

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

LOURDES DICKMANN

RESIDUAL DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E EFEITO DA INOCULAÇÃO COM
Azospirillum brasilense **NAS CULTURAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO**
CERRADO

Ilha Solteira
2019



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Especialidade: Sistemas de Produção

LOURDES DICKMANN

**RESIDUAL DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E EFEITO DA INOCULAÇÃO COM
Azospirillum brasilense NAS CULTURAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO
CERRADO**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP - como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Marcelo Andreotti

Orientador

Ilha Solteira
2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

D553r Dickmann, Lourdes.
Residual da adubação fosfatada e efeito da inoculação com *Azospirillum
brasiliense* nas culturas em sistema plantio direto no cerrado / Lourdes
Dickmann. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019
118 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2019

Orientador: Marcelo Andreotti
Inclui bibliografia

1. Sustentabilidade. 2. Bactérias diazotróficas. 3. *Avena strigosa*. 4. *Zea mays*
L. 5. *Urochloa brizantha*. 6. *Phaseolus vulgaris* L.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Serviço Técnico de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: RESIDUAL DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E EFEITO DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* NAS CULTURAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO CERRADO

AUTORA: LOURDES DICKMANN

ORIENTADOR: MARCELO ANDREOTTI

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

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS

Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

Pós-Doutoranda NÍDIA RAQUEL COSTA

Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Ilha Solteira, 20 de fevereiro de 2019

Dedico

À Deus

Meu sonho mais ousado ainda era pequeno comparado ao que Deus tinha para mim. Por isso me fez continuar, mesmo quando achei que não podia mais.

Deus disse: “Aqueles que esperam em mim não serão desapontados”. Isaías 49:23

“Deus é fiel, confie”

Ofereço

Ao meu pai Silvestre Dickmann, o mais sábio dos homens, e a minha mãe Inês Moser Dickmann, mulher forte e guerreira. Ofereço de coração, por estarem presente em todos os momentos da minha vida, para que eu pudesse alcançar meus objetivos. A vocês meu amor, minha eterna gratidão e posso dizer que são a razão da minha vida.

Aos meus irmãos, Enio Dickmann e Luzia Dickmann, e a todos da minha família, em especial Sirlei Pires de S. Dickmann, José Rodrigues da Silva, Daniele Schwaickerski e Fernando da Silva, por seus esforços dedicados a mim em todos os momentos que precisei, pelos incentivos, pelo amor e atenção incondicional.

Às minhas sobrinhas Geovanna de S. Dickmann e Yasmin da S. Schwaickerski, por renovar minhas energias com sua alegria contagiante e fazer sempre ter esperanças no impossível.

Ao meu amor Douglas da S. Schwaickerski, por todo amor, pela dedicação, paciência, confiança, cuidado que tem dado a mim durante todos estes anos, e simplesmente por ser uma pessoa importantíssima em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela saúde, proteção, inspiração, por estar presente em minha vida em todos os momentos. Tudo o que há de melhor na vida tem a presença Divina.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Andreotti, meu agradecimento especial, por seu profissionalismo, ética, disponibilidade, paciência, bom humor, e pelos ensinamentos durante esses anos de convivência, que certamente sempre serão lembrados. Sua participação foi extremamente importante para a realização deste trabalho.

À Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de Ilha Solteira, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção, pela oportunidade concedida para minha formação, e aos Docentes, pelos conhecimentos técnicos transmitidos e por terem sido sempre muito atenciosos e prestativos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos membros da banca de qualificação Prof. Dr. Edson Lazarini e Prof. Dr. Marcelo C. M. Teixeira Filho pelas importantes contribuições.

Aos membros da banca de defesa Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá, Prof. Dr. Orivaldo Arf, Dr. Gustavo Pavan Mateus, Prof. Dr^a Nídia Raquel Costa pela disponibilidade em participar da banca e pelas valiosas contribuições que enriqueceram o trabalho.

Ao meu amigo Marcelo Fernando P. Souza, por ter sido o incentivador para meu ingresso na Pós-Graduação e por sempre estar ao meu lado apoiando, ajudando em todos os momentos, e incentivando a nunca desistir mesmo nas situações mais adversas.

À Equipe Andreotti, e aos amigos Gabriela C. Catalani, Allan H. Nakao, Sheila Caioni, Viviane Cristina Modesto, Tiago L. Parente, Deyvison A. Soares, Elizabete N. da Rocha, Maria Elisa Vicentini, Leandro A. Freitas, Leocir Dellani, Madalena Flores, Ariani Garcia, Rafaela G. Amaral, Simoni Carvalho, Luciana Braga e Fábria E. Pimentel.

Ao Serviço Técnico de Biblioteca pelas correções e apoio, em especial Raiane da S. Santos.

A todos os funcionários da FE/Unesp - Campus de Ilha Solteira, em especial: Marcelo R. da Silva, Carlos A. da Silva, João B. M. de Carvalho, Sidival A. de Carvalho, Wilder Jordão, Alvino da Silva, Cesar Henrique A. Seleguim, Valdivino dos Santos, Juliano B. de Abreu, Sinval A. de Abreu, Manoel F. R. Bonfim, pela amizade e auxílio na realização dos trabalhos.

A todos os amigos e colegas que de alguma forma estiveram me apoiando e ajudando na realização deste trabalho.

RESUMO

A busca por modelos sustentáveis para a agropecuária aliado a novas tecnologias, como o uso de bactérias diazotróficas, que promovem o crescimento de plantas, aumentam a eficiência do uso dos fertilizantes e trazem equilíbrio ambiental, torna-se indispensável principalmente nas regiões tropicais. Para isso, buscou-se avaliar em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, em condições irrigadas e sob sistema plantio direto (SPD) no Cerrado, nos anos agrícolas de 2013/14 e 2015/16, 1) o efeito da adubação fosfatada e da inoculação ou não com *A. brasilense* sobre a nutrição e produtividade de matéria seca da parte aérea e raízes da aveia preta; 2) avaliar o efeito residual da adubação fosfatada e da decomposição da palhada da aveia preta sobre o crescimento e produtividade do milho inoculado ou não pelo *A. brasilense* e do capim Marandu em consórcio; e 3) após a colheita do milho, avaliar a produtividade e a qualidade bromatológica do capim Marandu, e o efeito de sua palhada sobre os componentes da produção e produtividade do feijoeiro de inverno em sucessão. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2, ou seja, cinco doses de P₂O₅ na forma de MAP (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha⁻¹) aplicadas a lanço na semeadura da aveia preta cultivar IAPAR 61 em 2013, com ou sem a inoculação das sementes com a bactéria *A. brasilense*, na dose de 100 mL 25 kg⁻¹ de sementes. Cada unidade experimental (parcela) constituiu-se de 4,4 m de largura por 10 m de comprimento, perfazendo 44 m². Verificou-se no cultivo de 2013 que a inoculação de *A. brasilense* incrementou a produção de matéria seca da parte aérea e de raízes da aveia preta, assim como aumentou o comprimento de raízes e sua massa seca em 2015. Independente dos anos de cultivo, a adubação fosfatada residual não interferiu sobre o crescimento, componentes da produção e produtividade de grãos de milho consorciado com capim Marandu. Enquanto que, a inoculação das sementes de milho com *A. brasilense* proporcionou maiores teores foliares de nutrientes nos cultivos de 2013/14 e de 2015/16, além de promover ganhos na produção de matéria seca do primeiro e segundo corte (2015/16), com valores superiores em todos os componentes bromatológicos do capim Marandu. Com o efeito da palhada do consórcio milho/capim Marandu e principalmente da inoculação com *A. brasilense* antecessores ao cultivo de feijoeiro de inverno houve incrementos no estado nutricional das plantas, principalmente no segundo ano de cultivo (2016), entretanto, não trouxe respostas significativas sobre a produtividade de grãos. A adubação fosfatada residual, proporcionou efeito positivo para as plantas de feijoeiro de inverno cultivadas em 2014, com incremento dos componentes da produção e produtividade de grãos.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Bactérias diazotróficas. *Avena strigosa*. *Zea mays* L. *Urochloa brizantha*. *Phaseolus vulgaris* L. Sistema plantio direto.

ABSTRACT

The search for sustainable models for agriculture associated with new technologies, such as the use of diazotrophic bacteria that promote plant growth, increase the efficiency of fertilizer use and bring environmental balance, making it indispensable mainly in tropical areas. This study was conducted on the red LATOSOL Distrophic, typical clayey, under irrigated conditions and under no-tillage system (NTS) in the Cerrado, in the agricultural years of 2013/14 and 2015/16. The aim of this study was to evaluate 1) the effect of phosphate fertilization and of the inoculation or not with *A. brasilense* on the nutrition and productivity of black oat shoot and roots dry matter; 2) to evaluate the residual effect of phosphate fertilization and black oat straw decomposition on the growth and yield of maize inoculated or not with *A. brasilense* and Marandu grass intercropped; and 3) after harvesting maize, to evaluate the productivity and the bromatological quality of the Marandu grass, and the effect of its straw on the components of the production and productivity of the winter bean in succession. The experimental design was randomized block, with four replications, in a factorial scheme 5 x 2, five P₂O₅ doses in the form of MAP (0; 30; 60; 120 and 240 kg ha⁻¹) applied throwing during the sowing of black oat cultivar IAPAR 61 in 2013, with or without inoculation of the seeds with the bacterium *A. brasilense*, at the dose of 100 mL 25 kg⁻¹ of seeds. Each experimental unit (plot) consisted of 4.4 m wide by 10 m length, totalling 44 m². It was verified in the cultivation of 2013 that the inoculation of *A. brasilense* increased the production of black oat shoot and roots dry matter, as well as it increased the roots length and its dry matter in 2015. Independently of the years of cultivation, the residual phosphate fertilization did not interfere the growth, the production components and the maize grains yield intercropped with Marandu grass. While the inoculation of maize seeds with *A. brasilense* provided larger leaf contents in the cultivation of 2013/14 and of 2015/16, besides of promoting gains in dry matter production of the first and second cutting (2015/16), with greater values in all of bromatological components of Marandu grass. With the effect of the straw of maize/Marandu grass consortium and mainly of the inoculation with *A. brasilense* predecessors to the winter bean crop, there were increases in the nutritional status of the plants, mainly in the second year of cultivation (2016), however, it did not bring significant responses on grain yield. The residual phosphate fertilization provided a positive effect for the winter bean plants cultivated in 2014, with an increase in production components and grain yield.

Keywords: Sustainability. Diazotrophic bacteria. *Avena strigosa* L. *Zea mays*. *Urochloa brizantha*. *Phaseolus vulgaris*. No-tillage system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Dados climáticos coletados na estação meteorológica da FEPE, durante o período de condução dos experimentos. Selvíria/MS, 2013/2014/2015/2016.	31
Figura 2- Fase de coleta da aveia preta, 2013 e 2015.....	34
Figura 3- Aveia preta na fase de avaliações, 2013 e 2015.	35
Figura 4- Semeadura dos consórcios, safras 2013/14 e 2015/16.....	38
Figura 5- Fase de coletas de folhas de milho no florescimento feminino, 2013/14 e 2015/16	39
Figura 6- Cultura do milho na fase de colheita e avaliações, 2013/14 e 2015/16	41
Figura 7- Capim Marandu aos 60 dias após colheita do milho, 2013/14 e 2015/16	42
Figura 8- Área da semeadura do feijoeiro de inverno, 2014 e 2016	45
Figura 9- Maturação do feijoeiro de inverno, 2014 e 2016	47

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-** Altura de plantas (ALTP), produtividade de matéria seca de parte aérea (MSPA) e acúmulos de N e P na parte aérea das plantas de aveia preta, em função da inoculação ou não por *A. brasilense* e adubação fosfatada, 2013 e 2015. Selvíria-MS49
- Tabela 2-** Acúmulos de K, Ca, Mg e S na parte aérea das plantas de aveia preta, em função da inoculação ou não por *A. brasilense* e adubação fosfatada, 2013 e 2015. Selvíria-MS.....49
- Tabela 3-** Desdobramento da interação significativa da inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual na cultura da aveia preta para matéria seca de parte aérea (MSPA), N, K, Ca e S acumulados na parte aérea, safra 2015. Selvíria-MS54
- Tabela 4-** Comprimento de raízes (CR), produção de matéria seca radicular (PMSR) e acúmulos de N e P pelas raízes da aveia preta, em função da inoculação ou não por *A. brasilense* e adubação fosfatada, 2013 e 2015. Selvíria-MS.....56
- Tabela 5-** Acúmulos de K, Ca, Mg e S pelas raízes da aveia preta, em função da inoculação ou não por *A. brasilense* e adubação fosfatada, 2013 e 2015. Selvíria-MS57
- Tabela 6-** Desdobramento da interação significativa entre inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada na cultura da aveia para K, Ca e S acumulados no sistema radicular (2013), produção de matéria seca radicular (PMSR), N e K acumulados no sistema radicular da aveia preta (2015). Selvíria-MS.....58
- Tabela 7-** Médias dos teores de macronutrientes foliares (N, P, K e Ca) do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS64
- Tabela 8-** Médias dos teores de macronutrientes foliares (Mg e S) e índice de clorofila foliar (ICF) do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS65
- Tabela 9-** Desdobramento da interação significativa entre inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual para o teor de K (2013/14) e de N, P, K, Ca e Mg (2015/16) nos

tecidos foliares da cultura do milho. Selvíria-MS

.....66

Tabela 10- Médias de altura de plantas (ALP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC) e comprimento de espiga (CE) de milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS

.....69

Tabela 11- Médias de diâmetro de espiga (DE), número de espigas (NE), estande final de plantas (EFP) e massa seca das plantas (MSP) de milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS

.....71

Tabela 12- Desdobramento da interação significativa entre inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual para número de espigas (NE) e massa seca das plantas de milho no ano agrícola 2013/14, e da massa seca das plantas de milho do ano agrícola 2015/16. Selvíria-MS

.....72

Tabela 13- Médias do número de fileiras de grãos por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE) e massa de grãos por espiga (MGE) do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS

.....74

Tabela 14- Médias da massa de grãos por espiga (MGE), massa de 100 grãos (M100) e produtividade do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS

.....75

Tabela 15- Médias do acúmulo dos macronutrientes (N, P e K) na palhada do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS

.....77

Tabela 16- Médias do acúmulo dos macronutrientes (Ca, Mg e S) na palhada do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS

.....78

Tabela 17- Desdobramento da interação significativa entre inoculação com <i>A. brasilense</i> e adubação fosfatada residual para o acúmulo dos macronutrientes Ca e Mg (2013/14) e N, P, Mg e S (2015/16) na palhada do milho. Selvíria-MS	79
Tabela 18- Produção de massa seca (PMS) e acúmulo dos macronutrientes (N, P e K) no 1º corte das plantas de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> no milho do consórcio e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.....	81
Tabela 19- Acúmulo dos macronutrientes (Ca, Mg e S) no 1º corte das plantas de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> no milho do consórcio e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.....	82
Tabela 20- Produção de massa seca (PMS) e acúmulo dos macronutrientes (N, P e K) no 2º corte das plantas de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> no milho do consórcio e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.....	83
Tabela 21- Acúmulo dos macronutrientes (Ca, Mg e S) no 2º corte das plantas de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> no milho do consórcio e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS	85
Tabela 22- Desdobramento da interação significativa entre inoculação com <i>A. brasilense</i> e adubação fosfatada residual para o acúmulo dos macronutrientes (Ca e Mg) no 2º corte das plantas de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, no ano agrícola 2015/16. Selvíria-MS.....	87
Tabela 23- Médias de teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e celulose (CEL) da <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> e adubação fosfatada residual, 60 dias após a colheita do milho em consórcio (2º corte), nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS	89
Tabela 24- Médias de teores de hemicelulose (HEM), lignina (LIG), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade da matéria seca (DMS) da <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> e adubação fosfatada residual, 60 dias após a colheita do milho em consórcio (2º corte), nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS	90

Tabela 25- Desdobramento da interação inoculação com <i>A. brasilense</i> e adubação fosfatada residual para proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade da matéria seca (DMS) da <i>U. brizantha</i> cv. Marandu aos 60 dias após a colheita do milho em consórcio (2º corte) no ano agrícola 2015/16. Selvíria-MS	92
Tabela 26- Médias do índice de clorofila foliar (ICF) e teores de macronutrientes foliares (N, P e K) do feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> no milho em consórcio com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu e adubação fosfatada residual, 2014 e 2016. Selvíria-MS	96
Tabela 27- Desdobramento da interação inoculação com <i>A. brasilense</i> e adubação fosfatada residual para os teores de macronutrientes foliares (N, P e K) do feijoeiro de inverno em 2016. Selvíria-MS	97
Tabela 28- Média dos teores de macronutrientes foliares (Ca, Mg e S) do feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> no milho em consórcio com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu e adubação fosfatada residual, 2014 e 2016. Selvíria-MS	98
Tabela 29- Médias do número de plantas (NP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV) do feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> no milho em consórcio com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu e adubação fosfatada residual, 2014 e 2016. Selvíria-MS	100
Tabela 30- Médias da altura da inserção da primeira vagem (AIPV), comprimento de planta (CP), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) do feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> no milho em consórcio com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu e adubação fosfatada residual, 2014 e 2016. Selvíria-MS	101
Tabela 31- Desdobramento da interação significativa entre inoculação com <i>A. brasilense</i> do milho em consórcio com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu e adubação fosfatada residual para a produtividade do feijoeiro de inverno, em sucessão. Selvíria-MS, 2014	103

