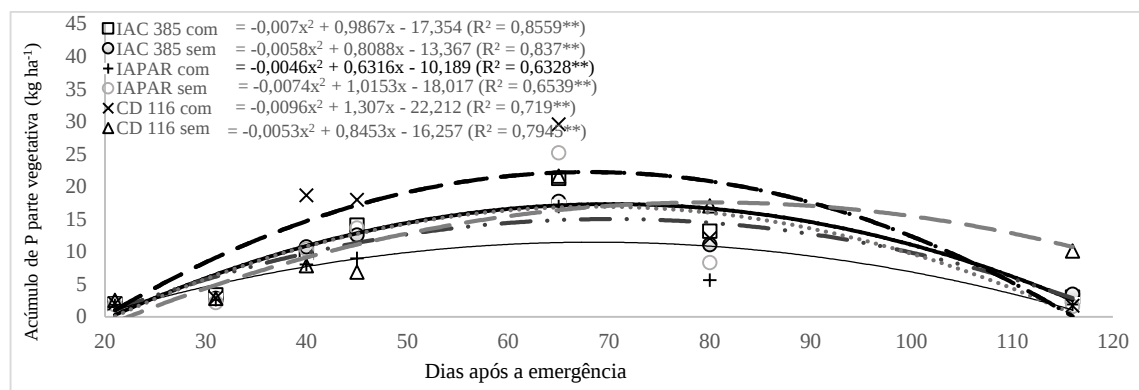
que a inoculação com bactéria *A. brasilense* do cultivar IPR CATUARA TM não interferiu no acúmulo de nutrientes na parte vegetativa. De modo geral, o comportamento se repete comparado a quantidade de nutrientes acumulado nas raízes, pois a planta a partir dos 65 DAE inicia sua fase reprodutiva com isso a demanda de nutrientes é direcionada para essa fase para a planta poder concluir seu ciclo da melhor forma possível.

Figura 12- Nitrogênio acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015



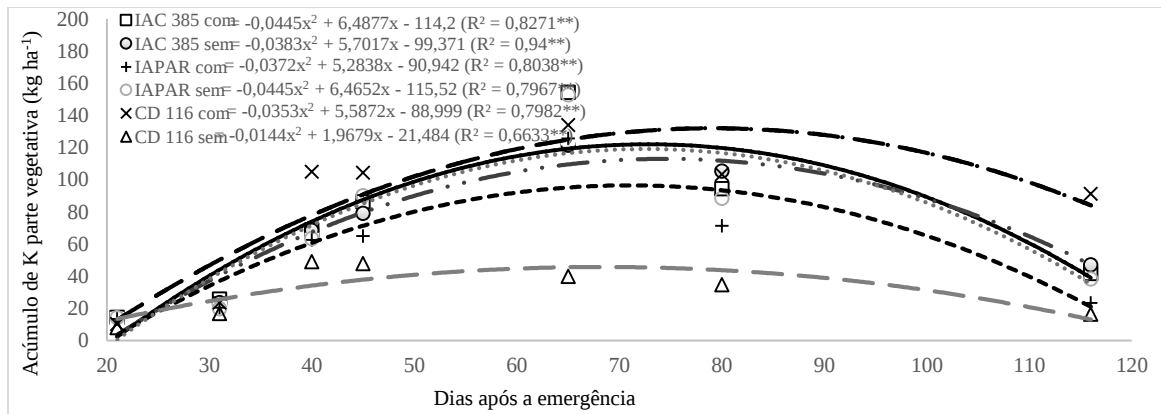
Fonte: Próprio Autor.

Figura 13- Fósforo acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



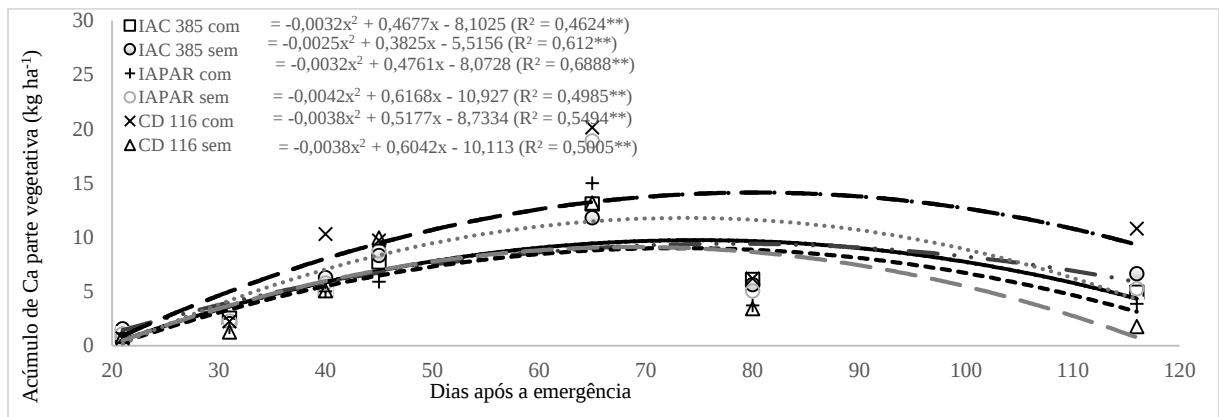
Fonte: Próprio Autor.

Figura 14- Potássio acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



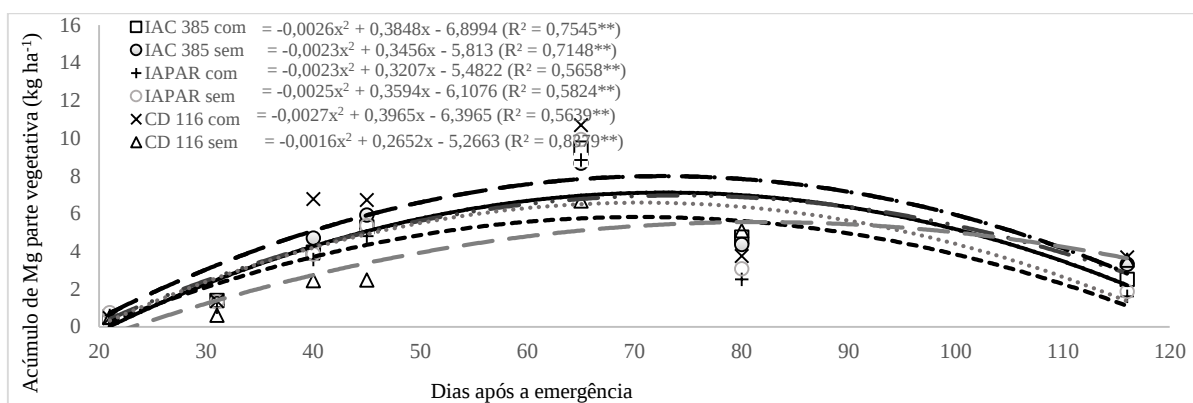
Fonte: Próprio Autor.

Figura 15- Cálcio acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



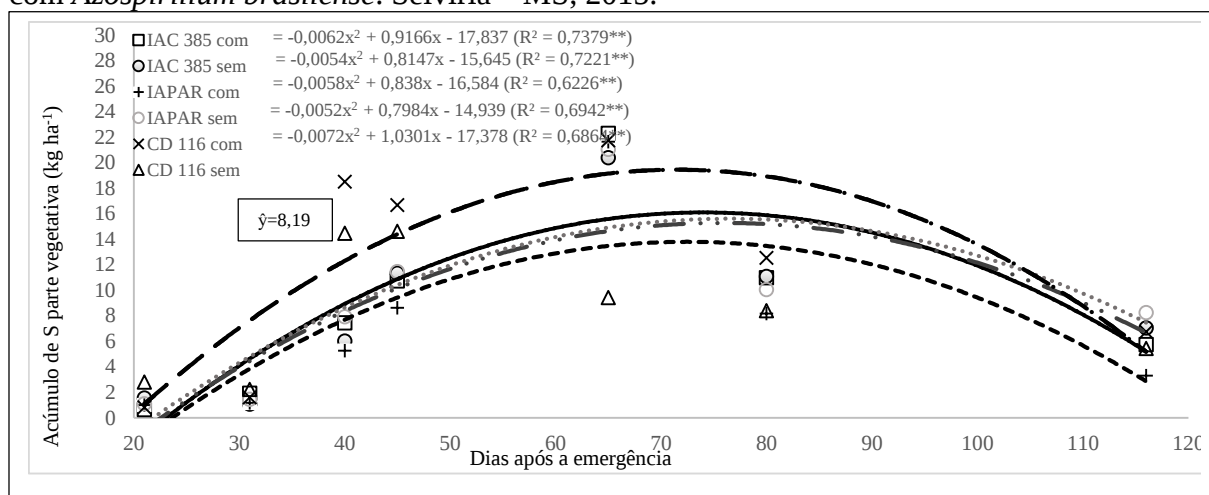
Fonte: Próprio Autor.

Figura 16- Magnésio acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 17- Enxofre acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



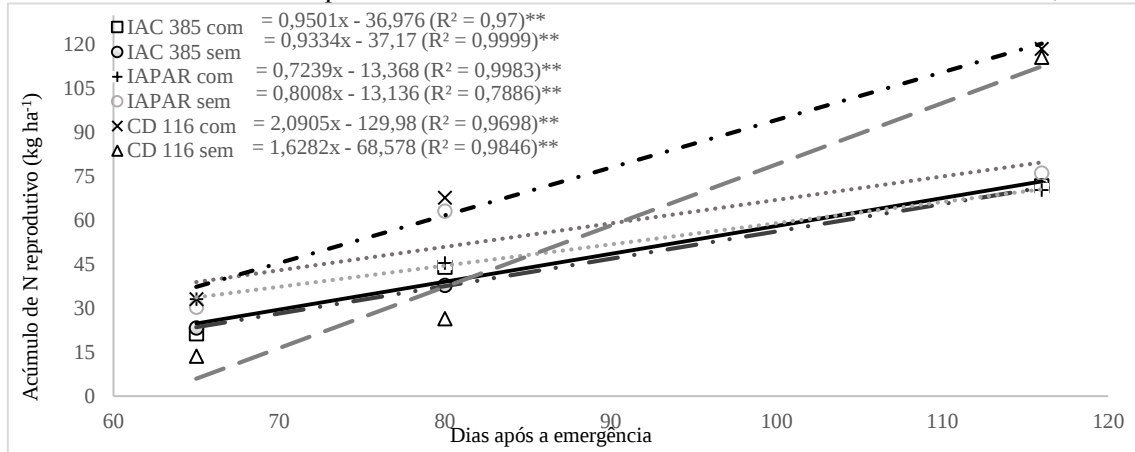
Fonte: Próprio Autor.

4.6 ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NA PARTE REPRODUTIVA

Quanto ao acúmulo de nutrientes na parte reprodutiva das plantas de trigo, notou-se aumento linear da quantidade acumulada de nitrogênio (Figura 18) e maiores acúmulos de fósforo nestes órgãos próximo da maturação fisiológica dos grãos (Figura 19). Para o potássio houve resposta diferenciada entre os tratamentos (Figura 20), com ajuste a função linear crescente para o IAC inoculado, IAC sem inoculação e CD 116 com inoculação, e com maior acúmulo desse nutriente na parte reprodutiva aos 65 DAE no caso do CD 116 sem inoculação e IPR CATUARA TM com inoculação. O cálcio e magnésio acumulados na parte reprodutiva aumentaram linearmente ou de forma quadrática até o final do ciclo dos cultivares de trigo (Figuras 21 e 22). Com exceção do cultivar CD 116 e IPR CATUARA TM, sem inoculação,

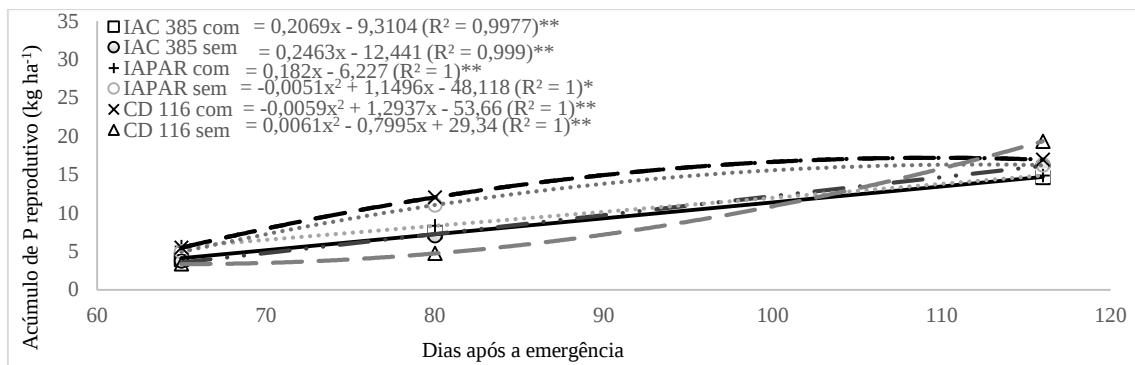
que se ajustaram a funções quadráticas positivas, o acúmulo de enxofre na parte reprodutiva do trigo aumentou linearmente até o final do ciclo dos cultivares de trigo (Figura 23).