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Sistema Plantio Direto (SPD)	19
2.2	Aveia preta – espécie de cobertura de solo no inverno	21
2.3	ConSORCIAÇÃO da <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu com a cultura do milho.....	22
2.4	Efeito do fósforo nas pastagens	24
2.5	Inoculação de sementes de gramíneas com <i>Azospirillum</i> spp	25
2.6	Aspectos gerais da cultura do feijoeiro de inverno e seu cultivo sobre palhada de braquiária em SPD	28
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Localização, histórico e caracterização da área experimental	30
3.1.2	Experimento 1 – Aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb) sob Sistema Plantio Direto (SPD).....	31
3.1.2.1	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	31
3.1.2.2	<i>Preparo da área experimental, instalação e condução dos experimentos</i>	32
3.1.2.3	<i>Avaliações e análises</i>	34
3.1.2.4	<i>Análise estatística</i>	35
3.1.3	Experimento 2 – Consórcio de milho com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu em sistema plantio direto sobre a palhada de aveia preta antecessora.....	36
3.1.3.1	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	36
3.1.3.2	<i>Preparo da área experimental, instalação e condução dos experimentos</i>	36
3.1.3.3	<i>Avaliações e análises</i>	39
3.1.3.4	<i>Análise estatística</i>	43
3.1.4	Experimento 3 – Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada do consórcio milho/capim Marandu.....	43
3.1.4.1	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	43
3.1.4.2	<i>Preparo da área experimental, instalação e condução dos experimentos</i>	44
3.1.4.3	<i>Avaliações e análises</i>	45
3.1.4.4	<i>Análise estatística</i>	48
3.1.5	<i>Caracterização do solo após colheita do feijoeiro de inverno</i>	48

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1	Efeito dos tratamentos sobre a Aveia Preta.....	49
4.2	Consórcio de milho com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu inoculado ou não com <i>A. brasilense</i> e adubação fosfatada residual.....	62
4.3	Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada do consórcio milho/capim-Marandu	94
5	CONCLUSÕES	104
	REFERÊNCIAS	105

1 INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de produção animal e vegetal, leva a busca de sistemas agrícolas de produção sustentáveis com bases conservacionistas. Assim, o agronegócio procura estratégias para atender o aumento da demanda por matérias-primas, que impulsiona o melhor uso da terra. Gasparini *et al.* (2017) citam que é possível conciliar a expansão da agricultura com o uso mais eficiente dos recursos naturais incorporando tecnologias e melhorando o sistema de produção.

Nesse contexto, o sistema plantio direto (SPD), desde que manejado seguindo seus princípios básicos com a manutenção permanente da cobertura do solo, mínimo revolvimento e rotação com sucessão de culturas diversificadas, traz alterações positivas para as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (CARVALHO *et al.*, 2015).

De acordo com Nascente e Crusciol (2012), dentre os sistemas que integram o SPD, o cultivo consorciado de culturas graníferas (como o milho, soja, arroz e sorgo) com forrageiras tropicais é uma ótima opção para produção de palhada residual. Neste sistema, a forrageira pode ser utilizada para a alimentação animal, no período de entressafra, ou como palha, para continuidade do SPD. Nesses consórcios, o mais comum é utilizar o milho com o gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) (BORGHI; CRUSCIOL, 2007; FREITAS *et al.*, 2008; PARIZ *et al.*, 2009), que proporciona maior produção de palhada e com isso melhor cobertura de solo, situação favorável ao SPD, e em consequência, gera maiores produtividades nas culturas subsequentes como é o caso do cultivo de feijão de inverno (CHIODEROLI *et al.*, 2010).

Dentre os nutrientes que mais limitam a produção de grãos no Brasil, em especial as espécies gramíneas, destaca-se o fósforo (P), principalmente nas regiões de Cerrado onde se encontram os Latossolos, que pela sua constituição oxídica da fração argila apresentam alta complexação do nutriente e, portanto, torna-se fator de restrição para a produção das culturas agrícolas (VALDERRAMA *et al.*, 2011).

Ainda que as exigências em fósforo sejam, em quantidade, bem menores quando comparado aos outros nutrientes, as doses normalmente recomendadas são altas, em função da baixa eficiência de aproveitamento desse nutriente pela cultura. Tal fato é decorrente da alta capacidade de adsorção do fósforo adicionado ao solo, reduzindo sua disponibilidade às plantas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2012).

Com a crescente busca por sustentabilidade nos sistemas agrícolas de produção, e os elevados gastos com insumos agrícolas, alguns pesquisadores tem apresentado como alternativa para economia de fertilizantes, o uso de bactérias diazotróficas, a qual visa a

redução na aplicação do N e aumento da eficiência na utilização (REIS JÚNIOR *et al.*, 2008; BERGAMASCHI, 2006). Assim, cresce o interesse pelo uso de inoculantes que possuem em sua composição bactérias promotoras de crescimento de plantas, principalmente pela busca de uma agricultura sustentável com menor poluição ambiental, aliado a redução dos custos de produção (HUNGRIA; MENDES; REIS JUNIOR, 2010). Novakowiski *et al.* (2011) citam que é possível unir o potencial genético das plantas com os recursos biológicos do solo, como as bactérias diazotróficas, em especial as do gênero *Azospirillum*.

As bactérias diazotróficas têm sido usadas como inoculantes em diversas culturas, tais como, cereais, algodão, cana-de-açúcar, café, *Urochloa* e outras (REIS, 2007). Também Okon; Vanderleyden (1997) relataram que o gênero *Azospirillum* promove ganhos em produtividade de culturas nas mais variadas condições de clima e solo. Estes mesmos autores salientam que o ganho com *Azospirillum* vai além do que simplesmente auxiliar na fixação biológica do N, auxiliando também no aumento da superfície de absorção das raízes da planta e, conseqüentemente, no aumento do volume de substrato do solo explorado, papel este, fundamental na absorção de nutrientes pouco móveis no solo, como o fósforo.

Deste modo, tal constatação é justificada pelo fato da inoculação modificar a morfologia do sistema radicular, aumentando tanto o número de radículas, quanto diâmetro das raízes laterais e adventícias. Com isso, as plantas apresentam sistema radicular mais desenvolvido, capaz de explorar melhor o solo e incrementar a absorção de água e nutrientes, proporcionando melhores condições de desenvolvimento da planta e aumento de produtividade. Considerando-se a importância da inoculação para atender a demanda econômica e ambiental, a hipótese da pesquisa foi a de que ocorresse efeito hormonal do *Azospirillum brasilense* no crescimento de raízes e absorção de nutrientes com destaque para o fósforo, e com reflexo na produtividade de grãos e de palha, e se esse efeito apresentaria residual para a economia da adubação fosfatada.

Assim, objetivou-se nesse trabalho, em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, sob condições irrigadas no Cerrado, avaliar: 1) o efeito da adubação fosfatada e da inoculação ou não com *A. brasilense* sobre a nutrição e produtividade de matéria seca da parte aérea e raízes da aveia preta; 2) avaliar o efeito residual da adubação fosfatada e da decomposição da palhada da aveia preta sobre o crescimento e produtividade do milho inoculado ou não pelo *A. brasilense* e do capim Marandu em consórcio; e 3) após a colheita do milho, avaliar a produtividade e a qualidade bromatológica do capim Marandu, e o efeito de sua palhada sobre os componentes da produção e produtividade do feijoeiro de inverno em sucessão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema Plantio Direto (SPD)

Os primeiros resultados de pesquisa em sistema plantio direto no Brasil surgiram na década de 1970 e, se expandiu entre os agricultores, estando adaptada à diferentes regiões e níveis tecnológicos (CASÃO JUNIOR; ARAÚJO; LANILLO, 2008). Para as regiões de Cerrado, o SPD consolidou-se na década de 1990 com a chegada dos imigrantes do Sul com larga experiência e a adaptação da soja nessas áreas (VILAS BOAS *et al.*, 2007).

De acordo com a FEBRAPDP (2016), houve um aumento significativo das áreas sob SPD no Brasil, passando de 1 milhão de hectares no início dos anos 90 para 31,8 milhões de hectares em 2011/2012, representando 25% da área sob plantio direto no mundo.

Um dos fatores primordiais para o sucesso do SPD é o cuidado na implantação e no manejo da cobertura do solo. O solo agrícola deve estar sempre protegido por palhada residual ou plantas. Esta cobertura do solo é obtida pela produção das culturas, dos resíduos de colheita, da parte aérea das culturas em desenvolvimento e das plantas de cobertura do solo (CARVALHO *et al.*, 2015; KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA, 2006).

Comparado ao sistema de cultivo convencional, o SPD se sobressai por ser responsável pela melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (MONACO *et al.*, 2008), com influência na produtividade das culturas, além de abranger os aspectos econômicos e ambientais (CRUZ *et al.*, 2006). O SPD é conhecido principalmente por trazer benefícios aos solos, com aumento do carbono orgânico e nitrogênio total, reduzindo as perdas por erosão e decomposição da matéria orgânica (MAZZONCINI *et al.*, 2011).

A cobertura permanente do solo no SPD, traz controle de plantas daninhas, melhorias fitossanitárias, redução da erosão e maior conservação da umidade do solo devido a diminuição das perdas de água por evaporação e pela redução da temperatura do solo, favorecendo ainda os fluxos ascendentes de água das camadas mais profundas para as mais superficiais onde estão a maioria do sistema radicular das culturas anuais, contribuindo de forma positiva nos períodos de veranico (SILVA *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2015). Além disso, a melhoria proporcionada pelo SPD faz com que passe a ter um perfil de solo rico em nutrientes e resíduos orgânicos.

Nas regiões tropicais, uma das maiores preocupações no SPD tem sido a manutenção da palhada sobre o solo aliada à sua ciclagem de nutrientes (ALONSO-AYUSO *et al.*, 2018; KRUEGER *et al.*, 2011). Ao dar início ao SPD, alguns cuidados devem ser tomados, porém,

depois de estabelecido, suas vantagens se estendem não apenas ao solo, mas também à produtividade das culturas, determinando maior competitividade dos sistemas de produção (ALVARENGA; CRUZ; VIANA, 2008).

Em função de condições climáticas, a correta escolha da espécie vegetal a ser utilizada é extremamente importante, uma vez que devem ser consideradas as características de cada região e a classe de solo (PARIZ, 2010). Em áreas sob SPD, exige-se a implantação de culturas especificamente para este fim para que ocorra a manutenção da cobertura do solo. Porém, existe a possibilidade de implantação de uma cultura comercial no outono-inverno, que tem como vantagem aumentar a rentabilidade, ao mesmo tempo em que contribui para a manutenção da cobertura do solo (TRABUCO, 2008).

No Cerrado, o clima é caracterizado por inverno seco, altas temperaturas no decorrer do ano, o que aliado à irregularidade da precipitação, dificulta a implantação de espécies de cobertura e principalmente a permanência da palha sobre a superfície do solo. Portanto, o uso de gramíneas forrageiras para a formação de palha, vêm despertando o interesse de muitos agricultores e pesquisadores com resultados satisfatórios para regiões tropicais (TORRES, 2003; KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003; ANDRIOLI, 2004; PARIZ, 2010).

As taxas de decomposição das plantas de cobertura dependem da natureza do material vegetal, da produtividade de matéria seca, da fertilidade do solo, do manejo da cobertura e das condições climáticas, representadas, principalmente, pela pluviosidade e temperatura. Sendo assim, a decomposição de resíduos das culturas é uma variável importante na ciclagem de nutrientes em sistema plantio direto e o conhecimento de sua dinâmica é fundamental para a compreensão do processo, uma vez que o conhecimento desta ciclagem, resultará em sua utilização mais eficiente pelas culturas e principalmente, na redução dos impactos negativos causados ao ambiente (KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA, 2006). Neste caso, a palhada funciona também, como um reservatório de nutrientes que são liberados gradualmente por meio da decomposição e da mineralização da cobertura vegetal, às culturas em sucessão.

Segundo Amado; Mielniczuk; Aita (2002), o cultivo de plantas de cobertura antecedendo a cultura do milho, pode resultar em aumento de produtividade, seja pelo cultivo de leguminosa que reduz a necessidade de adubo nitrogenado, seja pelo cultivo de gramíneas que, com maior relação C/N, pois proporcionam um período maior de cobertura do solo, devido à sua decomposição mais lenta (CERETTA *et al.*, 2002). Estas espécies se destacam ainda pela adaptação a solos de baixa fertilidade, facilidade de estabelecimento, considerável produção de biomassa, o que proporciona excelente cobertura vegetal do solo.

2.2 Aveia preta como espécie de cobertura de solo no inverno

A aveia preta (*Avena strigosa*) é uma planta da família das gramíneas, muito rústica e com excelente capacidade de perfilhamento e produção de biomassa. É uma cultura de inverno que pode ser excelente alternativa para ser utilizada na alimentação dos bovinos para pastejo direto ou na forma de feno ou silagem, e, tem sido utilizada também como adubação verde ou principalmente como planta de cobertura do solo para plantio direto em sistemas de rotação de culturas (CORREA FILHO *et al.*, 2017). Além disso, é uma cultura que tem respondido bem a adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, apesar de não ser muito exigente em fertilidade do solo (DEMÉTRIO; COSTA; OLIVEIRA, 2012).

Seu sistema radicular é do tipo fasciculado com raízes fibrosas, o que determina maior facilidade de penetração no solo favorecendo posteriormente sua qualidade física, química e biológica (CARVALHO *et al.*, 2014a). Seus resíduos vegetais possuem menor velocidade de decomposição, conferindo liberação mais lenta e gradual de nutrientes quando comparada a outras gramíneas utilizadas como cobertura de solo (CRUSCIOL *et al.*, 2008).

Em sistemas de produção sob SPD em clima temperado ou subtropical (EUSTÁQUIO JÚNIOR *et al.*, 2010), a aveia preta contribui principalmente com a produção de matéria seca para formação de palha (NOGUEIRA *et al.*, 2013). Para regiões com temperaturas mais elevadas, existem cultivares adaptadas a essas características (RODRIGUES; AVANZA; DIAS, 2011), podendo a cultura se desenvolver em regiões de menor altitude, como em algumas regiões de Cerrado.

As gramíneas, de maneira geral, possuem elevada relação C/N e alta rusticidade (BARRADAS, 2010) favorece a cobertura do solo, com menor velocidade de decomposição da biomassa vegetal, o que diminui os riscos de erosão e atua também como reguladora da temperatura e da umidade do solo, pois sua palhada tem a capacidade de modificar o regime térmico diário do solo, principalmente pela capacidade de refletir a radiação solar, impedindo que o solo aqueça em demasia, evitando prejuízos às culturas nos meses mais quentes do ano (BRANCALÃO; MORAES, 2008). A utilização de culturas para produção de palha como cobertura do solo propicia a ciclagem de nutrientes favorecendo seu uso para a cultura subsequente, principalmente dos elementos que podem ser retidos como o fósforo e os elementos com potencial de lixiviação, como o nitrogênio (RODRIGUES *et al.*, 2012).

Uma das restrições do uso de gramíneas como cobertura de solo está relacionada com a deficiência momentânea de N que pode ser gerada nos estádios iniciais de desenvolvimento das culturas em sucessão, uma vez que no processo de decomposição da palha, a biomassa

microbiana do solo, ao imobilizar o N, diminui a sua disponibilidade para a cultura sucessora, podendo causar sua deficiência e redução da produtividade (BORTOLINI; SILVA; ARGENTA, 2000).

Ao avaliar espécies forrageiras em função de épocas de semeadura no cerrado, Andrade *et al.* (2012), verificaram que de modo geral, as forrageiras tropicais como milheto, sorgo forrageiro e capim-Tanzânia, assemelharam-se ao cultivo de aveia preta no inverno, tanto na produção de fitomassa (mais de 7 t ha⁻¹), quanto na composição bromatológica.

2.3 Consorciação da *Urochloa brizantha* cv. Marandu com a cultura do milho

No Brasil, estima-se que 80% das pastagens cultivadas e que são responsáveis por mais de 55% da produção nacional de carne, encontram-se em algum estágio de degradação. Uma das causas da degradação é o manejo incorreto das pastagens, afetando diretamente a sustentabilidade da pecuária (CORDEIRO *et al.*, 2015).

Segundo Bonetti *et al.* (2015), uma das opções para recuperação de áreas degradadas em regiões de clima tropical e subtropical, são os sistemas integrados de produção agropecuária em plantio direto (SIPAS-PD). Os SIPA, por sua vez, são responsáveis por aproximadamente 50% da produção de alimentos no mundo (CARVALHO *et al.*, 2014b), e está presente em 25 milhões de km² (BELL; MOORE, 2012).