Figura 18- Nitrogênio acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



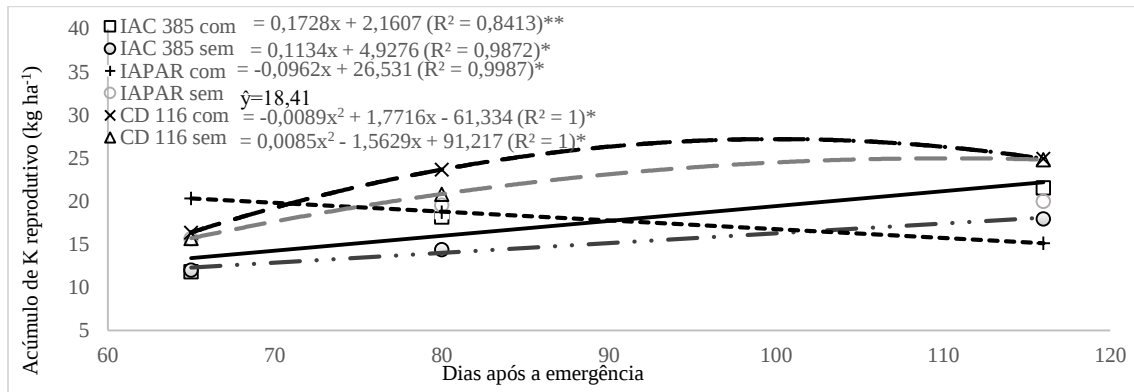
Fonte: Próprio Autor.

Figura 19- Fósforo acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



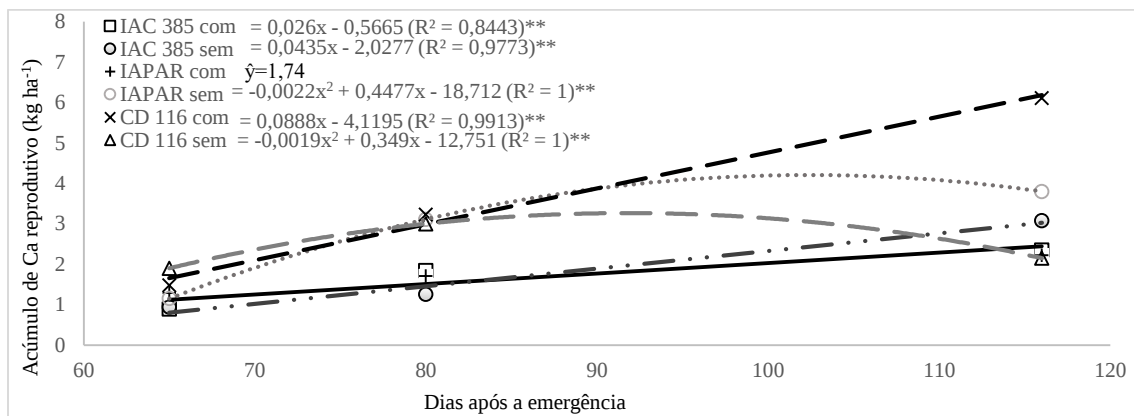
Fonte: Próprio Autor.

Figura 20- Potássio acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



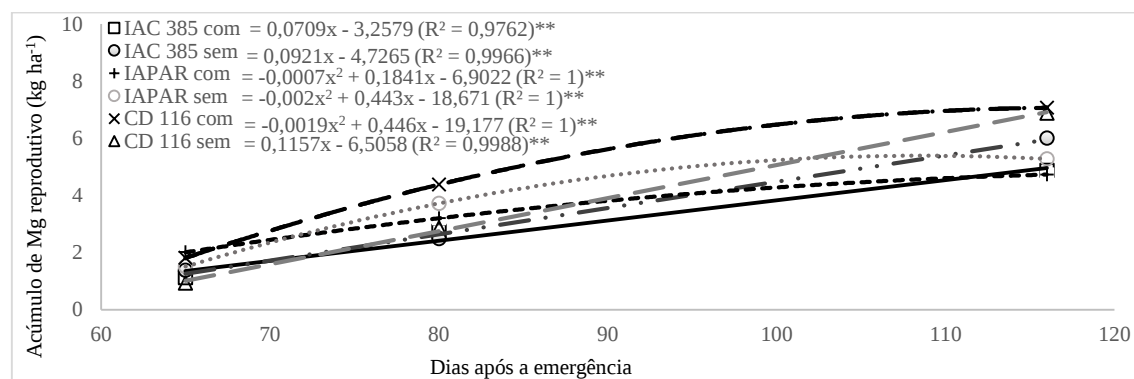
Fonte: Próprio Autor.

Figura 21- Cálcio acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



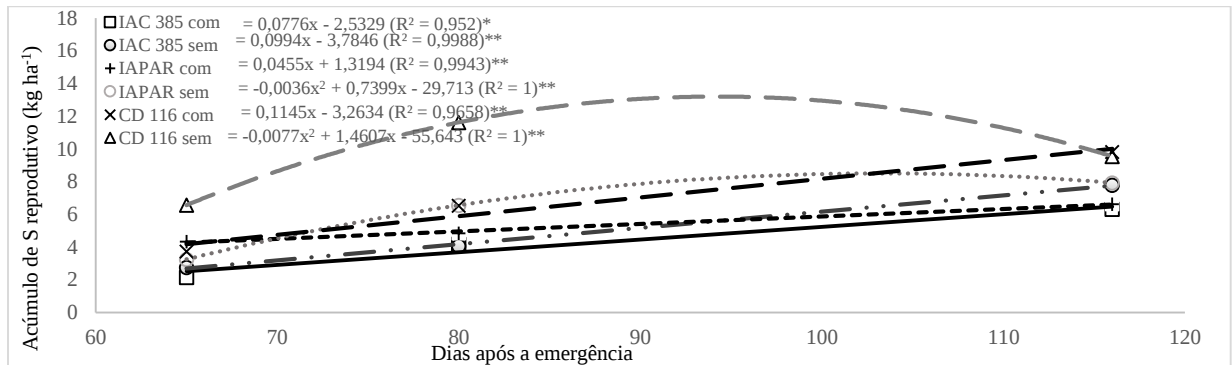
Fonte: Próprio Autor.

Figura 22- Magnésio acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 23- Enxofre acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.

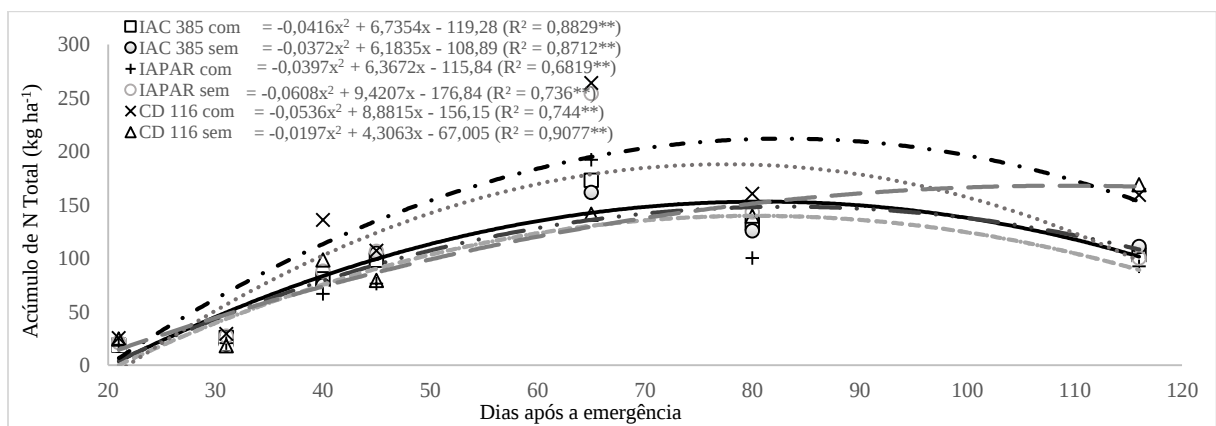


Fonte: Próprio Autor.

4.7 ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES TOTAL NAS PLANTAS DE TRIGO

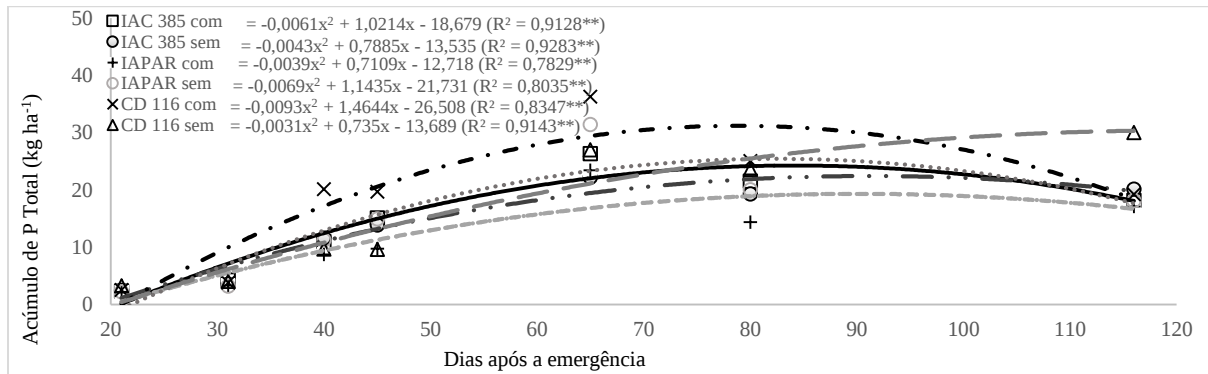
Os acúmulos de macronutrientes totais nas plantas de trigo apresentaram todos comportamento quadrático ao longo do ciclo produtivo do trigo (Figuras 24, 25, 26, 27, 28 e 29), com pico de máxima absorção de N sendo antecipado para os cultivares CD 116 e IPR CATUARA TM inoculados com *A. brasilense* (Figura 24).

Figura 24- Nitrogênio total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



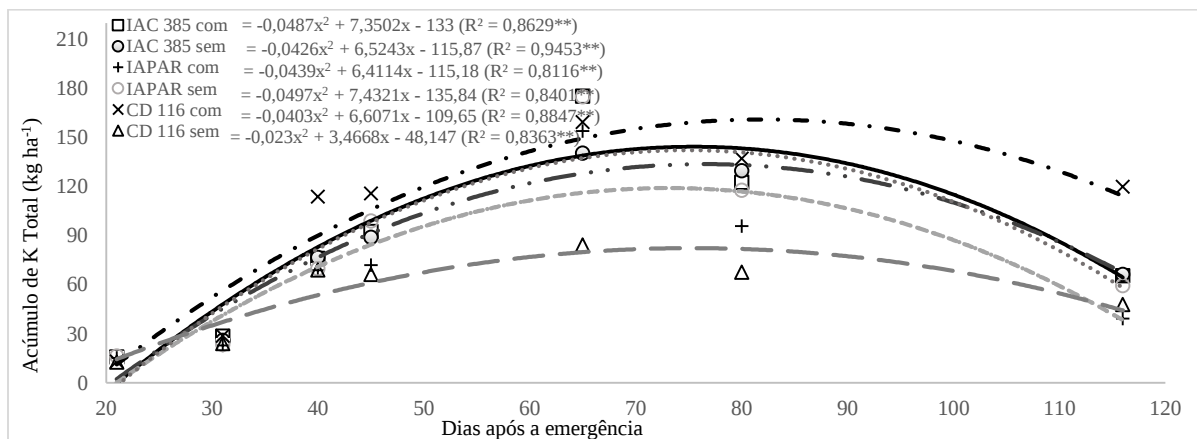
Fonte: Próprio Autor.

Figura 25- Fósforo total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



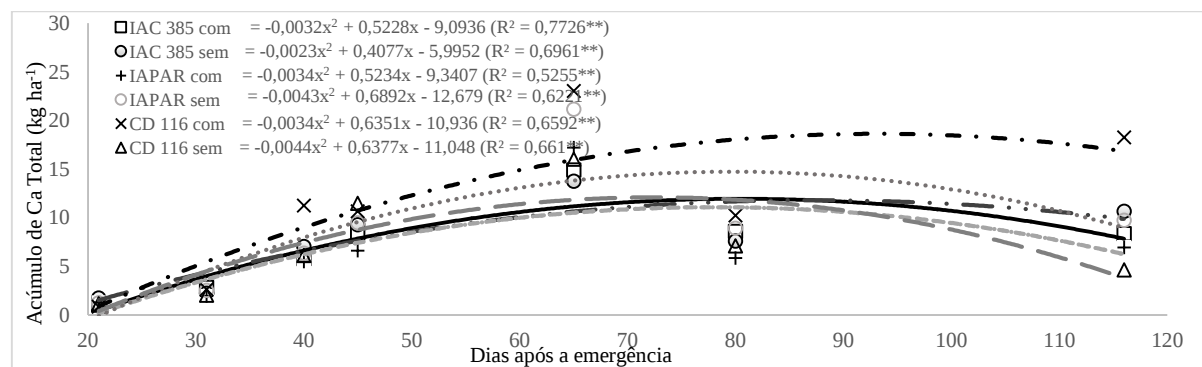
Fonte: Próprio Autor.

Figura 26- Potássio total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



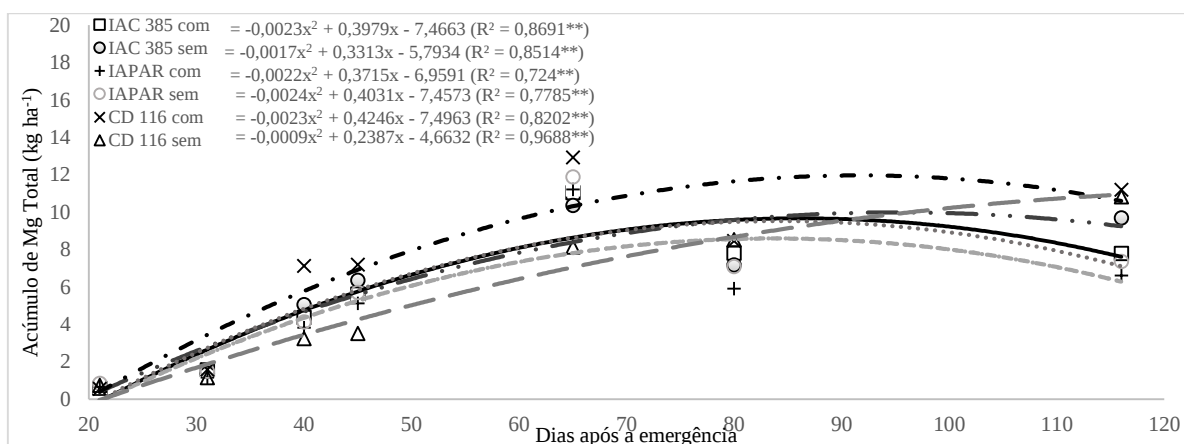
Fonte: Próprio Autor.

Figura 27- Cálcio total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



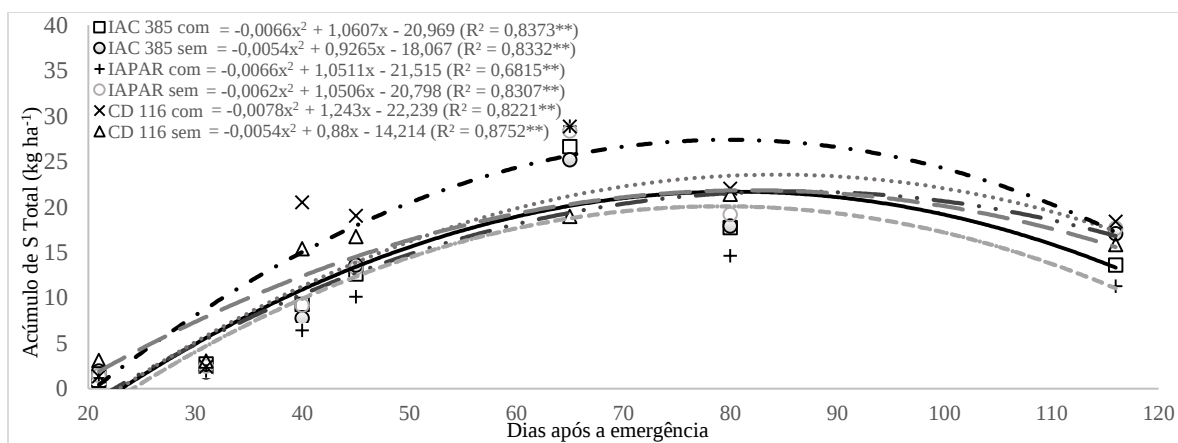
Fonte: Próprio Autor.

Figura 28- Magnésio total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 29- Enxofre total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

4.8 ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES NAS RAÍZES

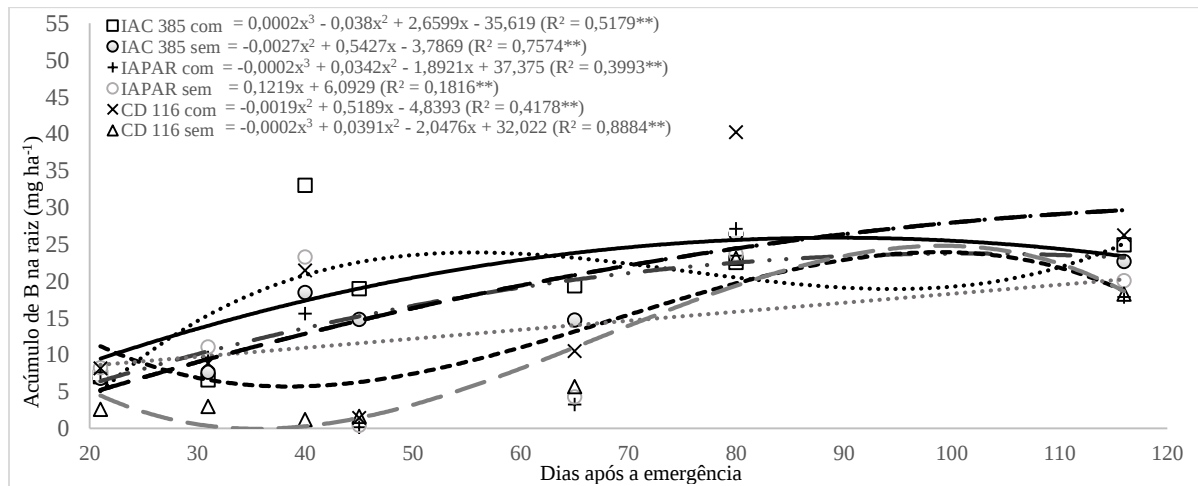
Em relação às quantidades de micronutrientes acumulados na raiz de todas os cultivares durante todo o ciclo da cultura, pode ser notado que o boro em geral varia muito de um cultivar para a outro, porém no final do ciclo apresenta um comportamento semelhante (Figura 30).

A absorção de cobre foi muito semelhante dentre os cultivares, com máximo de absorção por volta dos 105 DAE, e destaque para o cultivar IAC 385 que obteve os maiores acúmulos (Figura 31). Para a absorção de ferro pelo cultivar CD 116 não houve ajuste significativo a nenhuma equação, porém os outros cultivares apresentaram ajuste quadrático.

O acúmulo de manganês na raiz foi semelhante dentre os cultivares, com ponto máximo próximo aos 80 DAE (Figura 33). O zinco acumulado na raiz teve ponto de máximo por volta

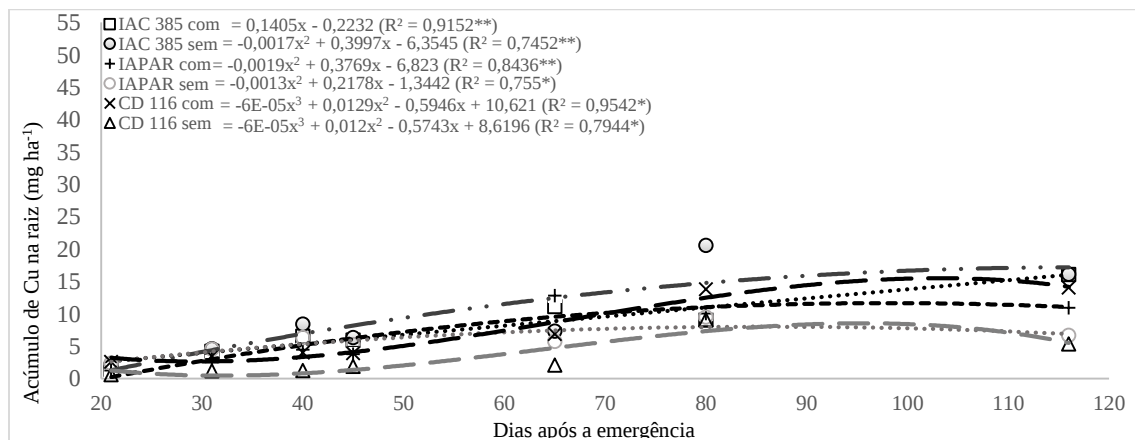
dos 65 DAE e todas os cultivares apresentaram tendência semelhante ao longo do ciclo, destaque para o CD 116 com inoculação da bactéria que obteve os maiores acúmulos de zinco (Figura 34).

Figura 30- Boro acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



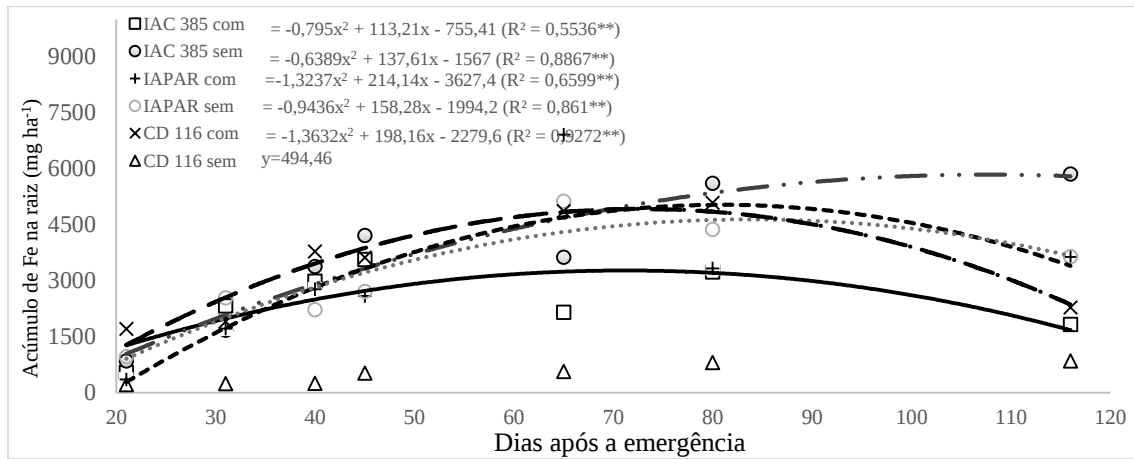
Fonte: Próprio Autor.

Figura 31- Cobre acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



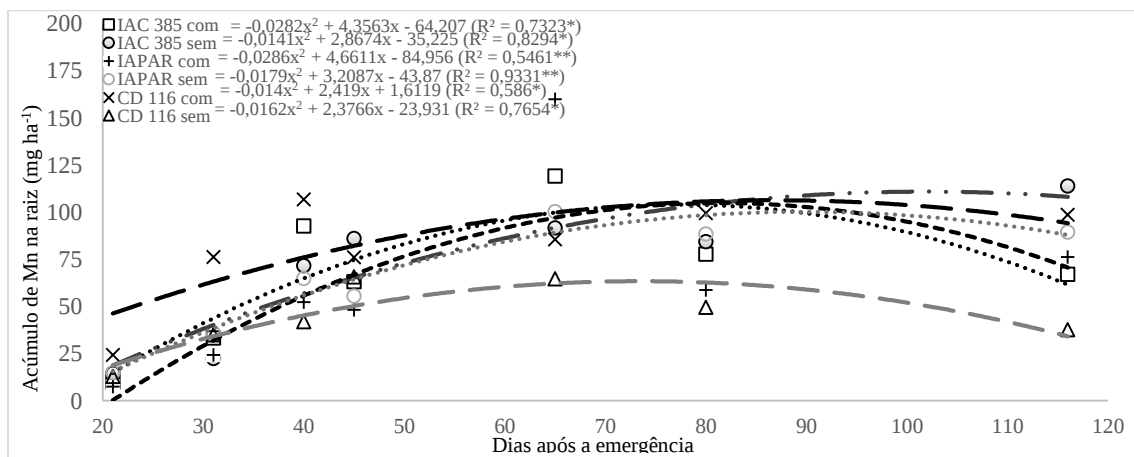
Fonte: Próprio Autor.