No Brasil, SIPAs tem crescido exponencialmente devido à pressão social em relação à sustentabilidade e a demanda por altas produtividades com menores custos. Estes sistemas assumem grande importância por constituir uma maneira racional de cultivo, por atenuar problemas com erosão, perdas de nutrientes e desequilíbrio da macro e micro fauna das áreas agrícolas (CARVALHO *et al.*, 2015; TIECHER *et al.*, 2017).

Atualmente, no contexto de busca por produção de alimentos, recuperação das áreas de pastagens degradadas torna-se fundamental para a sustentabilidade do sistema produtivo. No caso do consórcio de forrageiras com culturas anuais, Kluthcouski; Aidar (2003), sugeriram que seja feita a semeadura simultânea da cultura anual com a forrageira, ou aproveita-se o potencial das sementes da forrageira existentes no solo, tendo-se o pasto formado logo após a colheita da cultura. Essa tecnologia permite reduzir os custos de formação da pastagem, uma vez que a cultura anual amortiza os gastos com sementes e insumos (PARIZ *et al.*, 2009; GARCIA *et al.*, 2012).

Segundo Carvalho *et al.* (2010), o SIPA-PD vem viabilizando a recuperação de áreas degradadas, e sendo mais lucrativos devido a diversificação das atividades econômicas, com redução dos custos de produção e o uso intensivo das áreas durante todo o ano, gerando resultados socioeconômicos e ambientais positivos. Cordeiro *et al.* (2015) citam que a integração em especial a de rotação lavoura-pasto, traz aumento na produtividade de grãos e de ganho de peso de bovinos e/ou produção leiteira com pastagens mais produtiva.

No consórcio do milho com *Urochloa*, a forrageira pode ser utilizada para formação de palhada no sistema plantio direto durante o período que antecede o cultivo do feijão de inverno. Assim, o consórcio, manejado corretamente, proporciona o aumento da quantidade de palha, visando a melhor cobertura do solo para a realização da semeadura direta e em alguns casos o aumento de produtividade na cultura subsequente (CHIODEROLI *et al.*, 2010).

Os resultados de pesquisas envolvendo o cultivo consorciado de milho com *Urochloa brizantha* demonstram a viabilidade deste sistema de produção. Estes consórcios são possíveis graças ao diferencial de tempo e espaço no acúmulo de biomassa entre as espécies. Em algumas situações, pesquisadores relataram que a presença da forrageira não influenciou negativamente a produtividade de grãos de milho, porém, em alguns casos, houve necessidade da aplicação de nicosulfuron em subdoses para reduzir o crescimento da forrageira, a fim de garantir pleno desenvolvimento do milho (BORGHI; CRUSCIOL, 2007; PARIZ *et al.*, 2011).

De acordo com Borghi; Crusciol (2007) além dessas vantagens, no SIPA, por meio da consorciação de duas gramíneas, a forrageira tem a função de fornecer alimento para a exploração pecuária, a partir do final do verão até início da primavera, e, posteriormente, de formação de palhada, para o cultivo da cultura produtora de grãos, em sistema plantio direto.

As plantas forrageiras, principalmente as dos gêneros *Urochloa* e *Panicum*, apresentam capacidade de reestruturar o solo, devido ao sistema radicular vigoroso, fornecendo condições favoráveis à infiltração e retenção de água e ao arejamento. A parte aérea das plantas protege o solo, evitando perdas por erosão, possibilitando, também, diminuição das temperaturas diárias mais altas e menores perdas de água por evaporação, propiciando assim melhores condições ao desenvolvimento de micro e mesorganismos (FREITAS *et al.*, 2005).

2.4 Efeito do fósforo nas pastagens

Tendo em vista a grande quantidade de pastagens degradadas, é de fundamental importância a recuperação e manutenção destas para o avanço da pecuária, uma vez que o Brasil é um dos maiores produtores de leite e de carne em pasto do mundo. Segundo Valle; Euclides; Macedo (2000), a *Urochloa brizantha* cv. Marandu é uma das espécies mais cultivadas e utilizadas em regiões sobre condições de Cerrado, apresentando-se com alta capacidade de adaptação e responsável por grande parte da alimentação do rebanho bovino criado a pasto. Quando realizada a fertilização e seguido os princípios básicos de manejo, essa cultura responde como uma excelente fonte de alimento.

Dentre as práticas de manejo adotadas para pastagens, a adubação fosfatada é um aspecto importante a ser considerado, pois pode proporcionar maior produtividade, com melhor distribuição do sistema radicular e um maior ciclo de produção.

O fósforo é um nutriente importante para a agricultura brasileira, considerando sua deficiência natural na maioria dos solos agricultáveis, e sua limitação econômica para sua aquisição. Krolow *et al.* (2004) citaram que o fósforo é um dos nutrientes essenciais para as plantas, e o nutriente mais importante para as pastagens, após o nitrogênio; pois desempenha papel principal nos períodos iniciais da vida das plantas, quando estas necessitam de elevada disponibilidade no solo. Este nutriente é essencial para o desenvolvimento radicular e perfilhamento, passando a sua deficiência a limitar a capacidade produtiva das culturas (SILVA *et al.*, 2018).

A carência de fósforo manifesta-se pelo ciclo vegetativo mais curto, pela falta ou pelo desenvolvimento deficiente de perfilho em gramíneas forrageiras. Isso faz com que a pastagem tenha uma cobertura deficiente, abrindo espaços para plantas daninhas (OLIVEIRA *et al.*, 2004), o que proporciona um aspecto relevante para aumento da degradação das pastagens. Em trabalho realizado por Zanini *et al.* (2009), a aplicação de fósforo estimulou o desenvolvimento radicular das forrageiras estudadas promovendo reduções na relação parte aérea/sistema radicular, não interferindo na relação folha/colmo.

Os solos das regiões tropicais do Brasil, como o Cerrado são altamente intemperizados e possuem naturalmente baixa fertilidade, principalmente em fósforo. No caso do fósforo, após aplicação por meio de fertilizantes minerais, este é rapidamente adsorvido pelos óxidos de Fe e Al (FOLONI *et al.*, 2008; CRUZ, 2015), o que explica a baixa eficiência da adubação

fosfatada e assim, a necessidade de elevadas quantidades do nutriente a serem utilizadas na adubação das culturas.

Segundo Silva *et al.* (2018), o cultivo nos solos da região do Cerrado só é possível com a correção da acidez e o manejo da adubação fosfatada, pois o P é um dos elementos que mais limita a produção nessas áreas de produção. Com isto, os gastos com a adubação fosfatada são elevados e podem variar de acordo com a fonte utilizada e o tempo de retorno do investimento (CORRÊA *et al.*, 2008). Desta forma, ao se trabalhar o manejo da fertilidade do solo em relação ao P, deve-se programar a longo prazo, pois uma pequena fração do P é aproveitada no primeiro ano de cultivo, e o restante passa a ser disponibilizado as plantas no decorrer do tempo, passando a ser de grande relevância os estudos relacionados ao efeito residual da adubação fosfatada (RESENDE *et al.*, 2006).

O modo de aplicação do fertilizante fosfatado e a sua eficácia também podem afetar a produtividade das culturas (COSTA *et al.*, 2009; OLIVEIRA; OLIVEIRA FILHO; POCOJESKI, 2017). Segundo Machry *et al.* (2016), a substituição da aplicação no sulco pela distribuição a lanço sem incorporação pode gerar diferentes resultados devido às condições edafoclimáticas de cada região. Assim, Souza; Lobato (2004) relataram que nos primeiros três anos de cultivo sob áreas com baixo teor de P, a aplicação a lanço respondeu de forma negativa para produtividade, em relação a aplicação no sulco. Enquanto que em solos com teores adequados de P, o modo de aplicação não interferiu na produtividade das culturas, sendo recomendado a adubação fosfatada apenas para manter a fertilidade do solo e compensar as perdas por exportação e lixiviação (DUARTE; CANTARELLA., 2007).

2.5 Inoculação de sementes de gramíneas com *Azospirillum* spp.

O prognóstico futuro para as áreas cultivadas no mundo pode ser caracterizado por uma menor expansão em área, contudo, com aumento da produtividade. De acordo com Inácio (2013), especialmente no Brasil, que é um dos maiores produtores agrícolas de grãos, cana-de-açúcar, carne, café e produtos florestais, há necessidade de pesquisas para incrementar a produção, com redução dos custos, sem alterar o ambiente.

Uma das visões estratégicas para o futuro deve ser, sem dúvida, a articulação do comércio frente à produção de fertilizantes, pois os elevados gastos com insumos agrícolas fazem com que a produção tenha altos custos. Alguns autores têm apresentado como forma alternativa para a economia de fertilizantes minerais, que são importados na maior parte, o uso da inoculação das sementes por bactérias diazotróficas, sendo que entre os diversos

gêneros destaca-se o *Azospirillum* (REIS JÚNIOR *et al.*, 2008; BERGAMASCHI, 2006). Estima-se que com o uso de inoculantes contendo cepas selecionadas de *A. brasilense*, poderá ter uma economia de U\$ 2 bilhões por ano em fertilizantes químicos (HUNGRIA, 2011).

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* hoje estão descritas 14 espécies no gênero (HUNGRIA, 2011). Segundo Hungria (2011), as bactérias do gênero *Azospirillum* ganharam grande destaque mundialmente a partir da década de 1970, com a descoberta pela pesquisadora da Embrapa, Dra. Johanna Döbereiner (1924-2000), da capacidade de fixação biológica do nitrogênio dessas bactérias quando em associação com gramíneas.

O gênero *Azospirillum spp.* abrange um grupo de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) de vida livre encontrado na maioria dos solos. São bactérias pertencentes ao grupo diazotrofo endofítico facultativo, onde podem colonizar tanto a rizosfera como o interior das raízes de gramíneas forrageiras e cereais (DÖBEREINER; BALDANI; BALDANI, 1995; HUNGRIA; MENDES; REIS JUNIOR, 2010). As estirpes têm sido encontradas em associação com plantas monocotiledôneas, como arroz, cana-de-açúcar, milho, sorgo e gramíneas forrageiras, porém, há informações de associações com dicotiledôneas (REIS, 2007). São bactérias associativas capazes de promover o crescimento das plantas por meio de vários processos, como a produção de hormônios de crescimento e a capacidade de realizar fixação biológica do nitrogênio (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2015). Tien *et al.* (1979), verificaram que esta capacidade das bactérias em fixar nitrogênio permite que elas promovam o crescimento das plantas, por meio da produção de fitormônios como o ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas.

A inoculação com *Azospirillum spp.* melhora as condições para o desenvolvimento do sistema radicular promovendo maior incremento na absorção da água e nutrientes, além de proporcionar maior tolerância a estresses de salinidade e seca, resultando numa planta vigorosa e produtiva com maior tolerância a agentes patogênicos de plantas (BASHAN; HOLGUIN; BASHAN, 2004; HUNGRIA, 2011; ZAFAR *et al.*, 2012). Segundo Cavallet *et al.* (2000), as informações são justificadas pelo fato de se ter aumento da superfície de absorção das raízes da planta e com isso, disponibilizar um maior volume de solo explorado, devido a inoculação modificar a morfologia do sistema radicular, elevando o número de radículas, assim como o diâmetro das raízes laterais e adventícias, parcialmente realizado pela produção de substâncias promotoras de crescimento, entre elas a auxinas, giberilinas e citocininas.

No decorrer de 22 anos de pesquisa com experimentos de inoculação a campo, Okon; Vanderleyden (1997) concluíram que o gênero *Azospirillum* promove ganhos em produtividade de importantes culturas, nas mais variadas condições de clima e solo; contudo, salientam que o ganho com o uso do *Azospirillum* vai mais além do que simplesmente auxiliar na fixação biológica do N₂, auxiliando também no aumento da superfície de absorção das raízes da planta e, conseqüentemente, no aumento do volume de substrato do solo explorado, papel este, fundamental na absorção de nutrientes pouco móveis no solo, como é o caso do fósforo.

Segundo Cangahuala-Inocente *et al.* (2013) as bactérias promotoras de crescimento de plantas atuam em vários processos, dentre os quais destaca-se a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, a síntese de hormônios, tais como auxinas, citocininas, giberelinas, etileno, e um grande número de moléculas, bem como na solubilização de fosfato no solo. Hungria (2011) cita que outro fator a ser considerado é que certas gramíneas, como as braquiárias, em cultivos sucessivos, podem ser hospedeiras de bactérias diazotróficas nativas do solo.

Para Roesch *et al.* (2006), resultados da interação bactérias diazotróficas e milho em termos de potencial agrônômico, fixação de nitrogênio ou promoção do crescimento, dependem de muitos fatores bióticos e ambientais, tais como genótipo da planta, comunidade microbiológica do solo e disponibilidade de nitrogênio. Mehnaz; Lazarovits (2006), citam que o sucesso da associação entre planta e *Azospirillum*, na maioria das vezes, está relacionado a fatores da própria bactéria, como a escolha da estirpe, o número ideal de células por sementes e sua viabilidade, e também pela espécie da cultura utilizada.

Com a utilização de *Azospirillum*, Barassi *et al.* (2008), obtiveram respostas fisiológicas induzidas pela inoculação, alcançando melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, menor 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.

Segundo Bashan; Holguin; Bashan (2004), foram constatados incrementos em vários pigmentos fotossintéticos, tais como clorofila a, b, e pigmentos fotoprotetivos auxiliares, como violaxantina, zeaxantina, aeroxantina, luteína, neoxantina e beta-caroteno, que resultariam em plantas mais verdes e com menor suscetibilidade ao estresse hídrico, quando inoculadas com *Azospirillum brasilense*.

O aumento da produtividade devido à inoculação com *Azospirillum* nos ensaios conduzidos no Brasil podem estar correlacionados tanto com o aumento do teor de N nos tecidos, quanto com outros nutrientes, como o P e K, fato também relatado em outros países

(BASHAN; HOLGUIN, 1997; STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000; BASHAN HOLGUIN; BASHAN, 2004). Também, apresentam características intrínsecas que possibilitam a interação com outros microrganismos do solo na rizosfera, por exemplo, fungos micorrízicos arbusculares (CANGAHUALA-INOCENTE *et al.*, 2013).

2.6 Aspectos gerais da cultura do feijoeiro de inverno e seu cultivo sobre palhada de braquiária em SPD

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada no mundo entre as demais do gênero *Phaseolus*, e atualmente o Brasil é o terceiro maior produtor (CONAB, 2018). Destaca-se também por ser uma importante fonte de proteína vegetal na dieta humana dos países em desenvolvimento, das regiões tropicais e subtropicais. Além dos benefícios para a alimentação, o feijão é um dos produtos agrícolas de grande importância econômico-social, pois emprega grande número de pessoas principalmente da agricultura familiar (DALCHIAVON *et al.*, 2011).

É uma cultura que se distingue das demais por ter como característica a possibilidade de obter três safras anuais. A 1ª safra ou safra “das águas”, sendo semeada entre os meses de agosto a novembro e colheita de novembro a fevereiro; a 2ª safra ou safra “da seca” com semeadura de dezembro a março e colheita de março a junho; e safra de 3ª época ou safra irrigada e que pode ser conhecida também como safra de inverno com semeadura de maio a julho e colheita de agosto a outubro (SILVA; WANDER, 2013).

No início da década de 1980, surgiu o feijão de 3ª época ou feijoeiro de inverno como alternativa de aproveitamento de áreas com irrigação, e com o objetivo de manter os preços do produto mais estável, além de ter produtos com maior qualidade, pois os grãos de feijão envelhecem (escurecem) rapidamente, perdendo a aceitação pelos consumidores (VIEIRA, 2004). Segundo a CONAB (2018), o feijoeiro de inverno continua sendo regulador da safra brasileira, pois sua produção é baseada no comportamento da primeira e segunda safras e disponibiliza o grão na entressafra (inverno). Sua área cultivada, na safra 2017/2018, foi de cerca de 589,0 mil hectares, o que correspondeu a uma produção de 618,7 mil toneladas.

O feijoeiro de inverno vem sendo explorado numa diversidade de sistemas de produção, e está entre as mais importantes culturas anuais implantadas em SPD e em SIPAs sob áreas irrigadas por pivô central no período de entressafra nas regiões Centro-Oeste e Sudeste no Brasil (SILVEIRA *et al.*, 2011; GOMES JUNIOR; SÁ; VALÉRIO FILHO, 2008). Estes

sistemas contribuem para a melhoria da qualidade do solo e da capacidade agronômica, conservando ou melhorando o ambiente (SÁ *et al.*, 2014).

Em rotação com o feijoeiro de inverno, tem se utilizado cultivos que envolvem a cultura do milho, solteiro ou em consórcio com forrageiras tropicais, com destaque para as do gênero *Urochloa* (SILVEIRA *et al.*, 2011). As forrageiras tropicais tornam-se importantes alternativas na produção de palhada para cobertura do solo, e ainda, repõem a matéria orgânica, ciclam os nutrientes do subsolo, e auxiliam na aração biológica, decorrente do seu abundante e volumoso sistema radicular, que apresenta contínua renovação e alto poder rizosférico, oferecendo condições favoráveis para cultura do feijão em sucessão (ROSSI *et al.*, 2013; PRIMAVESI *et al.*, 2004).