Figura 32- Ferro acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



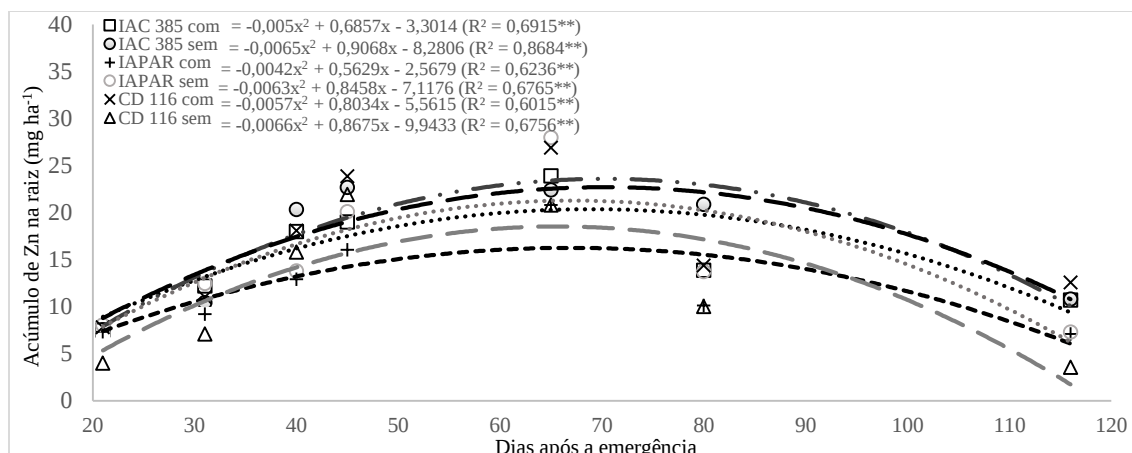
Fonte: Próprio Autor.

Figura 33- Manganês acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 34- Zinco acumulado nas raízes de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



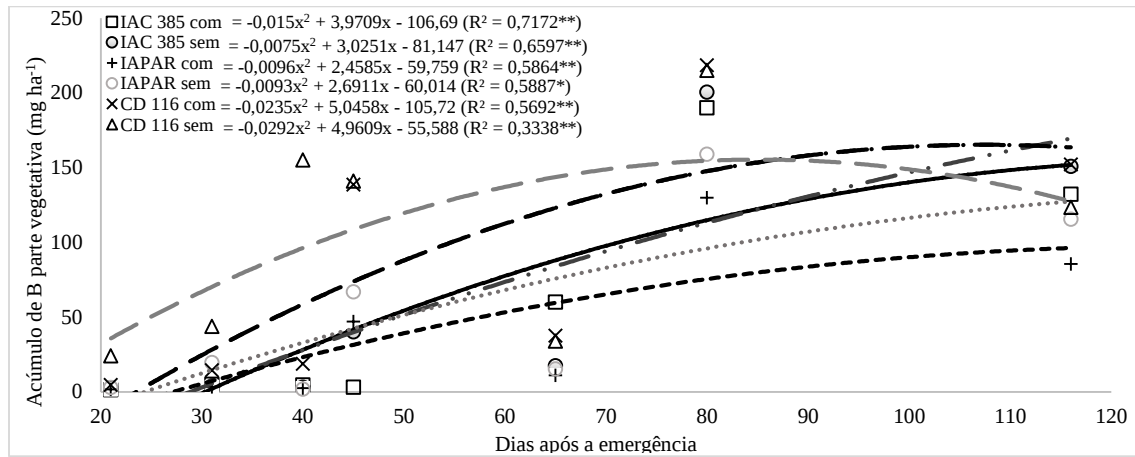
Fonte: Próprio Autor.

4.9 ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES NA PARTE VEGETATIVA

Com relação ao acúmulo de micronutrientes na parte aérea vegetativa, verificou-se que o boro teve pontos de máximo sendo alcançados próximo dos 80 DAE (Figura 35). Os cultivares apresentaram ajuste quadrático, com destaque para o cultivar CD 116 que teve maior absorção. O acúmulo de cobre nos cultivares de trigo se ajustou a funções quadráticas, com pontos de máxima sendo alcançados com 65 DAE (Figura 36).

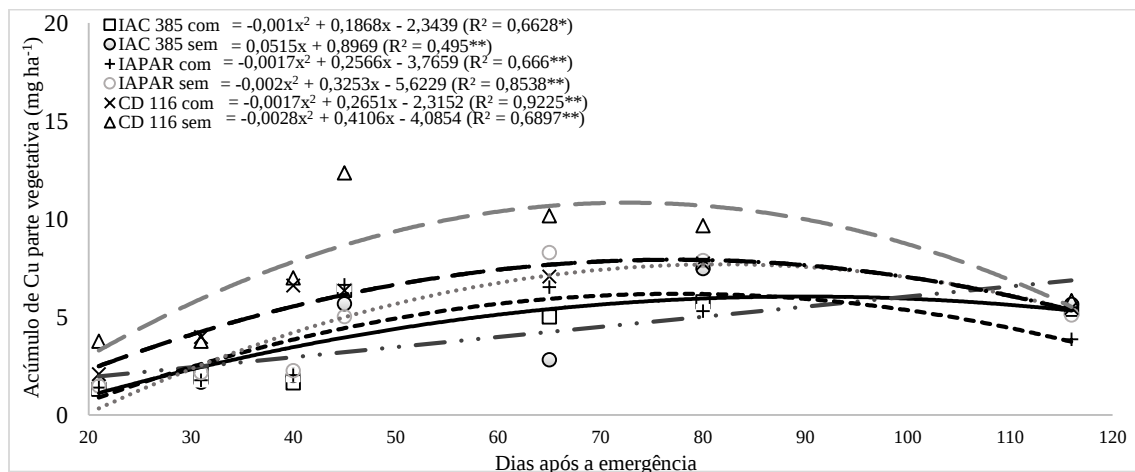
A quantidade de ferro acumulada na parte vegetativa ao longo do ciclo dos cultivares de trigo foi muito semelhante (Figura 37). O acúmulo de manganês também apresentou um comportamento semelhante dentre os cultivares, com o pico de extração próximo dos 65 DAE (Figura 38). O acúmulo de zinco na parte aérea vegetativa dos cultivares teve um comportamento semelhante, menos o cultivar CD 116, sem inoculação da bactéria, que se destacou, com maior absorção durante o ciclo. Contudo, o ponto de máxima absorção de Zn de todos tratamentos foi em torno dos 65 DAE (Figura 39).

Figura 35- Boro acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



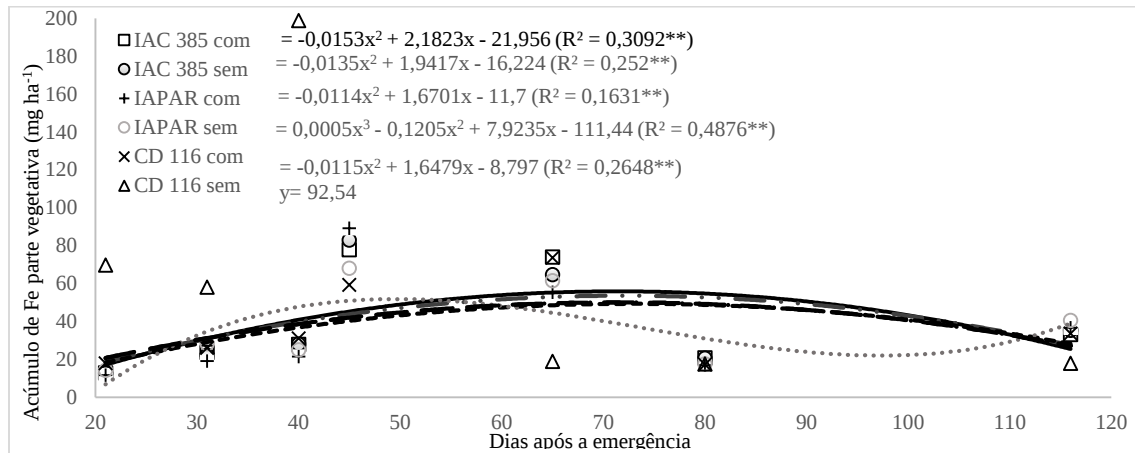
Fonte: Próprio Autor.

Figura 36- Cobre acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



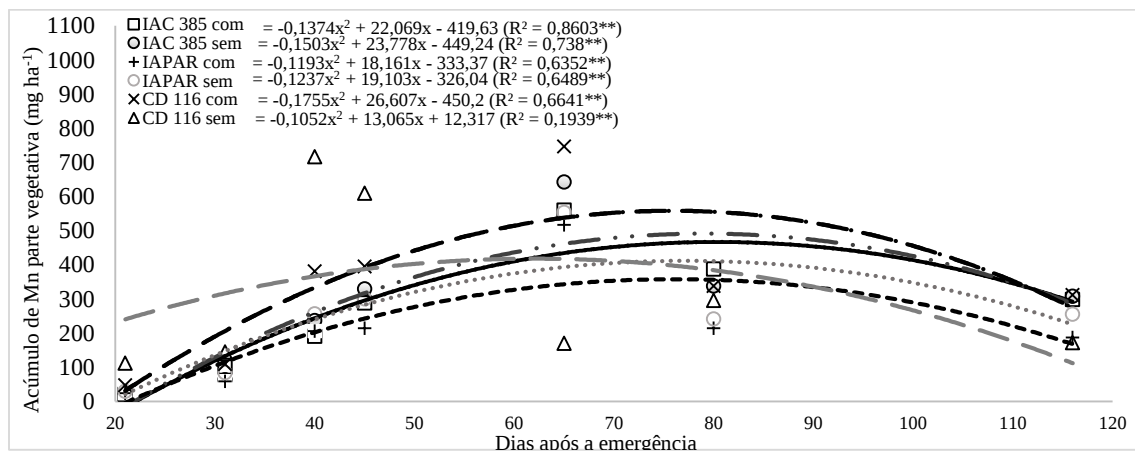
Fonte: Próprio Autor.

Figura 37- Ferro acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



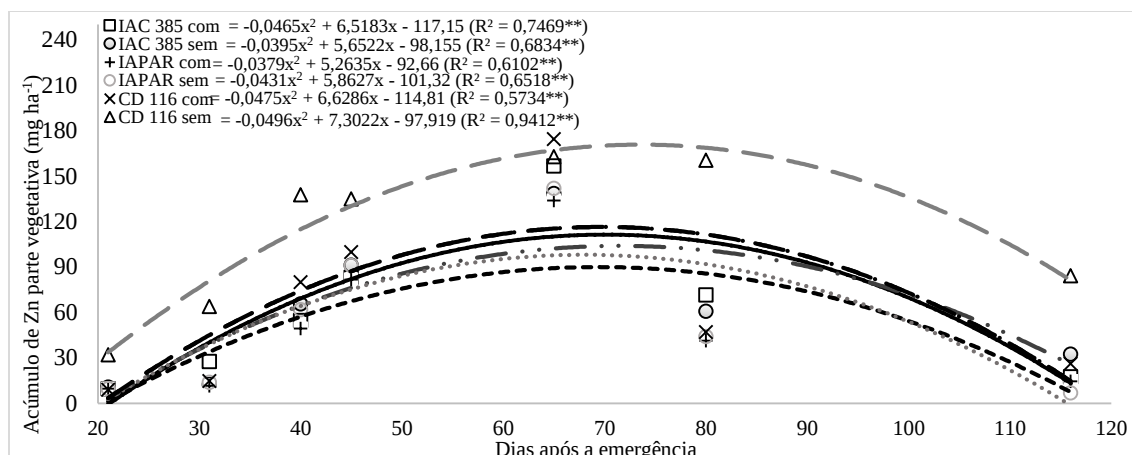
Fonte: Próprio Autor.