As palhadas de gramíneas trazem a médio e a longo prazos aumentos significativos dos teores de P e K, principalmente na camada superficial do solo. A maior disponibilidade de P pode estar relacionada, inclusive, à liberação de ácidos húmicos que ocorre no processo de mineralização da palha das gramíneas (SHEN *et al.*, 2011). Em trabalho realizado por Rossi *et al.* (2013), com a *Urochloa brizantha* cv. Marandu como planta de cobertura, apresentou aumento nos teores de P da folha do feijoeiro, trazendo ganhos de 18% na produtividade de grãos. Oliveira (2010) citou que houve maiores produtividades de grãos quando o feijoeiro foi cultivado sob palhada de gramíneas, e que este resultado pode ser proveniente da menor incidência do fungo *Rhizoctonia spp.* e *Fusarium spp.*, causadores de doenças radiculares na cultura.

Kluthcouski; Aidar (2003) consideram que as doenças como mofo-branco, podridão de *Fusarium* e podridão de *Rhizoctonia* podem ser controladas por ação isolante ou alelopática causada pela microflora do solo sobre os patógenos, e que a palhada ainda tem efeito de supressão física das plantas daninhas, resultando na redução ou até mesmo tornando-se desnecessário o emprego de herbicidas pós-emergentes. Estudos são necessários para avaliar as interações entre os componentes da produção da cultura e os sistemas de cultivo, tipos de cobertura do solo, assim como a quantidade e as formas de adubações, pois segundo Cruz (2012), existem inúmeros fatores que influenciam na produtividade do feijoeiro em SPD.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização, histórico e caracterização da área experimental

Os experimentos foram desenvolvidos na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria/MS, com as coordenadas geográficas (20°18'S e 51°22'W, altitude de 370 m).

O relevo é caracterizado como moderadamente plano, tendo sido o solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 2018). O tipo climático é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação média anual é de 1370 mm e a temperatura média de 23,5 °C (HERNANDEZ; LEMOS-FILHO; BUZETTI, 1995; CENTURION, 1982).

A pesquisa iniciou-se no ano de 2013 numa área onde o solo estava sendo cultivado com culturas anuais em SPD há 10 anos, sendo a cultura anterior milho em consórcio com capim Xaraés. Durante a condução dos experimentos houve uma sequência de culturas, às quais seguem:

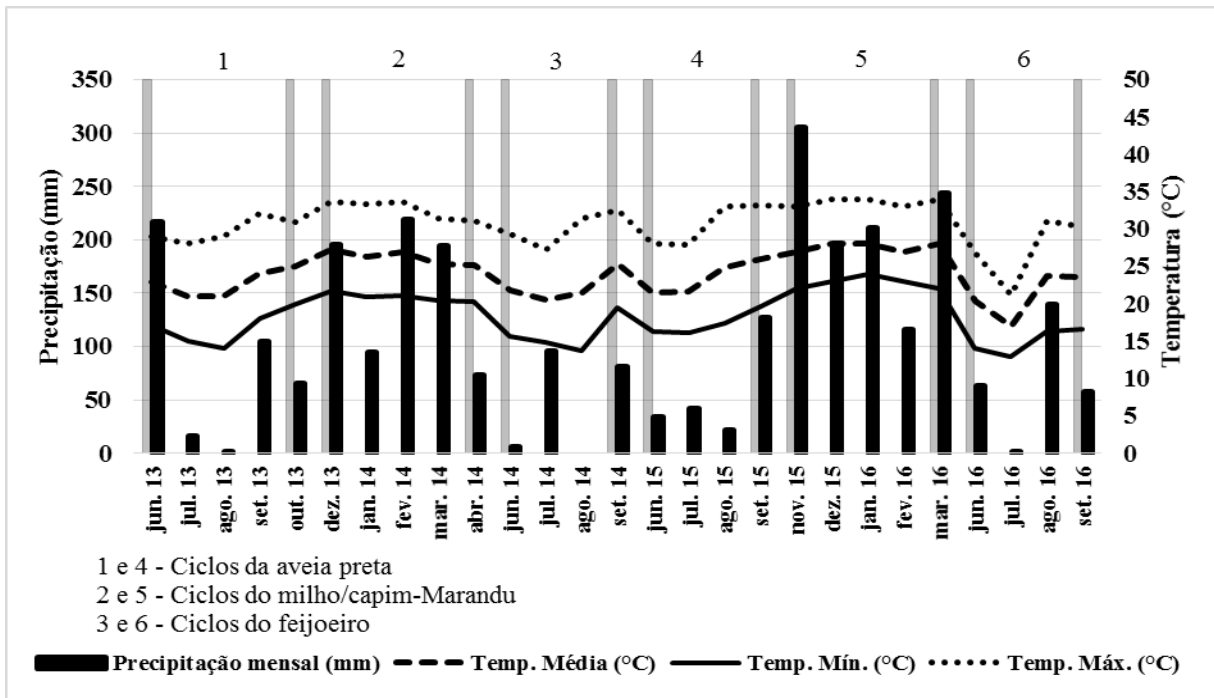
- Aveia preta (2013) – com semente inoculada e adubação fosfatada;
- Consórcio milho/capim Marandu (2013/14) – com inoculação das sementes de milho + residual de fósforo;
- Feijoeiro de inverno (2014) - residual de adubação fosfatada e de inoculação;
- Cultivo de capim Marandu para produção de palha (2014/15) – intervalo;
- Aveia preta (2015) - com semente inoculada e residual de adubação fosfatada;
- Consórcio milho/capim Marandu (2015/16) - com inoculação das sementes de milho + residual de fósforo;
- Feijoeiro de inverno (2016) - residual de adubação fosfatada e de inoculação.

A área de estudo foi irrigada por aspersão (pivô central), quando necessário, em função de déficits hídricos, em todo o período experimental. Durante a condução dos experimentos foram coletados junto à estação meteorológica situada a uma distância de 2 km do local, os dados diários referentes às temperaturas máxima, média e mínima e precipitação pluvial (Figura 1).

Com o intuito de efetuar caracterizações da fertilidade do solo e posteriormente avaliar o efeito da decomposição da palha das culturas anteriores e do residual da adubação fosfatada sobre a fertilidade, efetuou-se um levantamento da fertilidade do solo segundo metodologia

proposta por Raij *et al.* (2001), no início do período experimental e ao final de cada ciclo de culturas na sucessão.

Figura 1- Dados climáticos coletados na estação meteorológica da FEPE, durante o período de condução dos experimentos. Selvíria/MS, 2013/2014/2015/2016.



Fonte: Elaborado pela própria autora. Estação meteorológica - Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP. Selvíria, MS.

3.1.2 Experimento 1 – Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) sob Sistema Plantio Direto (SPD)

Conduziu-se os experimentos em dois anos de cultivo (junho-outubro/2013) e (junho-setembro/2015).

3.1.2.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado nos dois períodos de cultivo foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2, ou seja, cinco doses de fósforo na forma de MAP (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅), aplicados a lanço na semeadura da aveia preta cultivar IAPAR 61 (cultivar utilizada em ambos os anos)

exclusivamente no cultivo de 2013, e com ou sem a inoculação das sementes com a bactéria *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6 (garantia de 2×10^8 Ufc mL⁻¹)) nos cultivos de 2013 e 2015, fornecida com inoculante líquido para gramíneas na dose comercial de 100 mL 25 kg⁻¹ de sementes. A inoculação das sementes foi efetuada momentos antes da semeadura e à sombra. Cada unidade experimental (parcela) constituiu-se de 4,4 m de largura e 10 m de comprimento, perfazendo 44 m², sendo que ambos os cultivos foram conduzidos sob as mesmas áreas das parcelas.

3.1.2.2 Preparo da área experimental, instalação e condução dos experimentos

Anterior à implantação do experimento, efetuou-se um levantamento da fertilidade do solo (10/04/2013) segundo metodologia proposta por Raij *et al.* (2001), na profundidade de 0 a 0,20 m. Foram coletados 20 pontos de tradagem com estrutura deformada, realizados com o auxílio de um trado de rosca, das quais foi gerada uma amostra composta para posterior análise. Os resultados obtidos foram os que seguem: pH 5,0 (em CaCl₂); 25 g dm⁻³ de matéria orgânica (MO); 16 mg dm⁻³ de P (fósforo-resina); 19; 14 e 2,2 mmol_c dm⁻³, respectivamente, para cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K), 36 mmol_c dm⁻³ de acidez potencial (H+Al), 71,2 mmol_c dm⁻³ de capacidade de troca catiônica (CTC), 49% de saturação por bases (V %).

Em abril de 2013, com base nos resultados da análise química do solo e com a finalidade de elevar a saturação por bases a 70%, realizou-se a aplicação de calcário dolomítico (PRNT de 87%) a lanço e em área total, na dose de 1,7 t ha⁻¹ (superficial e sem incorporação). Seguiu-se este procedimento em função do histórico de 10 anos em SPD e do elevado teor de argila do solo, o que lhe confere alto poder tampão.

Para realizar a caracterização química do solo em 2015, seguiu-se a metodologia proposta por Raij *et al.* (2001), com coletas de dez amostras simples por parcela na camada de 0 a 0,20 m, com auxílio de um trado de rosca, das quais foram geradas amostras compostas para secagem e análise química. Os resultados obtidos a seguir foram baseados na média das parcelas de acordo com cada variável analisada: pH em CaCl₂ de 5,4; matéria orgânica de 23 g dm⁻³; P (resina) 14 mg dm⁻³; 27; 21 e 1,6 mmol_c dm⁻³, respectivamente, para cálcio, magnésio e potássio, 28 mmol_c dm⁻³ de acidez potencial (H+Al), 77,3 mmol_c dm⁻³ de CTC, com saturação por bases de 63%.

Anteriormente a implantação dos experimentos de aveia preta (2013 e 2015), as plantas presentes na área experimental foram dessecadas (05/06/2013 e 15/04/2015) com o uso do

herbicida glyphosate ($1,44 \text{ kg ha}^{-1}$ do ingrediente ativo (i.a.)). No primeiro ano de cultivo após a dessecação, mais precisamente em 10/06/2013, utilizou-se o triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton). Para o segundo ano de cultivo da aveia preta não houve a necessidade de utilização do Triton nem aplicações posteriores de herbicidas, haja vista que a área experimental não apresentava plantas daninhas suficientes para tal ação.

A semeadura da aveia preta (cv. IAPAR 61) ocorreu nos dias 12/06/2013 e 11/06/2015. Em ambos os anos agrícolas utilizou-se de uma semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo disco duplo desencontrado para SPD, depositando as sementes a uma profundidade de aproximadamente 0,03 m, com espaçamento de 0,17 m entrelinhas e com população de 60 sementes por metro de sulco. No dia da semeadura, as sementes foram inoculadas ou não com a bactéria diazotrófica *A. brasilense*.

No ano de 2013, os teores iniciais de P no solo encontravam-se médios (CAMARGO; FREITAS; CANTARELLA, 1997). Assim optou-se por realizar a adubação fosfatada a lanço e sem incorporação. No dia anterior à semeadura, foram aplicadas as doses de P_2O_5 em cada parcela (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5), utilizando o MAP como fonte de fósforo (52% P_2O_5 e 10% N), e corrigiu-se a quantidade necessária de N na semeadura pelo uso de ureia, uma vez que o MAP continha 10% de N. A adubação de cobertura foi realizada no estágio fenológico de início de perfilhamento em 03/07/2013 por meio da aplicação de 60 kg ha^{-1} de K_2O , via KCl, e 60 kg ha^{-1} de N, via ureia (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997).

A adubação de semeadura para o ano de 2015 não se fez necessária de acordo com a análise de solo, pois os teores dos nutrientes se encontravam dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento da cultura, e dispensou-se a adubação fosfatada pelo fato de estar sendo avaliado seu efeito residual. Em relação a adubação de cobertura, esta por sua vez, foi realizada no estágio fenológico de início de perfilhamento (15/07/2015), aplicando-se 40 kg ha^{-1} de N, com nitrato de amônio e 30 kg ha^{-1} de K_2O , com cloreto de potássio, seguindo as recomendações de Cantarella; Raij; Camargo (1997) para a cultura da aveia e centeio.

As plantas de aveia preta foram conduzidas até o estágio fenológico de início do enchimento de grãos, em ambos os anos agrícolas, sendo em 02/10/2013 (Figura 2A e 2B) e 23/09/2015 (Figura 2C e 2D), para se avaliar o acúmulo de nutrientes, produção de matéria seca (MS) tanto da parte aérea quanto de raízes, comprimento da raiz primária e altura das plantas. No dia anterior da coleta das plantas e com o intuito de facilitar o seu arranquio, a área experimental foi irrigada por aspersão (pivô central) com uma lâmina de água de 15 mm e coletou-se manualmente as plantas com o auxílio de pá reta, tomando os devidos cuidados para não ocasionar severos danos nas raízes.

3.1.2.3 Avaliações e análises

Para determinação de comprimento da raiz primária e altura de plantas, foram coletadas as plantas em 1 m de linha das quatro linhas centrais numa profundidade de 0,20 m. As raízes foram lavadas para retirar o excesso de solo e efetuadas as avaliações de mensuração com auxílio de régua graduada em centímetros do comprimento das raízes primárias (distância entre o colo da planta até o ápice radicular) e da altura das plantas (distância entre o colo até o ápice da inflorescência).

Na avaliação de matéria seca de parte aérea e raízes da aveia preta (Figura 3A e 3B ano de 2013 e Figura 3C e 3D ano de 2015), as plantas foram separadas em raízes e parte aérea, advindas de 3 repetições de 1 m linear de cada parcela, as quais foram identificadas, lavadas as raízes com objetivo de retirar o excesso de solo, deixadas secar a sombra e efetuada as pesagens em balança de precisão de 0,01 g.

Figura 2- Fase de coleta da aveia preta, 2013 e 2015



Fonte: Elaborado pela própria autora.

Posteriormente, o tecido vegetal (parte aérea e raízes) foi colocado para secar em estufa a 65 °C por 72 horas para determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca radicular (MSR).

Para determinação dos teores de nutrientes da parte aérea e raízes, o material vegetal foi seco em estufa a 65 °C e posteriormente moído em moinho tipo Willey com malha de 2 mm, e em laboratório foram realizadas as análises para obtenção dos teores nutricionais (N, P, K, Ca, Mg e S) das diferentes frações (parte aérea e raízes) conforme metodologia proposta por Malavolta; Vitti; Oliveira (1997). De posse da produção de matéria seca e teores nutricionais foram calculados os acúmulos de nutrientes por hectare (kg ha^{-1}).

Figura 3- Aveia preta na fase de avaliações, 2013 e 2015



Fonte: Elaborado pela própria autora.

3.1.2.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito de inoculação ou não com *A. brasilense* foram comparados pelo teste t (Student) ($P < 0,05$). Enquanto que o efeito da adubação fosfatada do ano de 2013 e seus residuais em 2015 foram avaliados por análise de regressão, adotando-se nos modelos significativos, o de equação com

maior coeficiente de determinação (R^2) ($P < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

3.1.3 Experimento 2 – Consórcio de milho com *U. brizantha* cv. Marandu em sistema plantio direto sobre a palhada de aveia preta antecedente

Os experimentos do consórcio milho/capim Marandu foram conduzidos em dois anos de cultivo, ocorridos em dezembro/2013 a abril/2014 e novembro/2015 a março/2016, sob a palhada da cultura de aveia preta implantada no experimento 1.

3.1.3.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado durante a condução dos dois anos de cultivo foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2, ou seja, avaliou-se o efeito residual da adubação fosfatada nas cinco doses de fósforo (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅), aplicados a lanço na semeadura da aveia preta em junho de 2013, e com ou sem a inoculação das sementes de milho com a bactéria *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6 (garantia de 2x10⁸ UFC mL⁻¹)) em 2013 e 2015 fornecida via inoculante líquido para gramíneas na dose comercial de 100 mL 25 kg⁻¹ de sementes. A inoculação das sementes foi realizada momentos antes da semeadura, à sombra, e as sementes também foram tratadas com fungicidas e/ou inseticidas conforme o padrão comercial da Empresa fornecedora das sementes do híbrido utilizado.

Cada unidade experimental (parcela) constituiu-se de 4,4 m de largura e 10 m de comprimento, perfazendo 44 m². As parcelas do consórcio milho/capim Marandu foram alocadas na mesma área das parcelas do experimento 1. O milho foi consorciado com a *Urochloa brizantha* cv. Marandu, sendo semeada conjuntamente nas entrelinhas do milho.