Figura 38- Manganês acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 39- Zinco acumulado nas partes vegetativas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



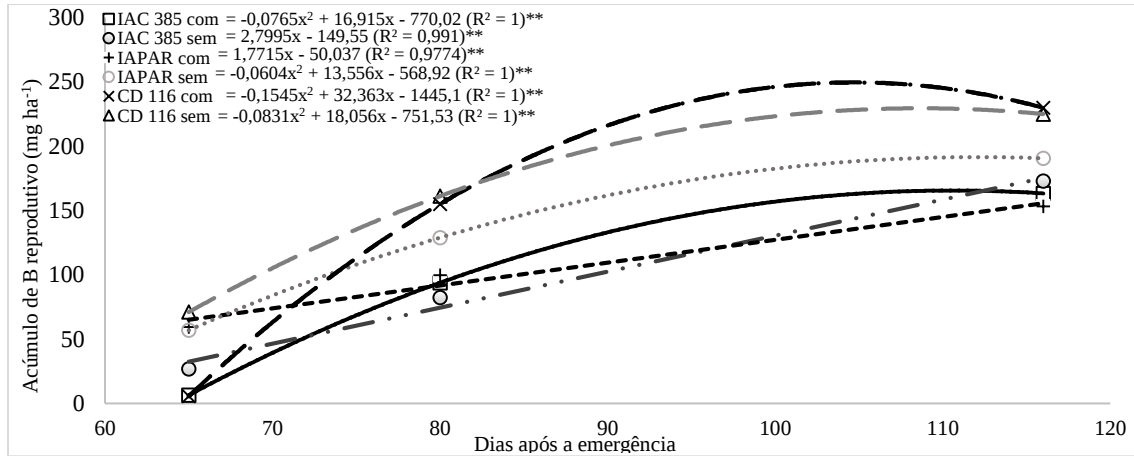
Fonte: Próprio Autor.

4.10 ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES NA PARTE REPRODUTIVA

Para o acúmulo de boro na parte reprodutiva das plantas de trigo, notou-se que o cultivar que teve maior absorção foi o CD 116 e que para todos os cultivares o ponto de máximo foi próximo dos 116 DAE (Figura 40). Quanto ao acúmulo de cobre nos cultivares IAC 385 e IPR CATUARA TM, ambos inoculados com esta bactéria diazotrófica não houve ajuste significativo a nenhuma equação testada, porém os outros tratamentos apresentaram ponto de máximo em torno dos 116 DAE (Figura 41).

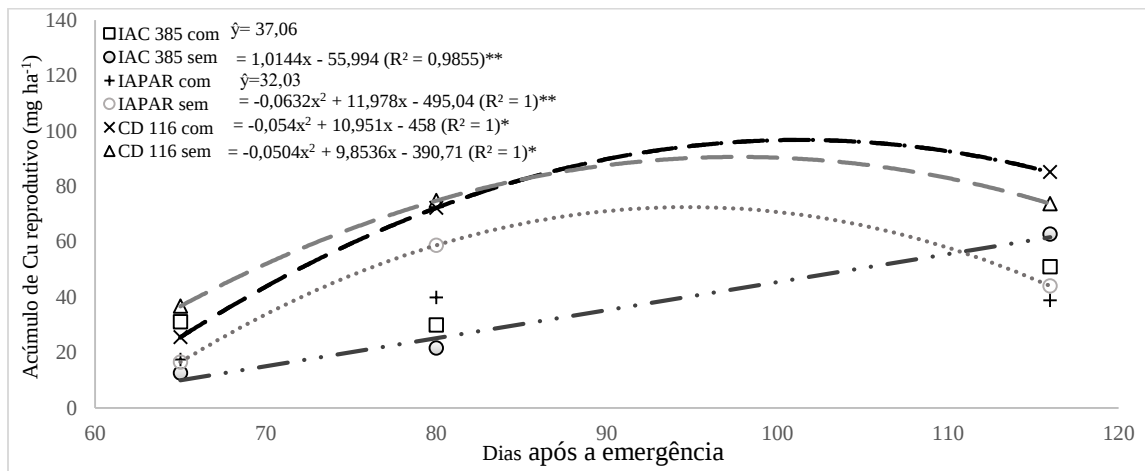
Quanto ao acúmulo de ferro na parte reprodutiva todos os cultivares apresentaram comportamento linear, com ponto de máximo no final do ciclo da cultura (Figura 42). Para o acúmulo de manganês para a parte reprodutiva o cultivar IPR CATUARA TM inoculado com *Azospirillum brasilense* não apresentou ajuste significativo a nenhuma equação testada, e o cultivar CD 116 obteve ajuste quadrático com ponto de máxima absorção próximo aos 80 DAE. Os tratamentos apresentaram ajuste linear crescente ao longo do ciclo (Figura 43). Quanto ao acúmulo de zinco na parte reprodutiva todos os cultivares apresentaram ajuste linear crescente ao longo do ciclo (Figura 44).

Figura 40- Boro acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



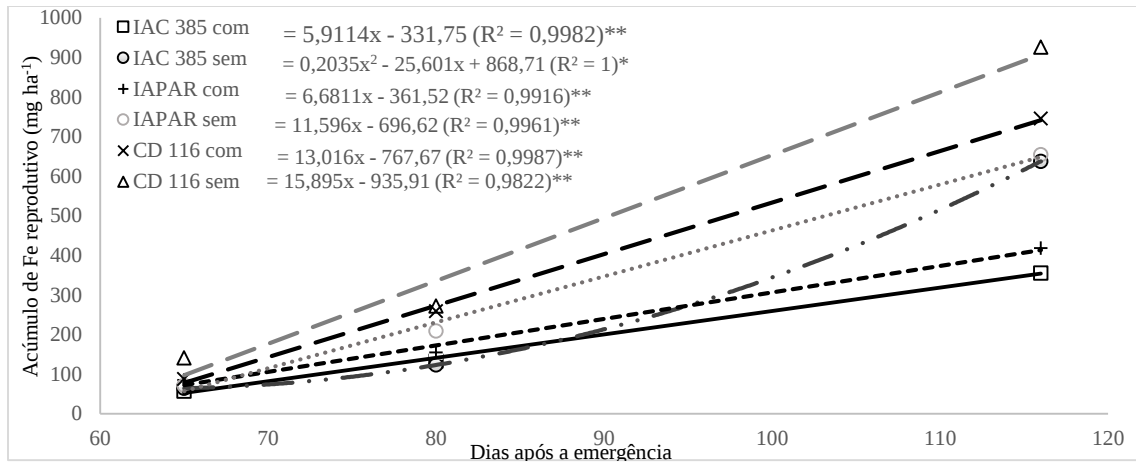
Fonte: Próprio Autor.

Figura 41- Cobre acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



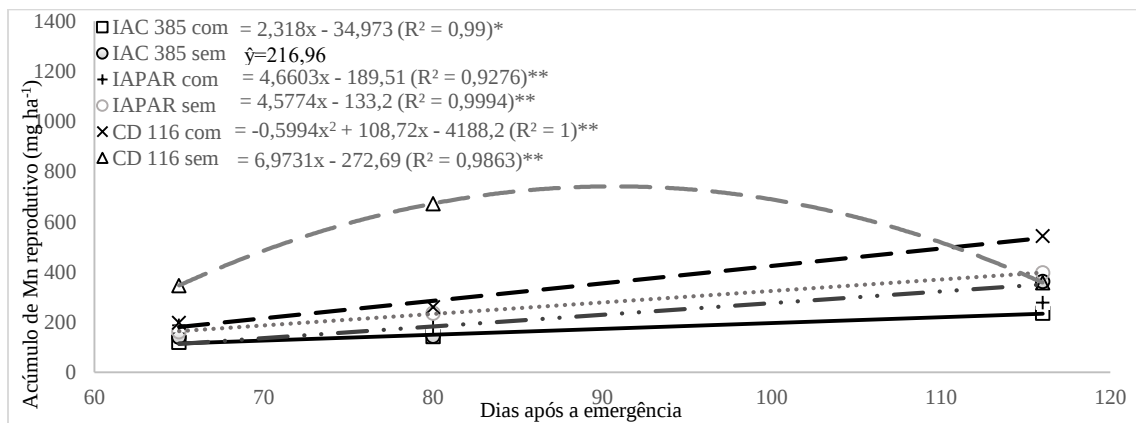
Fonte: Próprio Autor.

Figura 42- Ferro acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



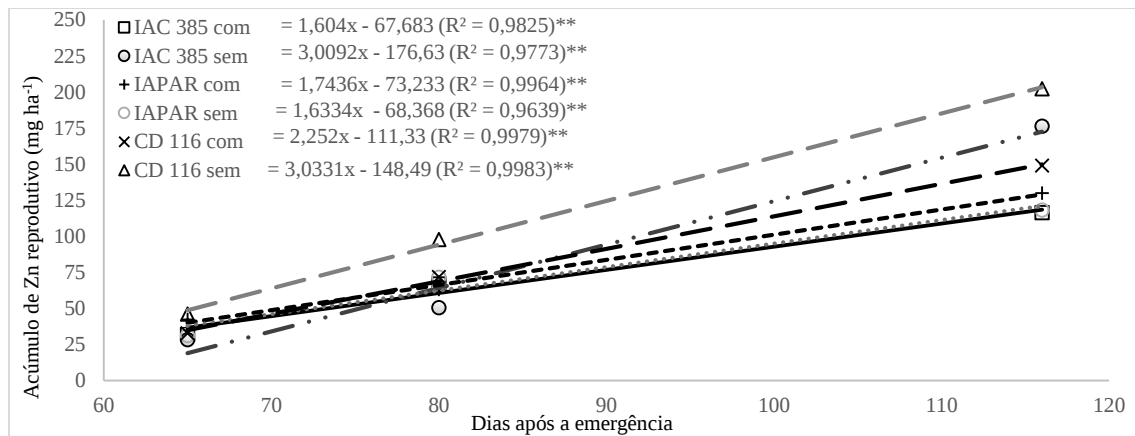
Fonte: Próprio Autor.

Figura 43- Manganês acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 44- Zinco acumulado nas partes reprodutivas de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.

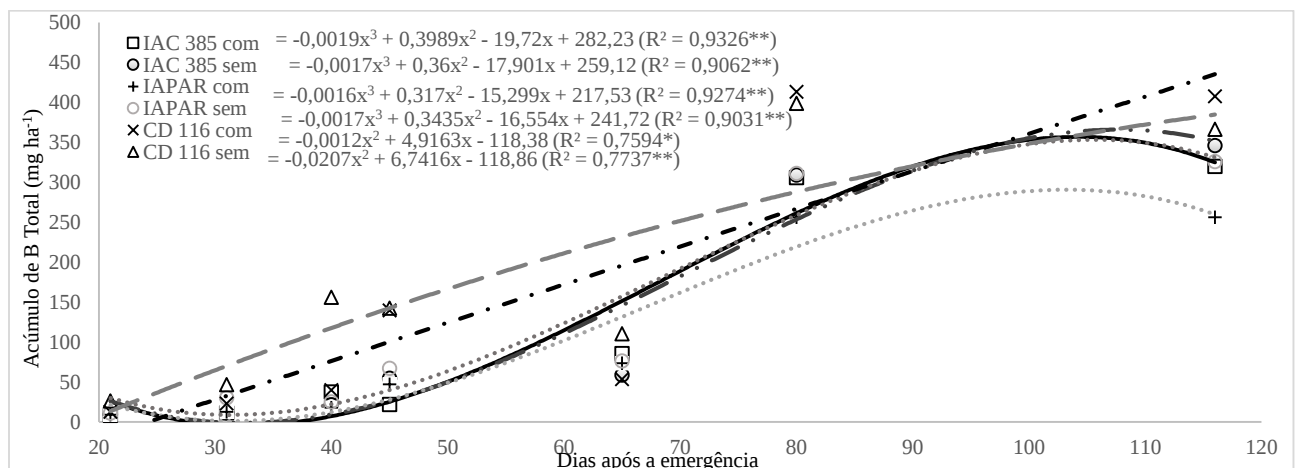


Fonte: Próprio Autor.