3.1.3.2 Preparo da área experimental, instalação e condução dos experimentos

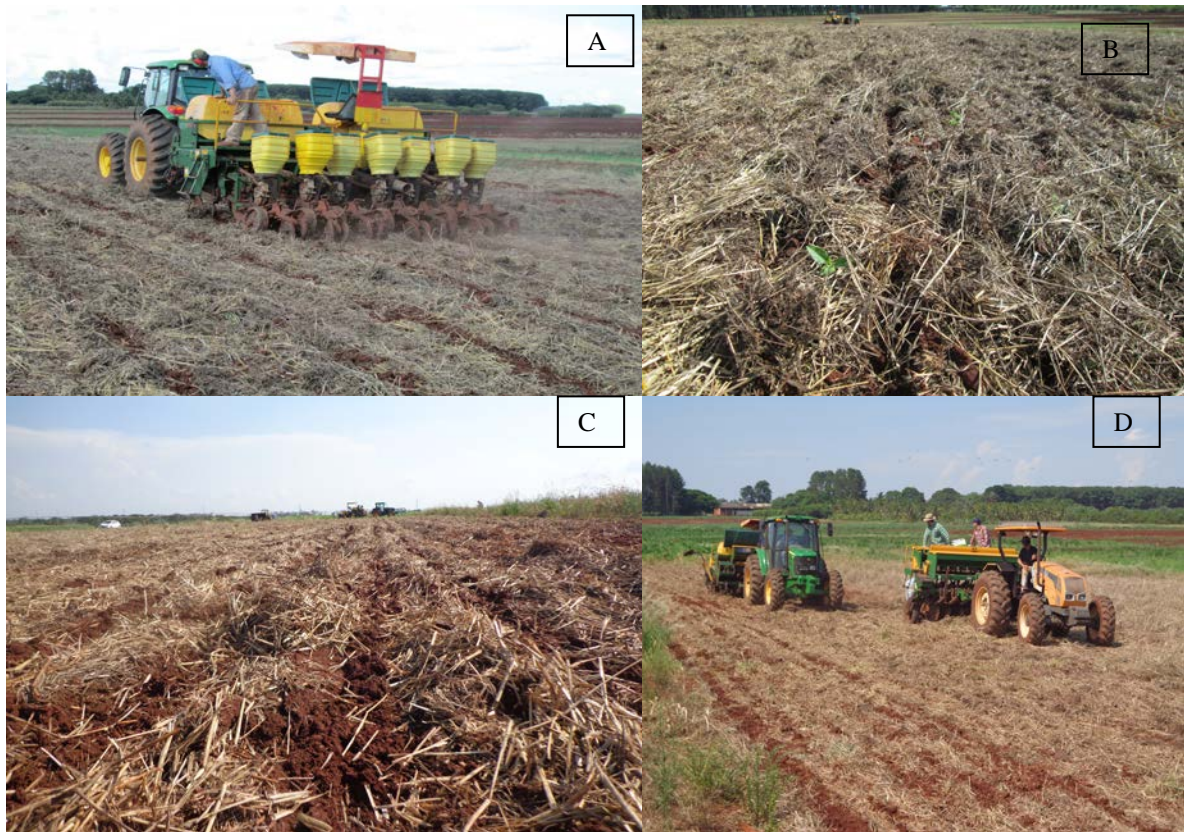
Antes da instalação do consórcio milho/capim Marandu no ano de 2013, as plantas daninhas foram controladas (04/10/2013) com uso do herbicida glyphosate (1,44 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)). Não houve a necessidade de utilização do triturador horizontal de resíduos vegetais e de aplicações posteriores de herbicidas antes da semeadura. Para a

implantação do consórcio em 2015, o controle das plantas daninhas foi realizado (12/11/2015) com a aplicação de herbicidas como carfentrazona-etílica (20 g i.a. ha⁻¹), glyphosate (1,56 kg i.a. ha⁻¹) e haloxifope-p-metílico (60 g i.a. ha⁻¹).

Para caracterização da fertilidade do solo realizou-se levantamentos seguindo a metodologia proposta por Raij *et al.* (2001), com coletas por parcela na camada 0 a 0,20 m. Para tanto, foram coletadas (07/11/2013 e 01/10/2015) dez amostras simples por parcela, com auxílio de um trado de rosca, das quais gerou-se amostras compostas para secagem e análise química. Os resultados obtidos foram baseados na média das parcelas de acordo com cada variável analisada. No ano de 2013: pH em CaCl₂ de 5,3; matéria orgânica de 22 g dm⁻³; P (resina) 25 mg dm⁻³; 32; 24 e 3,2 mmol_c dm⁻³, respectivamente, para cálcio, magnésio e potássio, 31 mmol_c dm⁻³ de acidez potencial (H+Al), 90,1 mmol_c dm⁻³ de CTC, com saturação por bases de 64%. Enquanto que para 2015 obteve-se: pH em CaCl₂ de 5,4; matéria orgânica de 22 g dm⁻³; P (resina) 19 mg dm⁻³; 27; 20 e 2,4 mmol_c dm⁻³, respectivamente, para cálcio, magnésio e potássio, 28 mmol_c dm⁻³ de acidez potencial (H+Al), 77,0 mmol_c dm⁻³ de CTC, com saturação por bases de 63%.

A cultura do milho foi semeada sob a palhada da aveia preta antecessora. Efetuou-se a semeadura do milho híbrido precoce AG 8088 YG em 04/12/2013 (Figura 4A e 4B). Para o segundo ano de consórcio, utilizou-se o híbrido precoce DKB 350 PRO, realizando-se a semeadura em 17/11/2015 (Figura 4C e 4D). Em ambos os cultivos se utilizou uma semeadora-adubadora de mecanismo sulcador do tipo haste (facão) para SPD, depositando as sementes a uma profundidade de 0,05 m, espaçamento entre linhas de 0,90 m, objetivando-se atingir um estande final de 60 mil plantas ha⁻¹.

Figura 4- Semeadura dos consórcios, safras 2013/14 e 2015/16



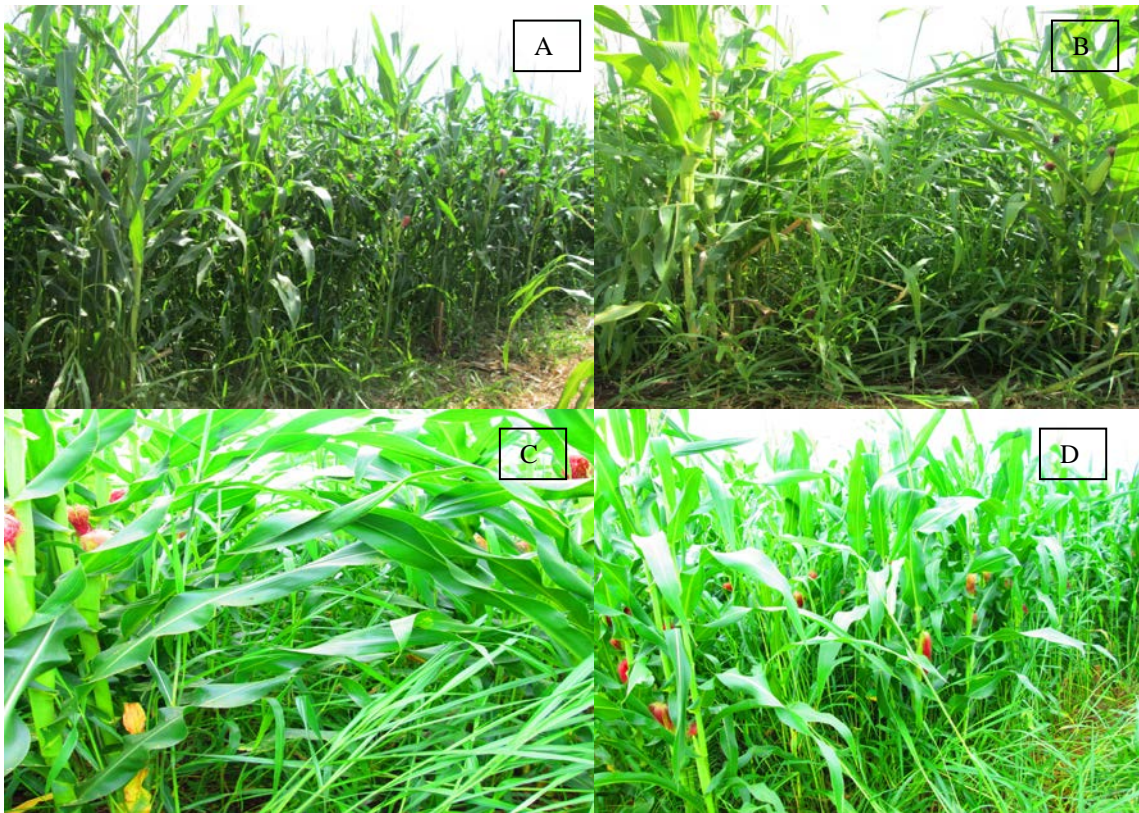
Fonte: Elaborado pela própria autora.

A semeadura do capim Marandu de ambos os anos dos consórcios foi realizada simultaneamente à do milho, utilizando outra semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado para SPD, onde foram semeadas duas linhas da forrageira nas entrelinhas da cultura produtora de grãos. As sementes foram acondicionadas no compartimento do adubo da semeadora e depositadas abaixo das sementes de milho, na profundidade de 0,06 m, espaçadas em 0,34 m entre linhas, utilizando-se aproximadamente 7 kg ha⁻¹ de sementes com valor cultural (VC) de 76%. As sementes de capim foram depositadas abaixo das sementes de milho, com o objetivo de atrasar a sua emergência em relação à do milho, e reduzir a provável competição inicial entre as espécies (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2000).

Na adubação de semeadura para o cultivo de 2013 foram adicionados 200 kg ha⁻¹ do formulado 20-0-20, enquanto que em 2015 foram utilizados 400 kg ha⁻¹ também do formulado 20-0-20. Em ambos os consórcios quando a cultura do milho atingiu o estágio fenológico V6 (seis folhas totalmente desenvolvidas), procedeu-se a adubação de cobertura de forma manual e próximo as linhas do milho, com aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N, na forma de

sulfato de amônio (06/01/2014 e 09/12/2015). Tanto as adubações de semeadura quanto as de cobertura em ambos os anos de cultivo seguiram as recomendações de Cantarella; Rajj; Camargo (1997).

Figura 5- Fase de coletas de folhas de milho no florescimento feminino, 2013/14 e 2015/16



Fonte: Elaborado pela própria autora.

3.1.3.3 Avaliações e análises

Para realização das avaliações e análises, seguiu-se os mesmos procedimentos à ambos os cultivos (2013/2014 e 2015/2016). Em 30/01/2014 (Figuras 5A e 5B) e 13/01/2016 (Figuras 5C e 5D), efetuou-se as leituras para determinação de ICF (Índice de Clorofila Foliar (FALKER, 2008), quando as plantas se encontravam no período do florescimento, ou seja, no momento em que mais de 50% das plantas encontravam-se pendoadas e com a presença de estilo-estigmas (cabelo). As leituras foram efetuadas com clorofilômetro digital (modelo CFL 1030 - Falker), sendo realizadas no terço médio das folhas da base da espiga, utilizando-se em média 10 folhas por parcela (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Em 30/01/2014 e 13/01/2016 ocorreu a coleta de folhas da cultura do milho para determinação dos teores de nutrientes foliares e leituras de ICF foliar. Para isso, foram

coletadas da área útil da parcela, 20 terços médios das folhas opostas imediatamente abaixo da espiga principal. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel e secos em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Posteriormente, o material foi moído em equipamento dotado de peneira com crivo de 1 mm, e em seguida, foram encaminhados para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Nos dias 07/03/2014 e 03/02/2016, efetuou-se a avaliação dos atributos morfológicos (diâmetro basal do colmo, altura da planta e da inserção da espiga principal) e os componentes da produção (população de plantas, número de espigas ha⁻¹ da cultura do milho). A altura das plantas (ALP) e da inserção das espigas principais (AIE) foram determinadas mediante mensuração, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta e a inserção do pendão floral e a distância entre o colo da planta e a espiga principal, respectivamente. O diâmetro basal do colmo (DBC) foi determinado no segundo entrenó acima do solo com o auxílio de paquímetro. Estas determinações foram efetuadas em 10 plantas aleatoriamente dentro da área útil de cada unidade experimental. A contagem do estande final de plantas (EFP) e do número de espigas (NE) foi efetuada na área útil da parcela (duas linhas centrais de 10 m de comprimento, desprezando-se um metro em ambas as extremidades) em cada unidade experimental, transformando os resultados em hectare.

Na ocasião da colheita do milho em 02/04/2014 (Figura 6A e 6B) e em 17/03/2016 (Figura 6C e 6D), foram coletadas dez espigas aleatoriamente em cada unidade experimental, das quais foram efetuadas as avaliações dos demais componentes da produção (comprimento de espiga, número de fileiras de grãos/espiga, de grãos/fileira, de grãos/espiga, massa de grãos/espiga e de 100 grãos).

Figura 6 - Cultura do milho na fase de colheita e avaliações, 2013/14 e 2015/16



Fonte: Elaborado pela própria autora.

Para determinar o comprimento da espiga principal (CE) utilizou-se régua graduada em centímetros. Posteriormente, foram avaliados o número de fileiras de grãos por espiga (NFE) e o número de grãos por fileira (NGF). O número de grãos por espiga (NGE) foi calculado multiplicando-se o NF pelo NGF, em dez espigas por parcela. A massa de 100 grãos (M100) foi determinada pela média dos grãos de quatro amostras de 100 grãos, e os resultados foram corrigidos para o teor de 13% de umidade (base úmida).

Na mesma data da colheita do milho, avaliou-se a produtividade de grãos (PG). Para isso, coletou-se manualmente todas as espigas das plantas contidas na área útil da parcela (duas linhas centrais com 8 m de comprimento). Em seguida, as espigas foram debulhadas mecanicamente, pesando-se os grãos, calculando-se a produtividade da parcela, extrapolada para kg ha^{-1} e corrigida para as condições de 13% de umidade.

Em ambas as safras foi determinada a produtividade de massa seca da parte aérea do milho e do capim Marandu (03/04/2014 e 18/03/2016). Iniciou-se as avaliações com a coleta das plantas de milho presentes em 2 m de linha/parcela (1 m linear de cada linha) onde as mesmas foram cortadas com auxílio de cutelo, rente à superfície do solo. Em seguida,

coletou-se 3 repetições de 1 m² (quadrado de metal de 1,0 x 1,0 m) da parcela (altura de corte de 0,05 m) do capim Marandu, utilizando-se a foice para o corte. O material vegetal cortado de cada espécie (milho e capim Marandu) foi pesado, em seguida separado em subamostras, colocado em estufas de ventilação forçada de ar a 65 °C por 72 horas para depois serem pesadas novamente e efetuar os cálculos de quantificação da produtividade de matéria seca (PMS extrapolada para kg ha⁻¹). Posteriormente, o material foi moído e determinados em laboratório os acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Após 60 dias da colheita do milho (período simulando a vedação do pasto) (Figura 7A e 7B), em 2013/14 e 2015/16 respectivamente, foram efetuadas amostragens para determinação da produtividade de matéria seca da parte aérea do capim Marandu e de sua composição bromatológica. Para tanto, foram coletadas 3 repetições de 1 m² (quadrado de metal de 1,0 x 1,0 m), da parcela adotando-se como altura de corte 0,30 m, simulando o pastejo. O material vegetal cortado foi pesado e separado em subamostras, em seguida colocado em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, pesados novamente ao retirar da estufa para assim realizar os cálculos da quantificação da PMS (extrapolada para kg ha⁻¹).

Figura 7- Capim Marandu aos 60 dias após colheita do milho, 2013/14 e 2015/16



Fonte: Elaborado pela própria autora.

Na sequência, a matéria seca produzida foi moída e encaminhada ao laboratório para avaliação dos acúmulos de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) seguindo as recomendações de Malavolta; Vitti; Oliveira (1997), e análise da composição bromatológica quanto aos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG), conforme metodologia descrita por Silva; Queiroz (2002), e estimados os teores de NDT pela equação $[NDT = 83,79 - (0,4171 \times$

FDN)] sugerida por Cappelle *et al.* (2001). Para a obtenção da digestibilidade da matéria seca (DMS), foi utilizada a equação [DMS = 88,9 – (0,779 x FDA)] proposta por Linn; Kuehn (1997).

3.1.3.4 Análise estatística

Os resultados obtidos para ambas as safras foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito de inoculação ou não com *A. brasilense* foram comparados pelo teste t (Student) ($P < 0,05$). Enquanto que o efeito da adubação fosfatada residual foi avaliado por análise de regressão, adotando-se nos modelos significativos, o de equação com maior coeficiente de determinação (R^2) ($P < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

3.1.4 Experimento 3 – Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada do consórcio milho/capim Marandu

O feijoeiro de inverno foi conduzido em dois anos de cultivo, no período compreendido de junho-setembro/2014 e junho-setembro/2016 sob a palhada do consórcio milho/capim Marandu implantado no experimento 2.

3.1.4.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado para os dois anos de cultivo do feijoeiro de inverno, foi o de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2, ou seja, se avaliou o efeito residual da adubação fosfatada nas cinco doses de fósforo na forma de MAP (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicados a lanço na semeadura da aveia preta em junho/2013, e com e sem a inoculação das sementes da aveia preta e do milho (milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu) cultivados nas safras anteriores.

A semeadura do feijoeiro de inverno foi realizada sobre a palhada do consórcio milho/capim Marandu, tanto no ano de 2014 quanto no ano de 2016. Portanto, as parcelas foram alocadas nas mesmas áreas pertencentes aos experimentos anteriores. Cada unidade

experimental (parcela) constituiu-se de 4,4 m de largura e 10 m de comprimento, perfazendo 44 m².

3.1.4.2 Preparo da área experimental, instalação e condução dos experimentos

Anteriormente à instalação dos experimentos, foi efetuado o levantamento da fertilidade do solo conforme metodologia proposta por Raij *et al.* (2001). Foram coletadas na camada 0 a 0,20 m (26/05/2014 e 20/04/2016) dez amostras simples por parcela, com auxílio de um trado de rosca, das quais foram geradas amostras compostas para serem submetidas a secagem e análise química. Para obtenção do resultado final, calculou-se a média de todas as parcelas de acordo com cada variável analisada conforme seguem: ano de 2014 - pH em CaCl₂ de 5,4; matéria orgânica de 19 g dm⁻³; P (resina) 17 mg dm⁻³; 25; 21 e 1,7 mmol_c dm⁻³, respectivamente, para cálcio, magnésio e potássio, 26 mmol_c dm⁻³ de acidez potencial (H+Al), 73,0 mmol_c dm⁻³ de CTC, com saturação por bases de 64%; e ano de 2016 - pH em CaCl₂ de 5,2; matéria orgânica de 22 g dm⁻³; P (resina) 15 mg dm⁻³; 20; 15 e 1,1 mmol_c dm⁻³, respectivamente, para cálcio, magnésio e potássio e magnésio, 28 mmol_c dm⁻³ de acidez potencial (H+Al), 63,7 mmol_c dm⁻³ de CTC, com saturação por bases de 56%.

Para ambos os anos (28/05/2014 e 02/06/2016), foi efetuada a dessecação da flora daninha presente na área com herbicida glyphosate na dose de 1440 g ha⁻¹ do i.a. Na área experimental de 2016, fez-se necessário realizar nova dessecação (10/06/2016), pois o capim Marandu encontrava-se com grande quantidade de massa impossibilitando a semeadura do feijoeiro. Posteriormente, em 02/06/2014 e 15/06/2016, as plantas foram manejadas com triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton).

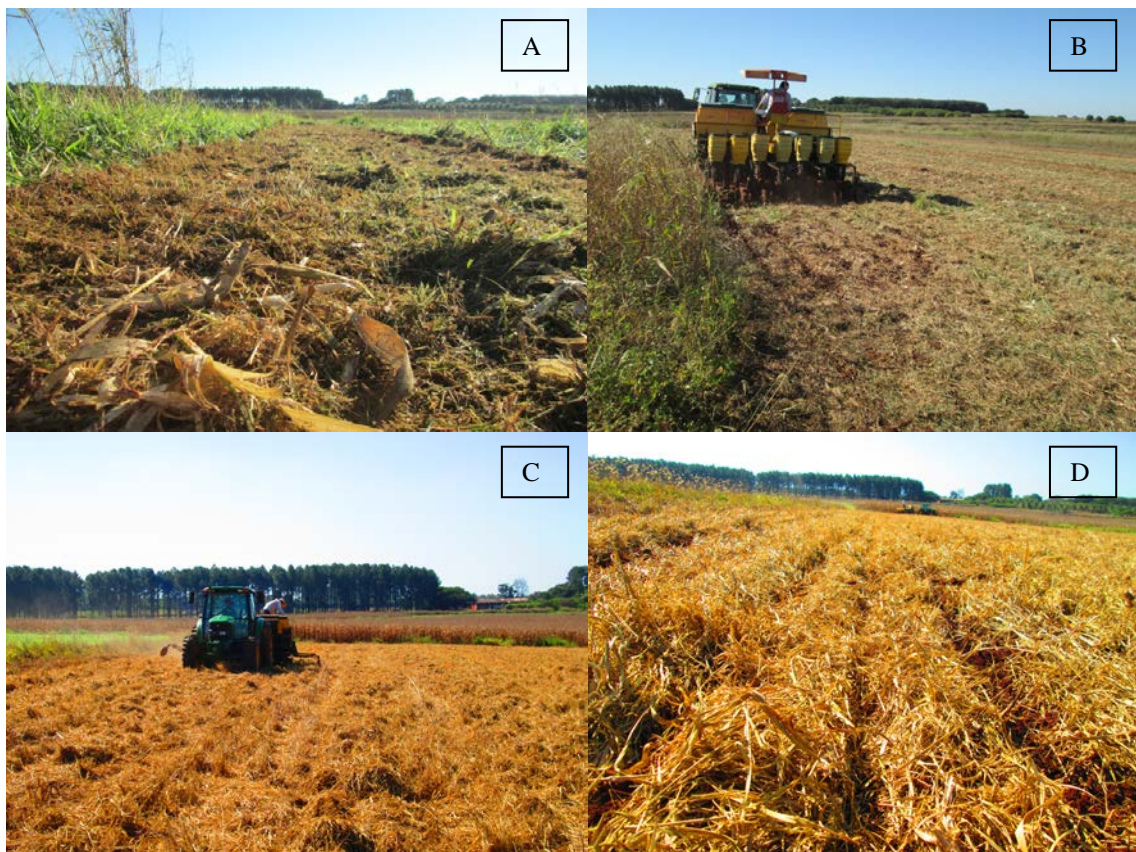
A semeadura do feijoeiro de inverno (cv. BRS Pérola e cv. BRS Estilo) foi realizada mecanicamente nos dias 03/06/2014 (Figura 8A e 8B) e 24/06/2016 (Figura 8C e 8D), respectivamente, utilizando uma semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo haste (facão) para SPD, em espaçamento de 0,45 m entre fileiras e profundidade de 0,05 m, distribuindo-se 15 sementes m⁻¹. As sementes de feijão foram tratadas com 50 g i.a. carboxina + 50 g i.a. thiran/100 kg de sementes.

Na adubação de semeadura do cultivo de 2014, foram adicionados ao sistema 20 kg de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, utilizando como fontes a ureia e o KCl, e na adubação de cobertura, realizada aos 30 dias após a emergência das plantas (estádio V4-5), utilizou-se 50 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia.

Para o ano de 2016, foram aplicados na semeadura 60 kg ha^{-1} de K_2O na forma de KCl , e não se aplicou N, pois os teores de M.O encontravam-se dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento da cultura. Na adubação de cobertura adicionou-se 80 kg ha^{-1} de N, na forma de ureia, sendo efetuada 20 dias após a emergência das plantas (estádio V4-3), devido a não aplicação de N na semeadura. As adubações foram realizadas de acordo com as recomendações de Cantarella; Raij; Camargo (1997).

Durante os anos agrícolas de 2014 e 2016, não foram necessárias pulverizações de herbicidas no ciclo do feijoeiro.

Figura 8- Área da semeadura do feijoeiro de inverno, 2014 e 2016



Fonte: Elaborado pela própria autora.

3.1.4.3 Avaliações e análises

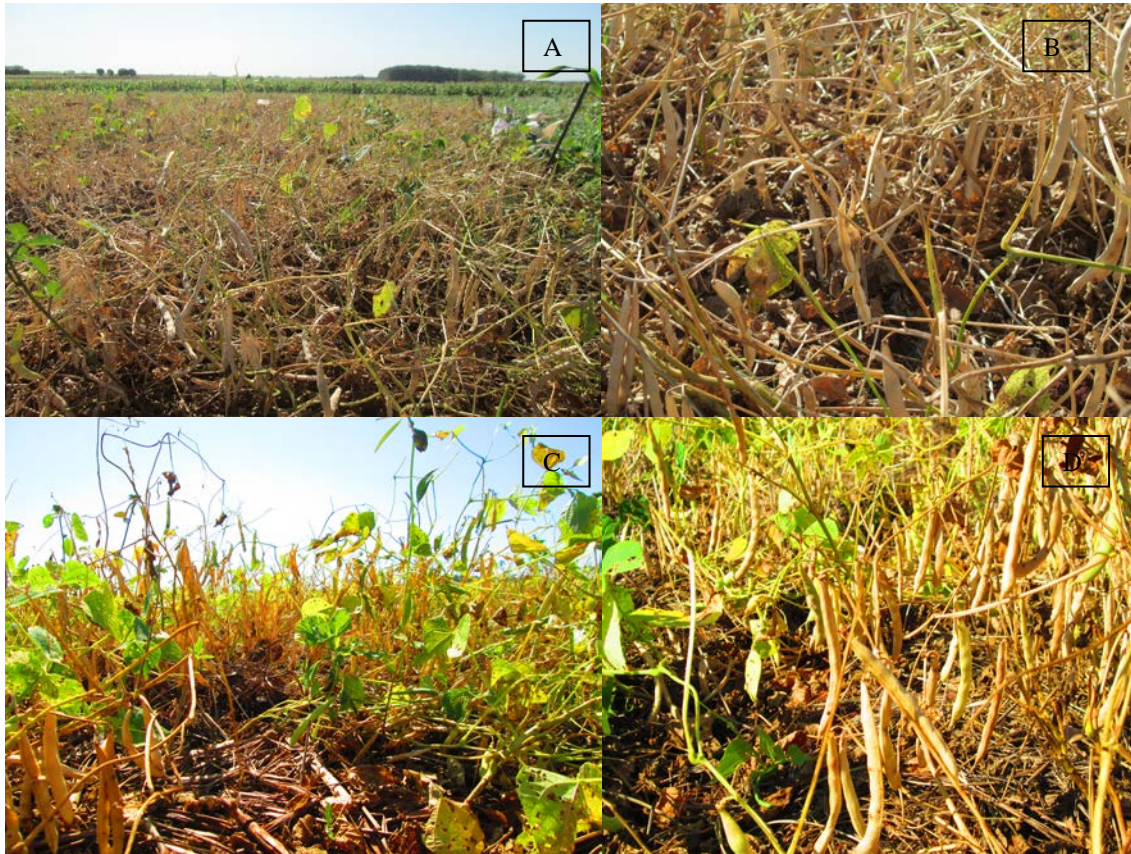
As determinações das leituras de índice de clorofila foliar ocorreram no período de florescimento do feijoeiro de inverno (R5), que incluiu as duas safras (29/07/2014 e 19/08/2016). Foram efetuadas leituras indiretas do teor foliar de clorofila, utilizando-se de um clorofilômetro digital (modelo CFL 1030), equipamento portátil que permite medições

instantâneas na folha através de leituras ICF (Índice de Clorofila Foliar) (FALKER, 2008). As leituras foram realizadas no terceiro trifólio completamente desenvolvido contando do ápice para a base, utilizando-se em média 10 leituras por folíolo, em 10 plantas/parcela e com os dados obtidos destas medições obteve-se a média por parcela.

Para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S foliares do feijoeiro, foram coletados 20 trifólios (3º trifólio) por parcela, usando-se parte das folhas coletadas após as leituras de ICF. As folhas foram colocadas em sacos de papel identificados, e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65 °C por 72 horas, em seguida moídas em moinho (tipo Wiley) com malha de 2 mm e levadas ao laboratório para análise dos teores de macronutrientes conforme metodologia descrita por Malavolta; Vitti; Oliveira (1997).

A determinação dos atributos morfológicos, componentes da produção e produtividade de grãos do feijoeiro foram realizadas em ambas as safras nos dias 10/09/2014 (Figura 9A e 9B) e 27/09/2016 (Figura 9C e 9D) no final do ciclo da cultura. Para avaliar o estande final de plantas (EFP), foram colhidas e contadas as plantas da área útil de cada parcela (4 linhas centrais com 2 m de comprimento) transformando os resultados em hectare.

Figura 9 - Maturação do feijoeiro de inverno, 2014 e 2016



Fonte: Elaborado pela própria autora.

Avaliou-se ainda, em 10 plantas aleatoriamente por parcela, o comprimento de planta (CP) e altura de inserção da primeira vagem (AIPV) com o auxílio de régua graduada em centímetros.

Foram colhidas aleatoriamente 10 plantas na área útil de cada parcela, para efetuar a contagem do número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e a determinação da massa de 100 grãos (M100), esta por sua vez foi determinada pela média dos grãos de quatro amostras de 100 grãos, e os resultados foram corrigidos para o teor de 13% de umidade (base úmida).

Para obter a produtividade de grãos (PG), colheu-se manualmente todas as plantas contidas na área útil da parcela, em seguida foram trilhadas mecanicamente, pesadas, e posteriormente calculada e extrapolada para kg ha^{-1} e corrigidos para o teor de 13% de umidade (base úmida).

3.1.4.4 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito de inoculação ou não com *A. brasilense* antecessor ao feijoeiro de inverno foram comparados pelo teste t (Student) ($P < 0,05$). Enquanto que o efeito da adubação fosfatada residual foi avaliado por análise de regressão adotando-se nos modelos significativos, o de equação com maior coeficiente de determinação (R^2) ($P < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

3.1.5 Caracterização do solo após colheita do feijoeiro de inverno

Após a colheita do feijoeiro de inverno, foi efetuado o levantamento da fertilidade química do solo conforme metodologia proposta por Rajj *et al.* (2001). Foram coletadas em 10/11/2016, na camada 0 a 0,20 m, dez amostras simples por parcela, com auxílio de um trado de rosca, das quais foram geradas amostras compostas para serem submetidas a secagem e análise química. Para obtenção do resultado final, calculou-se a média de todas as parcelas de acordo com cada variável analisada, conforme seguem: pH em CaCl_2 de 5,5; matéria orgânica de 23 g dm^{-3} ; P (resina) 19 mg dm^{-3} ; 35; 3,4 e $31 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, para cálcio, potássio e magnésio, $25 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de acidez potencial (H+Al), $95,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de CTC, com saturação por bases de 70%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito dos tratamentos sobre a Aveia Preta

A inoculação com *A. brasilense* no ano de 2013 influenciou de forma positiva a altura de plantas (ALP), a produtividade de matéria seca de parte aérea (MSPA) e o acúmulo de N e P na aveia preta (Tabela 1).

Tabela 1- Altura de plantas (ALP), produtividade de matéria seca de parte aérea (MSPA) e acúmulos de N e P na parte aérea das plantas de aveia preta, em função da inoculação ou não por *A. brasilense* e adubação fosfatada, 2013 e 2015. Selvíria-MS.

Tratamentos	ALP (cm)		MSPA (kg ha ⁻¹)		N (kg ha ⁻¹)		P (kg ha ⁻¹)	
	2013	2015	2013	2015	2013	2015	2013	2015
Inoculação – I								
Sem	126,90b	140,70a	2.912b	3.712	28,1b	65,1	6,7b	10,2a
Com	135,30a	138,70a	3.162a	3.734	40,6a	71,8	7,7a	10,8a
Teste F (I)	14,93**	0,86 ^{ns}	2,11*	0,01 ^{ns}	32,12**	4,08 ^{ns}	7,50*	1,00 ^{ns}
DMS	4,46	4,2	352	399	4,50	6,8	0,70	1,26
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	127,50	137,50	2.425 ⁽¹⁾	4.019	27,9 ⁽²⁾	72,3	5,3 ⁽³⁾	12,3
30	132,50	141,60	2.936	3.708	36,3	59,9	7,9	9,2
60	129,10	140,50	3.024	3.626	27,5	65,7	6,7	9,9
120	132,00	136,90	3.314	3.613	38,3	67,0	8,0	10,3
240	134,40	141,90	3.488	3.648	41,9	77,2	8,2	10,7
Teste F (D)	1,28 ^{ns}	1,00 ^{ns}	4,51**	0,61 ^{ns}	6,76**	3,19*	8,49**	0,82 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	L	-	L	-	Q	-
R ²	-	-	0,78	-	0,61	-	0,62	-
Teste F (I x D)	0,68 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,28 ^{ns}	2,76*	1,66 ^{ns}	7,85**	1,55 ^{ns}	1,84 ^{ns}
CV (%)	5,24	4,74	17,87	16,52	20,29	15,24	16,35	18,50

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾ $y=2.693,7+3,822x$, ⁽²⁾ $y=29,6+0,053x$, ⁽³⁾ $y=5,9+0,029x-0,00008x^2$.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Entretanto, não houve diferenças significativas da inoculação para os acúmulos de K, Ca, Mg e S na parte aérea (Tabela 2). Para o cultivo de 2015, observa-se que não houve

diferenças da inoculação para ALP e MSPA, assim como para os acúmulos de macronutrientes na MSPA (exceto para Ca) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 2- Acúmulos de K, Ca, Mg e S na parte aérea das plantas de aveia preta, em função da inoculação ou não por *A. brasilense* e adubação fosfatada, 2013 e 2015. Selvíria-MS.