4.11 ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES TOTAL NAS PLANTAS DE TRIGO

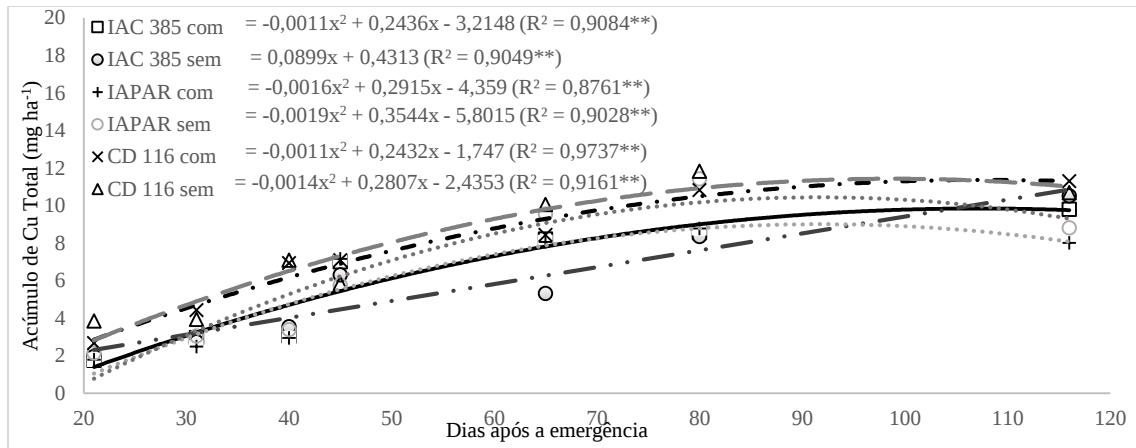
Os acúmulos de micronutrientes totais nas plantas de trigo para o cobre, manganês e zinco apresentaram comportamento quadrático ao longo do ciclo produtivo do trigo (Figuras 46, 48 e 49), com pico de máxima absorção destes micronutrientes em torno dos 80 DAE, independentemente do cultivar ou da inoculação com *Azospirillum brasilense*. Entretanto, para o acúmulo de boro verificou-se que este foi maior ao final do ciclo dos cultivares de trigo (Figura 45).

Figura 45- Boro total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



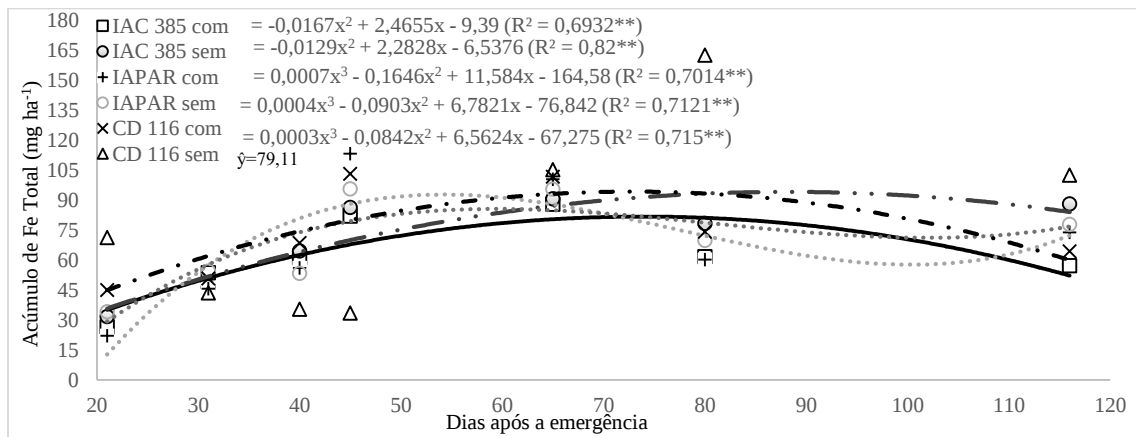
Fonte: Próprio Autor.

Figura 46- Cobre total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



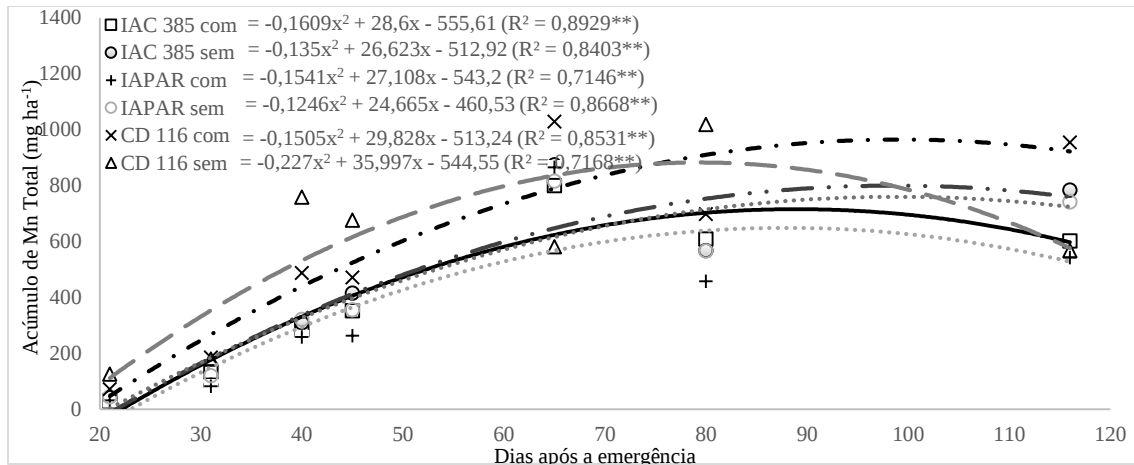
Fonte: Próprio Autor.

Figura 47- Ferro total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



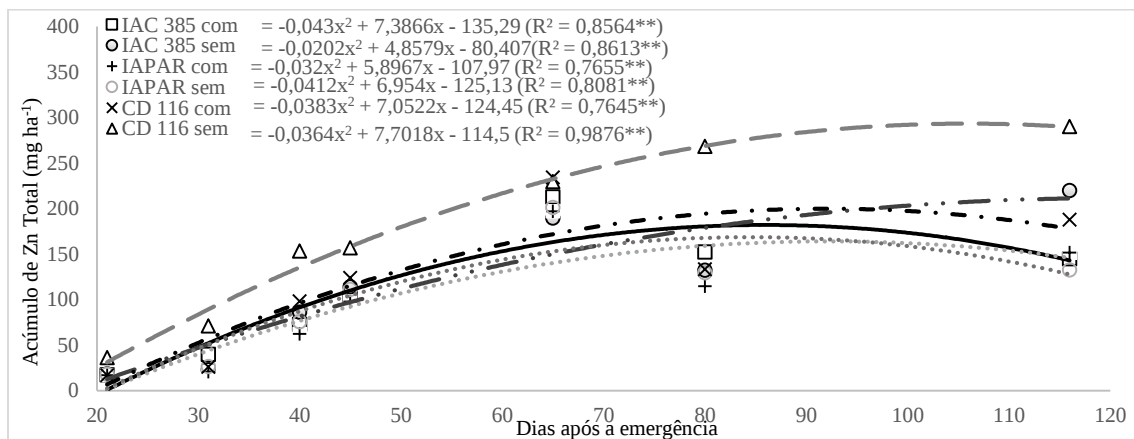
Fonte: Próprio Autor.

Figura 48- Manganês total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 49- Zinco total acumulado em cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Próprio Autor.

4.12 EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

Os cultivares de trigo extraíram quantidades totais de macronutrientes semelhantes (Tabela 11), porém o cultivar CD 116 absorveu menores quantidades de K, Mg e S por tonelada de grãos produzido em relação aos demais cultivares, demonstrando que o cultivar mais produtivo (CD 116) não é, necessariamente, o mais exigente em nutrientes, mas o que

apresentou maior eficiência na utilização desses nutrientes absorvidos. Resultado semelhante foi obtido por Crusciol et al. (2016) na cultura do feijão.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* nas sementes dos cultivares de trigo não propiciou significativamente maiores extrações totais de macronutrientes (Tabela 11), apesar de ter propiciado maior desenvolvimento de raiz, conforme relatado anteriormente, o que pode ser explicado pela adubação, disponibilidade adequada de N, P, K, Ca, Mg e S no solo e cultivo irrigado do trigo.

Tabela 11- Extração de macronutrientes em kg ha⁻¹ e em kg t⁻¹ de grãos produzido de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Extração total (kg ha⁻¹)						
Cultivares						
IAC 385	150,57 a	24,31 a	157,97 a	14,32 a	10,71 a	25,89 a
IPR CATUARA	205,57 a	27,47 a	164,52 a	19,17 a	11,56 a	28,61 a
CD 116	214,59 a	31,68 a	122,07 a	19,53 a	10,54 a	23,89 a
D.M.S. (5%)	86,90 ^{ns}	9,76 ^{ns}	67,85 ^{ns}	5,78 ^{ns}	2,51 ^{ns}	11,77 ^{ns}
Inoculação						
Com <i>Azospirillum</i>	192,53 a	28,72 a	162,99 a	18,37 a	11,73 a	28,12 a
Sem <i>Azospirillum</i>	187,95 a	26,91 a	133,38 a	16,98 a	10,14 a	24,15 a
D.M.S.(5%)	57,64 ^{ns}	6,47 ^{ns}	45,00 ^{ns}	3,83 ^{ns}	1,66 ^{ns}	7,81 ^{ns}
Média Geral	190,24	27,82	148,18	17,68	10,94	26,13
CV (%)	28,85	22,16	28,91	20,68	14,53	28,46
Extração (kg t⁻¹ grãos produzido)						
Cultivares						
IAC 385	58,90 a	9,48 a	61,45 a	5,59 a	4,12 a	9,98 a
IPR CATUARA	59,76 a	8,06 a	49,03 a	5,68 a	3,45 a	8,35 a
CD 116	42,33 a	7,11 a	27,24 b	4,37 a	2,36 b	5,35 b
D.M.S. (5%)	21,35	2,45	19,93**	1,77	0,70	2,59
Inoculação						
Com <i>Azospirillum</i>	55,61 a	8,41 a	50,25 a	5,36 a	3,50 a	8,38 a
Sem <i>Azospirillum</i>	51,71 a	8,04 a	41,96 a	5,07 a	3,13 a	7,41 a
D.M.S. (5%)	14,29 ^{ns}	1,63 ^{ns}	13,21 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,72 ^{ns}
Média geral	53,66	8,22	45,91	5,21	3,31	7,89
CV (%)	25,36	18,87	27,41	21,42	13,41	20,76

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** significativo p<0,01

* significativo 0,01<p<0,05

ns: não significativo

Os resultados mais interessantes foram observados para as exportações de nutrientes, onde as exportações totais de K, Ca, Mg e S foram maiores sem a inoculação com *Azospirillum brasilense* (Tabela 12). Entretanto, esta bactéria diazotrófica proporcionou superiores exportações de N, P, K, Ca e Mg por tonelada de grãos produzido, indicando que o *Azospirillum brasilense* interfere na redistribuição de macronutrientes para os grãos, culminando em um

maior enchimento de grãos, e dependendo do cultivar em incrementos na produtividade de grãos, o que explicaria tais resultados.

De acordo com Dobbelaere, Vanderleyden e Okon (2003), respostas positivas à inoculação com *A. brasilense* são obtidas inclusive quando as culturas são cultivadas em solos com altos teores de N disponível, o que indica que, as respostas da planta não ocorrem apenas em razão do N₂ fixado, mas, principalmente, em função da produção de fitohormônios promotores de crescimento como a citocinina, giberelina e ácido indol-acético. Tal fato, possivelmente pode ter favorecido o desenvolvimento radicular do trigo, o que segundo Novakowski et al. (2011), melhoraria a eficiência de aproveitamento do N residual, absorção de água e de outros nutrientes, refletindo diretamente em uma maior eficiência agrônômica da planta com a inoculação com *A. brasilense*. Contudo, na presente pesquisa não foi constatada diferença significativa na extração, apesar das quantidades extraídas serem um pouco mais elevadas, vale destacar que a exportação de macronutrientes aumenta quando inoculado com *A. brasilense* à medida que se aumenta a produtividade de grãos, ou seja, demonstra o efeito benéfico no uso dos nutrientes absorvidos.