Tratamentos	K (kg ha ⁻¹)		Ca (kg ha ⁻¹)		Mg (kg ha ⁻¹)		S (kg ha ⁻¹)	
	2013	2015	2013	2015	2013	2015	2013	2015
Inoculação - I								
Sem	27,6a	58,2	6,6a	12,1	3,8a	7,7a	4,3a	7,2
Com	23,0a	54,0	6,5a	13,5	4,1a	8,2a	4,8a	7,4
Teste F (I)	3,85 ^{ns}	2,05 ^{ns}	0,10 ^{ns}	6,73 [*]	0,52 ^{ns}	0,94 ^{ns}	3,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}
DMS	4,8	6,65	1,3	1,10	0,7	0,94	0,7	0,68
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	24,5	60,9	4,8 ⁽⁴⁾	16,8	3,2 ⁽⁵⁾	9,0 ⁽⁶⁾	3,8	7,9
30	25,5	57,4	6,0	12,9	3,7	8,9	4,8	6,6
60	23,7	56,9	6,6	13,0	3,5	7,5	4,3	7,1
120	27,8	54,2	8,3	10,8	5,0	7,2	5,0	7,1
240	24,7	50,1	6,9	10,1	4,3	7,1	4,8	7,7
Teste F (D)	0,36 ^{ns}	1,24 ^{ns}	3,32 [*]	18,81 ^{**}	3,07 [*]	3,38 [*]	2,00 ^{ns}	1,92 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	Q	-	L	L	-	-
R ²	-	-	0,96	-	0,45	0,68	-	-
Teste F (I x D)	1,46 ^{ns}	6,35 ^{**}	2,01 ^{ns}	10,88 ^{**}	1,08 ^{ns}	2,48 ^{ns}	0,40 ^{ns}	3,72 [*]
CV (%)	29,15	18,33	30,36	13,33	28,88	18,16	22,28	14,43

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽⁴⁾ $y = 4,7 + 0,047 - 0,0002x^2$; ⁽⁵⁾ $y = 3,49 + 0,005x$ e ⁽⁶⁾ $y = 8,70 - 0,0082x$.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

No ano de 2013, a maior ALP nos tratamentos que receberam inoculação refletiu em maiores produções de MSPA (Tabela 1). Tal fato demonstra que a relação associativa estabelecida entre as plantas de aveia preta e as bactérias em incrementar o crescimento das plantas, proporcionaram também maior absorção de nutrientes, que resultaram em maior ALP com maiores produções de MSPA. Com a inoculação do *A. brasilense*, ocorre produção de hormônios vegetais, principalmente do ácido indol-acético (AIA) responsável pelo crescimento das plantas e pela maior absorção de água e de nutrientes, aumentando assim, a eficiência de uso dos nutrientes do solo (HUNGRIA; MENDES; REIS JUNIOR, 2010; NOVAKOWISKI *et al.*, 2011). Também Braccini *et al.* (2012), trabalhando com inoculação

por *A. brasilense* em sementes de milho associadas a doses de N, verificaram resultados significativos para a ALP e produtividade de grãos em comparação com o tratamento controle.

As plantas oriundas das sementes inoculadas acumularam maiores quantidades de N e P na MSPA em 2013 (Tabela 1), com destaque para o acúmulo de N (32% superior ao constatado para as plantas não inoculadas). O *A. brasilense* provavelmente favoreceu a fixação de N₂ pelas plantas, resultando em maiores acúmulos deste nutriente nos tecidos vegetais (SANTI *et al.*, 2013). Os resultados para o N corroboram com a afirmação realizada por Roesch *et al.* (2006), que constataram haver interação entre bactérias diazotróficas e gramíneas em termos de potencial agrônomo, fixação de N₂ e promoção do crescimento, uma vez que estas são dependentes de fatores bióticos e ambientais, tais como genótipo da planta, comunidade microbiológica do solo e disponibilidade de N. Com isso, sugere-se que a utilização da inoculação leva a um manejo eficiente da cultura da aveia preta, contribuindo para a redução no uso de fertilizantes nitrogenados.

Pode-se inferir que a relação associativa estabelecida entre a planta e os microrganismos, favorece a produção de substâncias promotoras de crescimento pois melhora a morfologia do sistema radicular, resultando na maior capacidade de absorção do P disponível no solo, resultando em teores mais elevados do nutriente na planta (ESTRADA *et al.*, 2013). Desta forma, o *A. brasilense* tornou-se importante não apenas na fixação do N₂ atmosférico, mas também favoreceu maior absorção de nutrientes com pouca mobilidade no solo, como o P. Assim, o aumento da concentração de P foliar nas plantas de aveia preta no ano de 2013 (Tabela 1) pode estar relacionado também pela capacidade da *A. brasilense* auxiliar tanto na solubilização de fosfato, quanto na mineralização de formas orgânicas de P nos solos, disponibilizando-o de uma maneira que a planta consiga absorver (COLLAVINO *et al.*, 2010). Segundo Costa *et al.* (2013), as rizobactérias possuem efetiva participação nas transformações do P no solo, ajudando na solubilização e disponibilizando-o para as plantas.

As plantas de aveia preta inoculadas no ano de 2015 (Tabela 2) apresentaram respostas significativas ao acúmulo de Ca na MSPA. Houve interação significativa entre inoculação e doses de P₂O₅ no ano de 2015, cujo desdobramento consta na Tabela 3. Pode-se verificar novamente o efeito do *A. brasilense* atuando na produção de hormônios vegetais que alteram a morfologia das raízes, com o aumento de raízes laterais e pelos radiculares, possibilitando maior superfície de contato com o solo e permitindo absorver mais água e nutrientes (GÍRIO *et al.*, 2015).

Os resultados constatados para o acúmulo de Ca na MSPA de aveia preta, exibiram valores superiores pelas plantas inoculadas quando cultivadas em áreas supridas com 60 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 3). Contudo não houve ajustes significativos para doses de P₂O₅ com ou sem inoculação.

A ausência de respostas significativas à inoculação em 2015 (Tabela 1 e 2), com exceção ao acúmulo de Ca, pode estar relacionada à adequada fertilidade do solo constatada no referido ano, como pode ser visto na análise de solo. Contudo, mesmo não sendo diferentes significativamente, os resultados se apresentaram com valores médios superiores. Portanto, as quantidades adequadas de macronutrientes, sobretudo de P, bem como da matéria orgânica, contribuiu para a ausência de respostas à inoculação. Diversos autores têm relatado ausência ou efeitos reduzidos da inoculação em plantas cultivadas em ambientes que contemplem as exigências hídricas, solos com alta fertilidade ou áreas cuja adubação forneceu teores de nutrientes considerados adequados ao bom desenvolvimento das plantas. Neste sentido, Lana *et al.* (2012) avaliando o desenvolvimento e produtividade do milho, em resposta à inoculação com *A. brasilense*, associada à adubação nitrogenada, verificaram decréscimos no teor de nitrogênio foliar, produtividade e biomassa seca de parte aérea quando a inoculação foi associada a adubação nitrogenada.

Ao avaliar o efeito da aplicação de P₂O₅ realizada a lanço na semeadura da aveia preta houve resposta positiva na MSPA das plantas, além de elevar as quantidades de N, P, Ca e Mg acumulados na MSPA em 2013 (Tabelas 1 e 2). Logo, para o efeito residual da aplicação de P₂O₅ (ano de 2015), também se observou resultados positivos nos acúmulos de N, Ca e Mg na MSPA das plantas de aveia preta, com ajuste linear decrescente somente para o acúmulo de Mg.

Em decorrência da aplicação de P₂O₅ ao solo, pode-se observar incremento na produção de MSPA das plantas de aveia preta no ano de 2013, com os resultados se ajustando de forma linear (Tabela 1), ficando evidente a ocorrência de sinergismo entre os nutrientes em questão. Prado; Romualdo; Vale (2006) relataram efeito da aplicação de P na produção da matéria seca da aveia preta, em condições de vaso, com LATOSSOLO VERMELHO, constatando-se maiores produções decorrentes da aplicação de 200 mg dm⁻³ de P₂O₅.

Ao analisar o acúmulo de P na MSPA, observa-se que a aplicação de P₂O₅ ao solo trouxe resposta positiva exclusivamente para o cultivo de 2013, com resultados se ajustando de modo quadrático (Tabela 1), alcançando máxima resposta na dose 181,3 kg ha⁻¹. A ausência de respostas positivas para a maior dose de P₂O₅ no ano de 2013 (Tabela 1), pode ser atribuída à formação de compostos com baixa solubilidade como o fosfato de cálcio (calagem

antecessora a semeadura da aveia preta em 2013). Essa hipótese é reforçada pelos resultados de Ca acumulado na MSPA em 2013 (Tabela 2), que apresentou redução no seu acúmulo a partir da maior dose de P_2O_5 .

A proporção entre a quantidade de nutriente nos grãos e a quantidade de nutrientes na biomassa é superior para o P comparado aos demais macronutrientes, ocorrendo uma translocação preferencial para os grãos, ocasionando decréscimo no teor de nutrientes nas folhas. Segundo Menezes Júnior *et al.* (2008), a distribuição dos nutrientes na planta e em cada uma de suas partes, não é homogênea, e até mesmo ao longo da folha pode-se verificar teores diferenciados, como no caso do P em que até 60% pode ser translocado a outras partes, principalmente para órgãos novos e frutos em desenvolvimento. Este fato torna-se outra hipótese de resposta obtida, pois as plantas de aveia preta foram colhidas para avaliação no período de início do enchimento de grãos.

O fornecimento de P ao solo favoreceu o acúmulo de Ca e Mg na MSPA da aveia preta cultivada em 2013 (Tabela 2), porém com diferentes respostas, sendo que o Ca apresentou significância com ajuste quadrático e o Mg ajuste linear. O maior acúmulo de Ca ocorreu com a aplicação de $117,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , enquanto que para o Mg o ajuste linear de resposta indicou que houve acréscimo do nutriente acumulado nas plantas em função do fornecimento de P, fato que pode ser justificado pelo sinergismo entre os elementos, onde a presença de $H_2PO_4^-$ aumenta a absorção do íon Mg^{2+} como íon acompanhante (MALAVOLTA, 2006).

Nota-se inclusive, que o fornecimento de P a partir de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 não promoveu aumento de Ca na MSPA das plantas de aveia preta cultivadas no ano de 2013. Isso se deve ao fato de que, a elevação dos teores de Ca fornecidos pela calagem coincidindo com os incrementos nos teores dos ânions fosfato advindos da elevada dose de P_2O_5 , favorece a ocorrência de ligações químicas entre esses dois nutrientes, resultando na síntese de compostos de baixa solubilidade, como o fosfato de cálcio.

Diferentemente do que ocorreu em 2013, em 2015 os resultados constatados para o Mg apresentaram respostas significativas com ajuste linear, porém negativa ao efeito residual do P, uma vez que as plantas cultivadas nas áreas que receberam as maiores doses de P_2O_5 apresentaram os menores acúmulos do nutriente na MSPA. Isto se deu provavelmente, devido ao não fornecimento de P ao solo, pois não houve adubação fosfatada após implantação da aveia em 2013.

Ao analisar o acúmulo de P e de ALTP de aveia preta em 2015, a aplicação de P_2O_5 na safra 2013 (Tabelas 1 e 2), não proporcionou respostas significativas sob efeito residual, assim como verificado por Santos *et al.* (2016), onde avaliaram a disponibilidade de P para

plantas de milho após diferentes tempos de incubação de seis solos do estado da Paraíba e, constataram que, de forma geral, apesar da adsorção inicial de P nos solos, ao longo do tempo, o nutriente foi liberado de forma gradual para a solução do solo, o que favoreceu o desenvolvimento das culturas. Isso está relacionado provavelmente à composição mineralógica, baixa acidez, além dos menores teores de óxidos de Fe e Al que normalmente atuam na adsorção de P nos solos. Entretanto, no presente trabalho não se pode desconsiderar os teores médios de P no solo em área com histórico de mais de dez anos em SPD, em que o P advindo das frações orgânicas (palhada) tem grande contribuição na nutrição das plantas.

No desdobramento da interação para MSPA na safra 2015 (Tabela 3), verificou-se que a inoculação por *A. brasilense* não refletiu em maiores quantidades de massa seca.

Tabela 3- Desdobramento da interação significativa da inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual na cultura da aveia preta para matéria seca de parte aérea (MSPA), N, K, Ca e S acumulados na parte aérea, safra 2015. Selvíria-MS.

Inoculação	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ²
	0	30	60	120	240		
MSPA							
Sem	3.876a	4.141a	3.889a	3.485a	3.170b	y= -3,72x + 4047,85*	0,85
Com	4.162a	3.275a	3.363a	3.742a	4.126a	-	ns
N acumulado (kg ha ⁻¹)							
Sem	77,9a	67,3 a	64,2a	52,2b	64,0b	y= 0,00119x ² - 0,346x + 78,00**	0,97
Com	66,7a	52,7a	67,2a	81,9a	90,5a	y= 0,13x + 59,65**	0,76
K acumulado (kg ha ⁻¹)							
Sem	58,9a	73,3a	62,6a	54,3a	41,8b	y= -0,10x +67,41**	0,71
Com	62,9a	41,5b	51,1a	54,0a	58,4a	-	ns
Ca acumulado (kg ha ⁻¹)							
Sem	18,0a	14,4a	10,9b	9,9a	7,1b	-	ns
Com	15,7a	11,5a	15,1a	11,8a	13,2a	-	ns
S acumulado (kg ha ⁻¹)							
Sem	8,8a	7,3a	6,6a	6,4a	7,2a	y= 0,000121x ² - 0,034x + 8,47**	0,89
Com	7,1b	6,0a	7,6a	7,8a	8,3a	y= 0,007x + 6,73*	0,58

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. **e * : significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo. S: sem inoculação e C: com inoculação.
Fonte: Elaborado pela própria autora.

Entretanto, para as plantas não inoculadas constataram-se resultados que responderam de maneira linear, porém negativa, ao efeito residual da aplicação de P_2O_5 em 2013, com menor massa seca obtida nas áreas que receberam as maiores doses de fósforo. Provavelmente este resultado se deve as maiores quantidades de MSPA obtidas nas áreas que receberam inoculação, sob a menor dose de P_2O_5 .

Avaliando a eficiência da inoculação em decorrência das doses de P_2O_5 , observou-se diferença significativa somente para a aplicação de 240 kg ha^{-1} , com maior valor obtido de MSPA para as plantas inoculadas (Tabela 3). Dartora *et al.* (2013), demonstraram que muitas vezes a eficiência das bactérias diazotróficas é prejudicada em função de estarem associadas livremente à planta, seja na rizosfera ou no interior dos tecidos, tornando-se muito vulneráveis ao ambiente. Do mesmo modo, tais fatores podem estar relacionados com o genótipo da planta hospedeira e às características do solo que também têm sido frequentemente associadas à ausência de resposta à inoculação.

A interação entre doses residuais de P_2O_5 e inoculação para o N acumulado na MSPA da aveia preta (Tabela 3), demonstrou resposta positiva ao efeito residual de P_2O_5 nas plantas inoculadas com *A. brasilense*, com resultados se adequando a ajuste linear. Para as plantas não inoculadas, o ajuste foi quadrático, tendo maior acúmulo de N nas plantas das áreas que não receberam P via adubação e com ponto de máximo calculado para 145 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Tabela 3). Tal fato pode ser atribuído aos teores adequados de matéria orgânica do solo (23 g dm^{-3}), haja vista que a área estava cultivada em sistema plantio direto há mais de 12 anos. Contudo, vale ressaltar que a utilização do *A. brasilense* incrementou os teores de N nas plantas cultivadas nas áreas que receberam as maiores quantidades de P_2O_5 .

Assim, pode-se afirmar que o fornecimento adequado de P é preponderante para potencializar os efeitos da inoculação do *A. brasilense*, pois ao que tudo indica, houve efeito sinérgico entre esses nutrientes. Inagaki *et al.* (2014), estudando quatro tratamentos de inoculação de sementes de milho e duas doses de adubo fosfatado (sem e com 300 mg dm^{-3} de P_2O_5), também encontraram respostas positivas no uso da adubação fosfatada com a inoculação de sementes, observando aumentos na ordem de 23% do teor relativo de clorofila, melhorando a estrutura metabólica para o sistema fotossintético das plantas de milho.

O maior acúmulo de K ($73,3 \text{ kg ha}^{-1}$) foi obtido nas plantas que não foram inoculadas e que foram cultivadas nas áreas com residual de 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 aplicados em 2013 (Tabela 3). Ao analisar o fator doses residuais de P_2O_5 dentro de inoculação, observa-se que os dados se ajustaram em um modelo linear decrescente para os acúmulos de K na MSPA das plantas de aveia preta não inoculadas.

Observou-se também que nas áreas onde as plantas não foram inoculadas e não receberam adubação com P_2O_5 ocorreu maior acúmulo de S na MSPA de aveia preta (Tabela 3). Ao analisar o fator doses de P_2O_5 dentro de inoculação, verifica-se que houve ajuste quadrático com ponto de máximo calculado para $140,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 para o S acumulado na MSPA das plantas de aveia preta cultivadas sem inoculação (Tabela 3). Entretanto, para as plantas inoculadas, o ajuste foi linear, com resposta positiva ao incremento de P_2O_5 ao solo.

Para o ano de 2013, verifica-se que a inoculação da aveia preta por *A. brasilense* influenciou de forma positiva a produção de matéria seca de raízes (PMSR) e os acúmulos de N e Mg nos tecidos radiculares (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4- Comprimento de raízes (CR), produção de matéria seca radicular (PMSR) e acúmulos de N e P pelas raízes da aveia preta, em função da inoculação ou não por *A. brasilense* e adubação fosfatada, 2013 e 2015. Selvíria-MS.