Tabela 12- Exportação de macronutrientes em kg ha⁻¹, em kg t⁻¹ de grão produzido e exportação relativa (%) de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivares	Exportação total (kg ha⁻¹)					
IAC 385	70,86 b	11,45 b	12,85 c	1,09 b	3,79 c	2,41 b
IPR CATUARA	102,12 b	16,66 a	18,80 b	1,61 b	5,71 b	2,86 b
CD 116	173,23 a	19,88 a	47,37 a	10,43 a	8,19 a	3,95 a
DMS (5%)	34,12*	3,41**	4,82**	1,99**	1,61**	0,80*
Inoculação						
Com <i>Azospirillum</i>	113,17 a	16,23 a	18,23 b	1,54 b	5,25 b	2,80 b
Sem <i>Azospirillum</i>	117,63 a	19,76 a	34,45 a	7,21 a	6,54 a	3,34 a
D.M.S. (5%)	22,63 ^{ns}	2,26 ^{ns}	3,19**	1,32*	1,06*	0,53*
Média geral	115,40	16,01	26,34	4,38	5,89	3,07
CV (%)	18,67	13,45	11,56	28,77	17,26	16,49
Cultivares	Exportação (kg t⁻¹ grãos produzido)					
IAC 385	27,36 b	4,41 b	4,91 b	0,43 b	1,45 b	1,59 b
IPR CATUARA	30,35 b	4,45 b	5,61 b	0,50 b	1,71 b	1,67 ab
CD 116	41,80 a	4,96 a	12,38 a	2,51 a	2,30 a	1,99 a
DMS (5%)	5,68**	0,43**	0,76**	0,48**	0,36**	0,38*
Inoculação						
Com <i>Azospirillum</i>	36,04 a	4,81 a	10,27 a	1,86 a	2,20 a	1,61 b
Sem <i>Azospirillum</i>	30,30 b	4,41 b	5,00 b	0,43 b	1,44 b	1,90 a
D.M.S. (5%)	3,77**	0,28*	0,50**	0,32*	0,23*	0,25*
Média geral	33,17	4,61	7,63	1,15	1,82	1,75
CV (%)	10,83	5,96	6,32	26,8	12,5	13,93
Tratamentos	Exportação relativa de macronutrientes (%)					
IAC 385 com	55,5	64,0	10,5	9,5	44,0	23,9
IAC 385 sem	40,5	32,7	6,4	6,0	26,6	17,8
IPR CATUARA com	53,3	64,5	12,5	10,4	53,7	33,8
IPR CATUARA sem	57,8	69,0	12,9	8,2	47,7	26,4
CD 116 com	77,3	56,4	27,0	20,6	84,2	55,1
CD 116 sem	64,3	68,7	18,0	10,8	59,6	36,2

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** significativo p<0,01

* significativo 0,01<p<0,05

ns: não significativo

O cultivar de trigo CD 116 propiciou as maiores exportações totais de macronutrientes (Tabela 12), apesar da menor relação de K, Mg e S por tonelada de grãos produzido em relação aos demais cultivares. Ou seja, este cultivar é mais eficiente no uso destes nutrientes, o que explica a maior produtividade de grãos obtida para o cultivar CD 116.

No que diz respeito à remoção relativa de macronutrientes (Tabela 12), em média, 58% do N absorvido durante o ciclo foi removido com o grão, 59% do P, 14% do K, 10% do Ca, 52% do Mg e 32% do S. Isto mostra que aproximadamente metade do N absorvido, e a maior parte do K, Ca, Mg e S acumulada em plantas de trigo durante o ciclo retornam ao solo como

resíduos de culturas para a manutenção destes nutrientes em sistema plantio direto. Resultados semelhantes foram relatados por Crusciol et al. (2016) com a cultura do arroz.

A extração de macronutrientes (kg ha^{-1}) por plantas de trigo em ordem decrescente foi de N, K, P, S, Ca e Mg (Tabela 11), independentemente do cultivar e da inoculação com *Azospirillum brasilense*. Quanto à exportação de macronutrientes (kg t^{-1} grãos produzido), esta foi diferenciada com a inoculação *Azospirillum brasilense* ($\text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{S}$) em relação aos cultivares não inoculados ($\text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{S} > \text{Mg} > \text{Ca}$) (Tabela 10). Verificou-se também em plantas de trigo, que as maiores exportações relativas à extração de nutrientes são de N e P (Tabela 12).

Apesar de extrair menores quantidades de B, Cu, Mn e Zn por tonelada de grãos produzido em relação aos demais cultivares de trigo, o cultivar CD 116 propiciou as maiores exportações de todos os micronutrientes em g ha^{-1} e em g t^{-1} , com exceção do Fe (Tabelas 11 e 12). Isto indica que este cultivar é o mais eficiente no uso de micronutrientes, o que novamente explica porque o CD 116 foi mais produtivo em grãos. Ressalta-se ainda que o cultivar IAC 385 extraiu maiores de Cu, Mn e Zn por tonelada de grãos produzidos (Tabela 11).

Com exceção da quantidade total extraída de Mn que aumentou com a inoculação com *Azospirillum brasilense*, assim como observado para os macronutrientes, também não houve significativamente, influência nas extrações totais de micronutrientes (Tabela 11). Porém, verificaram-se que os cultivares de trigo não inoculados extraíram maiores quantidades de Fe e Zn por grão produzido.

Tabela 13- Extração de micronutrientes em g ha⁻¹ e em g t⁻¹ de grão produzido de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Extração total (g ha ⁻¹)					
Cultivares					
IAC 385	110 b	6,77 a	8201 a	837 a	201 a
IPR CATUARA	139 b	9,06 a	9728 a	887 a	198 a
CD 116	209 a	10,80 a	10774 a	805 a	231 a
D.M.S.(5%)	36**	4,53 ^{ns}	4570 ^{ns}	159 ^{ns}	59 ^{ns}
Inoculação					
Com <i>Azospirillum</i>	155 a	8,71 a	9436 a	898 a	214 a
Sem <i>Azospirillum</i>	151 a	9,04 a	9699 a	788 b	206 a
D.M.S (5%)	24 ^{ns}	3,01 ^{ns}	3031 ^{ns}	106*	38,9 ^{ns}
Média Geral	153	8,88	9568	843	210
CV (%)	14,91	32,24	30,17	11,97	17,58
Cultivares					
Extração (g t⁻¹ grãos produzido)					
IAC 385	87,00 b	40,37 a	2159 a	268 a	71 a
IPR CATUARA	87,00 b	21,16 b	1778 a	190 b	43 b
CD 116	131,00 a	27,22 b	2159 a	169 b	55 b
D.M.S. (5%)	32,10**	11,97**	1243 ^{ns}	55*	15**
Inoculação					
Com <i>Azospirillum</i>	96,50 a	27,96 a	1263 b	199 a	47 b
Sem <i>Azospirillum</i>	107,50 a	31,21 a	2520 a	219 a	65 a
D.M.S. (5%)	21,60 ^{ns}	7,94 ^{ns}	824**	37 ^{ns}	10*
Média geral	102	29,58	1891	209	56
CV (%)	20,21	25,55	31,50	16,84	16,57

Médias

seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Quanto a exportação de micronutrientes, constatou-se que ocorre maior exportação total de Zn via semente com a inoculação com *Azospirillum brasilense* (Tabela 14), sendo isto importante do ponto de vista da biofortificação agrônômica, podendo assim, contribuir de maneira mais sustentável com o acúmulo de Zn nos grãos deste cereal. Isto demonstra novamente que o *Azospirillum brasilense* interfere na fisiologia vegetal, mas especificamente na mobilidade dos nutrientes no floema para o dreno grão, como o Zn que é considerado pouco móvel.

A extração total de micronutrientes (g ha⁻¹) por plantas de trigo, em média, em ordem decrescente foi de Fe, Mn, Zn, B e Cu (Tabela 13). A exportação de nutrientes (g t⁻¹ grãos produzido) foi um pouco diferente com a inoculação de *Azospirillum brasilense* (Mn>Zn>B>Fe>Cu) em relação aos cultivares não inoculados (Mn>B>Zn>Fe>Cu) (Tabela 14).

As maiores exportações relativas de micronutrientes foram de Zn, Cu e B, ficando em média acima de 50% do que foi extraído (Tabela 14), indicando assim, que o monitoramento e fornecimento destes micronutrientes na cultura do trigo pode ser mais necessário do que se realiza na prática. Por outro lado, por volta de 50% do que foi extraído de manganês e maior parte do Fe acumulada em plantas de trigo durante o ciclo retornam ao solo como resíduos de culturas para a manutenção destes nutrientes em sistema de plantio direto.

Tabela 14- Exportação de micronutrientes em g ha⁻¹, em g t⁻¹ de grão produzido e exportação relativa (%) de cultivares de trigo inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015.

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivares	Exportação total (g ha⁻¹)				
IAC 385	72,44 b	5,75 b	61 a	210 b	119 b
IPR CATUARA	75,16 b	7,16 ab	40 b	206 b	155 a
CD 116	105,10 a	8,38 a	46 ab	497 a	180 a
DMS (5%)	30,60**	2,39*	18*	84*	35*
Inoculação					
Com <i>Azospirillum</i>	86,40 a	7,29 a	50 a	231 b	164 a
Sem <i>Azospirillum</i>	82,10 a	6,90 a	48 a	377 a	139 b
D.M.S. (5%)	20,31 ^{ns}	1,58 ^{ns}	12 ^{ns}	55*	23*
Média geral	84,26	7,10	49	304	152
CV (%)	22,95	21,27	22,56	17,41	14,63
Cultivares	Exportação (g t⁻¹ grãos produzido)				
IAC 385	42,7 ab	12,7 a	38 a	80 b	46 a
IPR CATUARA	41,8 b	15,6 a	22 b	62 c	47 a
CD 116	47,2 a	16,1 a	21 b	114 a	40 a
DMS (5%)	4,7*	7,5 ^{ns}	9,6*	17*	8 ^{ns}
Inoculação					
Com <i>Azospirillum</i>	43,3 a	15,4 a	26 a	61 b	44,4 a
Sem <i>Azospirillum</i>	44,5 a	14,3 a	29 a	109 a	43,4 a
D.M.S. (5%)	3,12 ^{ns}	5,0 ^{ns}	6,3 ^{ns}	11**	5,4 ^{ns}
Média geral	43,9	14,9	27	85	44,0
CV (%)	6,78	31,84	22,2	12,71	11,74
Tratamentos	Exportação relativa de micronutrientes (%)				
IAC 385 com	38,7	66,6	11,0	32,3	80,2
IAC 385 sem	49,9	57,3	8,2	46,2	79,9
IPR CATUARA com	59,7	59,1	8,1	51,8	85,7
IPR CATUARA sem	58,3	57,4	11,6	52,8	89,0
CD 116 com	56,3	64,5	17,7	56,7	79,6
CD 116 sem	61,4	66,1	12,5	61,3	69,7

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** significativo p<0,01

* significativo 0,01<p<0,05

ns: não significativo

5 CONCLUSÕES

Os cultivares de trigo CD 116, IAPAR CATUARA e IAC 385 inoculados com *Azospirillum brasilense* anteciparam em 15 dias o máximo acúmulo de matéria seca de raízes, com destaque para o cultivar CD 116 inoculado.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* propiciou maior ICF e acúmulo de matéria seca de raízes e semelhantes extrações de macronutrientes, independentemente do cultivar de trigo.

Os cultivares de trigo extraíram quantidades totais de nutrientes semelhantes, porém a extração por tonelada de grãos produzido foi diferenciada para K, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn.

A extração de nutrientes total ou por tonelada de grãos produzido de trigo em ordem decrescente foi de N>K>P>S>Ca>Mg>Fe>Mn>Zn≥B>Cu, com ou sem a inoculação com *Azospirillum brasilense*.

As exportações totais de K, Ca, Mg, S e Mn foram maiores sem a inoculação com *Azospirillum brasilense*, entretanto, esta bactéria diazotrófica proporcionou superiores exportações de N, P, K, Ca e Mg por tonelada de grãos produzido e de Zn total.

O cultivar de trigo CD 116 foi o mais produtivo e que propiciou as maiores exportações totais de nutrientes, apesar da menor absorção de K, Mg, S, Cu, Mn e Zn por tonelada de grãos produzido em relação aos demais cultivares.

As maiores exportações relativas (acima de 50% do que é extraído) de modo geral foram de Zn, Cu, P, N e B e de Mg apenas com a inoculação.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* interfere de forma diferenciada nos cultivares de trigo, sendo que o cultivar CD 116 obteve a maior produtividade de grãos quando inoculado.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, J.C.; SILVA, M. S.; ANDRADE, J. M. V. de; SCHEEREN, P. L.; TRINDADE, M. da G.; SOARES SOBRINHO, J.; SOUSA, C. N. A. de; BRAZ, A. J. B. P.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; SOUSA, M. A. de; FRONZA, V.; YAMANAKA, C. H. **Trigo BRS 264**: cultivar precoce com alto rendimento de grãos indicada para o Cerrado do Brasil Central. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. 18 p.
- ALI, N.A.; DARWISH, S.D.; MANSOUR, S.M. Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* inoculation an anhydrous ammonia on root colonization, plant growth and yield of wheat plant under saline alkaline cognition. **Journal of Agronomy Science**, Mansoura, n. 27, p. 5575-5591, 2002.
- BASHAN, Y.; BUSTILLOS, J. J.; LEYVA, L. A.; HERNANDEZ, J. P.; BACILIO, M. Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 42, n. 4, p. 279-285, 2006.
- BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L.; CASANOVAS, E. M.; PEREYRA, M. A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizar el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.). ***Azospirillum* ssp.:** cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 49-59.
- BARBIERI, M. K. F.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, M.; GITTI, D. C. Nitrogênio em cobertura e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em trigo irrigado em sistema de plantio direto. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 6, 2012, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2012. p. 1-5 1CD RO.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G; DE-BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.
- BORGES, E. A.; FERNANDES, M. S.; LOSS, A.; SILVA, E. E.; SOUZA, S. R. Acúmulo e remobilização de nitrogênio em variedades de milho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 278-286, 2006.
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 63-145.
- CAMPOS, B. H. C.; THEISEN, S.; GNATTA, V. Inoculante graminante nas culturas de trigo e aveia. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 401-407, 1999.

CÁNOVAS, A. D.; SILVA, O. F. Aspectos econômicos da cultura do trigo em Goiás. **Safra: Revista do Agronegócio**, Goiânia, v. 1, n. 2, p. 22-24, 2000.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 45-71, (Boletim Técnico, 100).

CANTARELLA, L. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, R.L.F.F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 376-470.

CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.). ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 61-86.

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

COSTA, L.; ZUCARELI, C.; RIEDE, C.R.; Parcelamento da adubação nitrogenada no desempenho produtivo de genótipo de trigo. **Revista de Ciência e Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 215-224, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento: safra brasileira de grãos v. 2 – Safra 2014/15. n. 4 – quarto levantamento**. Brasília: [s.n.], 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: conjuntura semanal – trigo 02 a 06 dez**. Brasília: Conab; [s.n.], 2013. Disponível em:<
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_10_17_33_36_conjunturatrigo02a06122013.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2015.

COODETEC COOPERATIVA CENTRAL DE PESQUISA AGRÍCOLA- COODETEC. **Tecnologia da nossa terra**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em:<
http://www.coodetec.com.br/php/detalhes_cultivar.php?id=57>. Acesso em: 16 dez. 2015.

CORREA, O. S.; ROMERO, A. M.; SORIA, M. A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.). *Azospirillum ssp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina*: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 87-95.

CRUSCIOL, C. A. C.; FERNANDES, A. M.; CARMELS FILHO, A. C. A.; ALVAREZ, R. C. F. Macronutrient uptake and removal by upland rice cultivars with diferente plant architecture. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, p. 1-20, 2016.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campuna Grande, v. 17, n. 10, p. 1023-1029, 2013.

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

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

DOBBELARRE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and a irakense strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 36, n. 1, p. 284-297, 2002.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLERO-MELLADO, J.; AGUIRRE, J. F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Response of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 28, n. 9, p. 871-879, 2001.

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

DÖBEREINER, J. Fixação de nitrogênio em associação com gramíneas. In.: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 173-180.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA– EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, M. A. de; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, L. T. de. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p.1404-1411, 2010.

FAGES, J. *Azospirillum* inoculants and field experiments, In: OKON, Y. (Ed.). **Azospirillum plant associations**. USA : CRC, 1994. p. 88-105.

FELICIO, J. C.; CAMARGO, C. E. O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; RECO, P. C.; RAMOS JUNIOR, E. U. IAC 385 cultivar de trigo melhorador. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 5., Dourados, 2011. **Reunião...** Dourados; [s.n.], 2011. Disponível em :<
http://www.cpao.embrapa.br/aplicacoes/cd_trigo/trabalhos/MELHORAMENTO_APIND_SEMENTES/IAC%20385%20Cultivar%20de%20trigo%20melhorador.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2015.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 5.0 (Biud 66)**: sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 2003.

FERREIRA, J. P.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; NASCIMENTO, V.; SABUNDJIAN, M. T. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e nitrogênio em cobertura no trigo em região de Cerrado. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 8, n. 3 p. 27-32, 2014.

FERREIRA, M. C. B.; FERNANDES, M. S.; DÖBEREINER, J. Role of *Azospirillum brasilense* nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 4, n. 1-2, p. 47-53, 1987.

FERREIRA, R. A. Trigo: o alimento mais produzido no mundo. **Nut. Brasil**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 45-52, 2003.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo**. Jaboticabal: Funep, 2008. 338p.

GALINDO, F. S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; BELLOTE, J. L. M.; SANTINI, J. M. K.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S. Épocas de inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar afetando a produtividade da cultura do trigo irrigado. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 43-48, 2015^a.

GALINDO, F S; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J.M.K; ALVES C. J; NOGUEIRA, L. M; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M.; BELLOTTE, J. L.M. Corn yield and foliar diagnosis affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, p. 150364, 2016.

GYANESHWAR, P.; KUMAR, G. N.; PAREKH, L. J.; POOLE, P. S. Role of soil microorganisms in improving p nutrition of plants. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 245, n. 1, p. 83-93, 2002.

HALL, P. G.; KRIEG N. R. Application of the indirect immunoperoxidase stain technique to the flagella of *Azospirillum brasiliense*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 47, n. 2, p. 433-435, 1984.

HOFFMANN, L. V. Biologia molecular da fixação biológica do nitrogênio. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. cap. 9, p. 153-164.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2011. 37 p. (Documentos, 325).

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

KLOEPPER, J. W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R. M. Free-living bacterialinocula for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**, Amsterdam, v. 7, n. 2, p. 39-43, 1989.

KÖPPEN, W. Climatologia. In: PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. (Ed). **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 478 p.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARINI, N.; TUNES, L. M.; SILVA, J. I.; MORAES, D. M.; CANTOS, F. A. A. Efeito do fungicida carboxim tiram na qualidade fisiológica de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 17-22, 2011.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic, 1995.889 p.

MEGDA, M. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; VIEIRA, M. X. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1055-1060, 2009.

MENDES, M. C.; ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V.; ZOCHE, J. C.; WALTER, A. L. B. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 6, n. 3, p. 95-102, 2011.

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

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 625 p.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A.; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 1687-1698, 2011. Suplemento.

NEHL, D. B.; ALLEM, S. J.; BROWN, J. F. Deleterious rhizosphere bacteria: an integrating perspective. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 1-20, 1996.

NUNES, P. H. M. P.; AQUINO, L. A.; dos SANTOS, L. P. D.; XAVIER, F. O.; DEZORDI, L. R.; ASSUNÇÃO, N. S. Produtividade do trigo irrigado submetido à aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 174-182, 2015.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **Applied and Environment Microbiology**, Washington, v. 6, n. 7, p. 366-370, 1997.

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

PERIN, L.; SILVA, M. F.; FERREIRA, J. S.; CANUTO, E. L.; MEDEIROS, A. F. A.; OLIVARES, F. L.; REIS, V. M.; Avaliação da capacidade de estabelecimento endofítico de estirpes de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* em milho e arroz. **Agronomia- UFRRJ**, Seropédica, v. 37, n. 2, p. 47-53, 2003.

PERRIG, D.; BOIERO, L.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; CASSÁN, F.; LUNA, V. Plant growth promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and their implications for inoculant formulation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 75, n. 5, p. 1143-1150, 2007.

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

PICCININ, G. G.; DAN, L. G. M.; BRACCINI, A. L.; MARIANO, D. C.; OKUMURA, R. S.; BAZO, G. L.; RICCI, T. T. Agronomic efficiency of *Azospirillum brasilense* in physiological parameters and yield components in wheat crop. **Journal of Agronomy**, New York, v. 10, n. 4, p. 132-135, 2011.

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; LONGUI, W. V.; GITTI, D. C.; BARBIERI, M. K. F.; GONZAGA, A. R.; TEIXEIRA, D. S. Inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar associada à doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., Águas de Lindóia. **Anais...** Campinas: IAC/ABMS, 2012. p. 1413-1419 1CD-ROM.

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

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; BASSOI, M. C.; DE OLIVEIRA, F. A. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agrônômico de genótipos de trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 621-632, 2012.

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

QUADROS, P. D.; ROESCH, L. F. W.; SILVA, P. R. F.; VIEIRA, V. M.; ROEHRS, D. D.; CAMARGO, F. A. O.; Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 209-218, 2014.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

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 Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 1139-1146, 2008.

RIEDE, C. R.; CAMPOS, L. A. C.; GARBUGLIO, D. D.; OKUYAMA, L. A.; SCHOLZ, M. B. S.; SERA, G. H.; SHIOGA, P. S.; POLA, J. N. IPR Catuara TM: cultivar de trigo melhorador. V In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 5., 2011, Dourados. **Reunião...** Dourados: [s.n.], 2011. Disponível em :< http://www.cpao.embrapa.br/aplicacoes/cd_trigo/trabalhos/MELHORAMENTO_APIND_SEMENTES/IPR%20Catuara%20TM%20%20-%20%20Cultivar%20de%20trigo%20melhorador.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2015.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften**, Berlin, v. 91, n. 11, p. 552-555, 2004.

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

RODRIGUES, M.; ARF, O.; BARBIERI, M. K. F.; PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, R. A. F. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e aplicação de regulador vegetal em trigo irrigado no cerrado. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 6., 2012, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2012. p. 1-5. 1CD ROM.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; GOUVEIA, J. A.; SOARES, R. C. Nitrogen translocation in wheat inoculated with *Azospirillum* and fertilized with nitrogen. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1473-1481, 2000.

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

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

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 191-199, 2000.

SLEPER, D. A.; POEHLMAN, J. M. **Breeding field crops**. Ames: Blackwell Pub Iowa, 2006. 424 p.

TARRAND, J. J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 24, n. 8, p. 967-980, 1978.

TARUMOTO, M. B.; VAZQUEZ, G. H.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SILVA, P. H. F. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e tratamento de sementes com defensivos agrícolas na produtividade de trigo irrigado na região do cerrado. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 6., Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2012. p. 1-5.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 421-425, 2007.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Desempenho agrônômico de cultivares de trigo em resposta a população de plantas e a adubação nitrogenada. **Científica**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 97-106, 2008.

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 37, n. 5, p. 1016-1024, 1979.

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

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 337-341, 2011.

ZADOCKS, J. C.; GHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research** , Oxford, v. 14, p. 415-421, 1974.

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

ZAIED, K. A.; EL-HADY, A. H.; AFIFY, A. H.; NASSEF, M. A. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. Pakistan **Journal of Biological Sciences** , Paistan, v. 4, p. 344-358, 2003.

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

APÊNDICES

Lista de Apêndices

Apêndice A. Fotos da cultura do trigo durante a condução do experimento Selvíria – MS, 2015.....	81
Foto 1. Desenvolvimento inicial da cultura do trigo 7 dias após emergência. Selvíria – MS, 2015.....	82
Foto 2. Separação de parcelas para condução da pesquisa. Selvíria – MS, 2015.....	83
Foto 3. Cultura do trigo em perfilhamento pleno. Selvíria – MS, 2015.....	84
Foto 4. Avaliações do número de espigas por metro e da espiga de trigo. Selvíria – MS, 2015.....	84
Foto 5. Avaliações do número de espigas por metro e da espiga de trigo. Selvíria – MS, 2015.....	84
Foto 6. Vista geral da cultura do trigo no período de desenvolvimento das espigas. Selvíria –MS, 2015.....	85
Foto 7. Vista geral da cultura do trigo em ocasião de colheita. Selvíria – MS, 2015.....	86

APÊNDICE - Fotos da pesquisa

Foto 1. Desenvolvimento inicial da cultura do trigo 7 dias após emergência. Selvíria – MS, 2015.



FONTE: Próprio Autor.

Foto 2. Separação de parcelas para condução da pesquisa. Selvíria – MS, 2015.



FONTE: Próprio Autor.

Foto 3. Cultura do trigo em perfilhamento pleno. Selvíria – MS, 2015.



FONTE: Próprio Autor.

Foto 4. Avaliações do número de espigas por metro e da espiga de trigo. Selvíria – MS, 2015.



Foto 5. Avaliações do número de espigas por metro e da espiga de trigo. Selvíria – MS, 2015.



FONTE: Próprio Autor.

Foto 6. Vista geral da cultura do trigo no período de desenvolvimento das espigas. Selvíria – MS, 2015.



FONTE: Próprio Autor.

Foto 7. Vista geral da cultura do trigo em ocasião de colheita. Selvíria – MS, 2015.



FONTE: Próprio Autor.