Tratamentos	CR (cm)		PMSR (kg ha^{-1})		N (kg ha^{-1})		P (kg ha^{-1})	
	2013	2015	2013	2015	2013	2015	2013	2015
Inoculação – I								
Sem	13,85a	7,06b	293,0b	377,0	2,0b	4,5	0,4a	0,5a
Com	12,90a	8,95a	333,0a	425,0	2,5a	4,1	0,4a	0,5a
Teste F (I)	3,19 ^{ns}	20,59 ^{**}	5,03 [*]	7,51 [*]	5,02 [*]	4,51 [*]	2,75 ^{ns}	0,92 ^{ns}
DMS	1,08	0,86	36,00	35,88	0,50	0,42	0,10	0,62
Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})								
0	12,75	8,99	312,0 ⁽¹⁾	390,0	2,4	4,1	0,4	0,5
30	13,25	7,66	297,0	343,0	2,3	4,0	0,4	0,5
60	12,87	7,40	306,0	497,0	2,1	5,5	0,4	0,7
120	13,75	8,05	281,0	361,0	2,1	3,9	0,4	0,5
240	14,25	7,92	370,0	414,0	2,5	4,1	0,5	0,5
Teste F (D)	1,10 ^{ns}	1,69 ^{ns}	2,89 [*]	9,48 ^{**}	0,49 ^{ns}	8,60 ^{**}	0,46 ^{ns}	10,66 ^{**}
Modelo de equação	-	-	Q	-	-	-	-	-
R ²	-	-	0,92	-	-	-	-	-
Teste F (I x D)	0,31 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,84 ^{ns}	3,61 [*]	0,90 ^{ns}	4,02 [*]	0,25 ^{ns}	0,74 ^{ns}
CV (%)	12,56	16,47	17,91	13,77	30,86	15,06	28,51	16,56

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾ ($Y = 315,74 - 0,6293x + 0,0035x^2$).
Fonte: Elaborado pela própria autora.

Enquanto que para o ano de 2015, a inoculação por *A. brasilense* trouxe resultados significativos em relação ao comprimento de raiz (CR), produção de matéria seca da raiz (PMSR) e nos acúmulos de N e S radiculares (Tabelas 4 e 5).

Analisando os efeitos da inoculação com *A. brasilense* sobre a PMSR de aveia preta (Tabela 4) nos anos de 2013 e 2015, observa-se que houve repostas significativas a esta prática. Também se verifica que houve interação significativa entre inoculação e doses de P_2O_5 no ano de 2015, cujo desdobramento encontra-se na Tabela 6.

Tabela 5- Acúmulos de K, Ca, Mg e S pelas raízes da aveia preta, em função da inoculação ou não por *A. brasilense* e adubação fosfatada, 2013 e 2015. Selvíria-MS.

Tratamentos	K (kg ha ⁻¹)		Ca (kg ha ⁻¹)		Mg (kg ha ⁻¹)		S (kg ha ⁻¹)	
	2013	2015	2013	2015	2013	2015	2013	2015
Inoculação - I								
Sem	2,1	3,8	0,8	1,1a	0,4b	0,5a	1,0	1,7b
Com	2,0	3,8	0,9	1,2a	0,6a	0,5a	1,0	2,4a
Teste F (I)	0,52 ^{ns}	0,005 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,63 ^{ns}	11,95 ^{**}	0,61 ^{ns}	0,42 ^{ns}	29,51 ^{**}
DMS	0,3	0,51	0,1	0,12	0,1	0,07	0,2	0,27
Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)								
0	1,9	3,6	0,9	1,1	0,5	0,4	1,2	2,0
30	2,0	3,6	0,8	0,9	0,4	0,5	1,1	1,9
60	1,9	5,0	0,8	1,5	0,5	0,7	0,9	2,3
120	1,9	3,1	1,0	1,0	0,4	0,5	0,9	2,0
240	2,5	3,8	0,8	1,1	0,5	0,5	1,0	2,0
Teste F (D)	2,09 ^{ns}	6,60 ^{**}	1,54 ^{ns}	11,57 ^{**}	0,61 ^{ns}	6,19 ^{**}	2,73 [*]	1,31 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F (I x D)	3,03 [*]	3,21 [*]	3,83 [*]	1,69 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,12 ^{ns}	9,67 ^{**}	2,67 ^{ns}
CV (%)	23,53	20,78	20,36	15,14	30,68	21,20	22,75	20,23

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ^{**} e ^{*}: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Estes resultados apresentam que o *A. brasilense* pode incrementar a produção de fitormônios, como auxinas e giberelinas, uma vez que estes induzem a formação de pelos radiculares e raízes secundárias (RADWAN; MOHAMED; REIS, 2004), resultando num maior volume destas em relação às plantas não inoculadas. Esses resultados se assemelham

aos relatados por Domingues Neto *et al.* (2014), onde constataram maior PMSR de aveia oriundas de sementes inoculadas com *A. brasilense*.

No desdobramento das interações significativas entre inoculação e doses de P_2O_5 para a PMSR de aveia preta (Tabela 6) no ano de 2015, observa-se que a inoculação proporcionou incremento nestes valores em plantas que receberam as doses de 60 e 120 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . Estes aumentos na PMSR representam em torno de 24 e 22%, respectivamente, em relação às plantas não inoculadas.

Tabela 6- Desdobramento da interação significativa entre inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada na cultura da aveia para K, Ca e S acumulados no sistema radicular (2013), produção de matéria seca radicular (PMSR), N e K acumulados no sistema radicular da aveia preta (2015). Selvíria-MS.

Inoculação	Doses de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)					Equação	R^2
	0	30	60	120	240		
K acumulado ($kg\ ha^{-1}$) - 2013							
Sem	2,0a	2,2a	2,0a	1,5b	2,7a	$y = 0,00005x^2 - 0,011x + 2,247^*$	0,75
Com	1,7a	1,9a	1,7a	2,4a	2,2a	-	ns
Ca acumulado ($kg\ ha^{-1}$) - 2013							
Sem	1,0a	0,8a	0,9a	0,8b	0,7a	-	ns
Com	0,8a	0,8a	0,8a	1,2a	0,9a	$y = -0,00002x^2 + 0,0053x + 0,710^*$	0,61
S acumulado ($kg\ ha^{-1}$) - 2013							
Sem	1,6a	0,8b	0,9a	0,8a	0,9a	$y = 0,00003x^2 - 0,01x + 1,397^*$	0,65
Com	0,8b	1,4a	0,9a	1,0a	1,1a	-	ns
PMSR ($kg\ ha^{-1}$) - 2015							
Sem	384,93a	372,65a	429,95b	317,05b	384,18a	-	ns
Com	396,50a	315,00a	565,98a	406,35a	444,55a	-	ns
N acumulado ($kg\ ha^{-1}$) - 2015							
Sem	4,29a	4,98a	5,25a	3,91a	4,29a	-	ns
Com	3,82a	3,05b	5,80a	3,89a	3,97a	-	ns
K acumulado ($kg\ ha^{-1}$) - 2015							
Sem	3,97a	3,92a	5,04a	2,23b	3,83a	-	ns
Com	3,19a	3,25a	4,99a	3,95a	3,83a	-	ns

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. **e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo. S: sem inoculação e C: com inoculação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Assim, observa-se a importância do fósforo na divisão celular e desenvolvimento de novos tecidos, favorecendo a produção de massa radicular (TAIZ; ZEIGER, 2013). Estes resultados evidenciam a importância da inoculação com *A. brasilense* na cultura da aveia preta, pois as plantas que foram inoculadas, obtiveram respostas significativas na dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Inagaki *et al.* (2014) verificaram maior volume de raízes de milho, com adição de adubação fosfatada e utilização de cepas de bactérias de *A. brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*.

Em relação ao efeito das doses residuais de P₂O₅ nas plantas cultivadas em 2015, independente da inoculação ou não das sementes de aveia preta, os dados de PMSR não se ajustaram a nenhum modelo de regressão (Tabela 6). A ausência de resposta para a PMSR pela cultura da aveia preta à aplicação de P₂O₅ se deve, provavelmente, a adequada fertilidade do solo (histórico de 12 anos de SPD) e de não ter ocorrido déficit hídrico (Figura 1), pois havia disponível sistema de irrigação para eventuais necessidades. Ademais, o cultivo do feijoeiro na mesma área, no ano anterior (2014), pode ter beneficiado a cultura da aveia preta pelo efeito residual da leguminosa. Resultados semelhantes aos obtidos na presente pesquisa, foram verificados por Soratto; Cruciol (2008), onde encontraram efeito residual positivo no desenvolvimento de aveia preta em sucessão à cultura do feijoeiro. Assim, mesmo considerado como não lábil, o P orgânico da palhada pode ser mineralizado e ser fonte de fósforo para a cultura em sucessão (LEITE *et al.*, 2016).

No ano de 2015, as plantas de aveia preta inoculadas com *A. brasilense* apresentaram resultados significativos quanto ao comprimento de raízes (Tabela 4). O uso de bactérias promotoras de crescimento é responsável por uma elevada produção de auxinas, sendo este hormônio responsável por modificações morfológicas nas raízes como comprimento, ramificações e aumento de pelos radiculares (MIYAUCHI *et al.*, 2008; REIS JÚNIOR *et al.*, 2008). Resultados semelhantes foram encontrados por Guimarães *et al.* (2011), trabalhando com a forrageira *Urochloa decumbens* cv. Basilisk em função da inoculação de bactérias do gênero *Azospirillum spp.* em que relataram maior produção de massa seca de raízes quando comparada às plantas que não receberam inoculação. Este aumento pode estar relacionado à produção de fitormônios pelas bactérias inoculadas, auxiliando o crescimento da raiz, e consequentemente, beneficiando o aumento na absorção de água e nutrientes.

As plantas inoculadas apresentaram acúmulos de N e Mg na matéria seca das raízes superiores aos observados para as plantas não inoculadas (Tabelas 4 e 5), principalmente no ano de 2013. Resultados significativos à inoculação também foram constatados para o acúmulo de S, diferente do acúmulo de N no ano de 2015 (Tabelas 4 e 5).

Ocorreu interação significativa entre inoculação e doses de P_2O_5 residuais no ano de 2015 para acúmulo de N na massa seca das raízes da aveia preta, cujo desdobramento encontra-se na Tabela 6. Os resultados para o acúmulo de N possivelmente são decorrentes da capacidade da bactéria em fixar o N_2 atmosférico e disponibilizá-lo para a planta hospedeira. Assim, o *A. brasilense* demonstra papel importante na nutrição da planta de aveia preta, visto que, depois de inoculada, exibiram maiores acúmulos de N e Mg, sendo o primeiro, essencial na formação de aminoácidos e proteínas e, o segundo, fundamental para a constituição e funcionamento da molécula de clorofila.

Avaliando os acúmulos de N nos tecidos radiculares da aveia preta no ano de 2015 (Tabela 6), observa-se no desdobramento, que a dose de 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 residual proporcionou maior acúmulo de N na ausência de inoculação. Assim como ocorreu para a PMSR, para o acúmulo de N, os dados não se ajustaram aos modelos testados de regressão, não havendo resposta às doses P_2O_5 residuais (Tabela 6). Ratificando algumas justificativas anteriores, volta-se aqui ressaltar que a adequada fertilidade do solo pode ter sido um fator preponderante responsável pela não resposta da aveia às doses de P_2O_5 residuais na presença ou ausência da inoculação.

A adubação fosfatada influenciou a PMSR de aveia preta, com os resultados se ajustando a modelo quadrático (Tabela 4) no ano de 2013. Os valores obtidos demonstram a menor PMSR na dose calculada de $89,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 . Isto pode estar relacionado à característica do solo da área experimental que é argiloso, podendo favorecer maior fixação do P pelos colóides inorgânicos, tornando-o em parte, indisponível inicialmente às plantas.

Quanto aos macronutrientes acumulados nos tecidos radiculares, houve efeito da interação doses de P_2O_5 e inoculação para K, Ca e S em 2013 (Tabela 6). Os resultados do presente trabalho contrariam aos relatados por Prado; Romualdo; Vale (2006), com estudos em vasos, e aplicação de P e N na cultura da aveia preta. Estes autores observaram que a aplicação de fósforo alterou significativamente os macronutrientes acumulados nas raízes, com exceção para o enxofre. Entretanto, Dartora *et al.* (2013) afirmaram que muitas vezes, a eficiência das bactérias diazotróficas é prejudicada em função de estarem associadas livremente à planta, seja na rizosfera ou no interior dos tecidos, tornando-se muito vulneráveis ao ambiente, assim como o genótipo da planta hospedeira e as características do solo que tem sido frequentemente associada à ausência de resposta à inoculação.

Para o ano de 2015 (Tabelas 4 e 5), o efeito residual da aplicação de P_2O_5 , não apresentou ajuste para nenhuma das variáveis estudadas. Nesse contexto, Ramos *et al.* (2010) descreveram que a facilidade das plantas em absorver o P da solução do solo que se encontra

na forma lábil, depende da forma como está sua energia de ligação e com a capacidade tampão desse elemento no solo, principalmente com altos teores de matéria orgânica. Assim, em solos com maior capacidade tampão, ocorre menor taxa de recuperação de P aplicado. Deste modo, isto pode ser observado na presente pesquisa, numa área com doze anos de SPD e grande quantidade de palhada acumulada, podendo ser fonte de nutrientes, inclusive do P, pela decomposição gradual dos restos vegetais.

A não ocorrência de efeitos positivos da aplicação de P_2O_5 sobre o P acumulado nas raízes em 2013 e 2015 (Tabela 6), pode estar relacionada ao fato do nutriente apresentar grande mobilidade na planta. Desta forma, o P absorvido pelas raízes é rapidamente transportado para a parte aérea, região responsável pela síntese dos compostos bioquímicos do qual o elemento se faz necessário.

No desdobramento da interação, verificou-se que para o K acumulado nas raízes (Tabela 6), no ano de 2013, verificou-se maior acúmulo do nutriente com utilização do *A. brasilense* somente para a combinação com a dose de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Portanto, para as demais doses avaliadas não houve efeito quanto a inoculação das plantas. Logo, as plantas de aveia preta não inoculadas, apresentaram acúmulo de K que se ajustaram de modo quadrático com ponto de máximo calculado para 110 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Prado; Romualdo; Vale (2006), verificaram aumento no teor de K em função da aplicação de P em aveia preta. Também Rosolem; Marcello (1998) constataram aumento no teor de K na raiz de soja devido ao fornecimento de P no solo.

Resultados semelhantes foram observados para o Ca acumulado nas raízes (Tabela 6) no ano de 2013, que apresentaram valores superiores nas plantas inoculadas e cultivadas nas áreas que receberam 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Também se verificou que apenas as plantas inoculadas responderam ao incremento de P_2O_5 , com valores de Ca ajustando-se num modelo quadrático com ponto de máximo calculado na dose de 132 kg ha^{-1} .

As plantas sem inoculação e cultivadas nas áreas que não receberam adubação com P_2O_5 , apresentaram maiores acúmulos de S quando comparadas às plantas inoculadas sem adubação fosfatada (Tabela 6), principalmente no ano de 2013. Entretanto, a aplicação de 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 proporcionou resultados superiores em relação às plantas que não foram inoculadas. As plantas de aveia preta não inoculadas e submetidas aos tratamentos com P_2O_5 , apresentaram resultados que se adequaram numa equação quadrática, com valores mais expressivos na dose de P_2O_5 calculada de 167 kg ha^{-1} (Tabela 6) no ano de 2013. Uma das hipóteses para tal resultado é que o aumento da dose de P_2O_5 eleva os níveis de $H_2PO_4^-$ disponível na solução do solo, alterando o equilíbrio entre os ânions fosfatos e sulfatos. Estes

íons competem pelo mesmo sítio de troca na fase sólida dos solos e, em condições normais, os ânions fosfatos têm preferência pelos locais de troca na camada arável (0-0,20 m), onde se concentra a maioria das raízes da aveia preta. Assim, é possível inferir que o incremento de H_2PO_4^- ao solo reduziu o acúmulo de íons sulfatos nos tecidos radiculares das plantas de aveia preta que não foram inoculadas, pela provável lixiviação de íons SO_4^{2-} , fato este que, pelo crescimento radicular superficial das raízes pode ter acarretado em menor absorção.

Avaliando os acúmulos de K nas raízes da aveia preta cultivadas no ano de 2015 (Tabela 6), observa-se no desdobramento, que o maior acúmulo ocorreu com a dose de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , nas plantas inoculadas. Ao avaliar as doses residuais de P_2O_5 em função da inoculação ou não, o acúmulo de K não se ajustou aos modelos testados de regressão.

Em função dos resultados, torna-se evidente a possibilidade do uso da aveia preta como planta de cobertura em Cerrado de baixa altitude, e que a inoculação via semente com *A. brasilense* tem possibilidade do uso comercial, uma vez que incrementou a produtividade de matéria seca tanto de raízes quanto da parte aérea, com melhorias significativas na nutrição das plantas, podendo refletir futuramente na qualidade do plantio direto pela maior ciclagem de nutrientes e produção de palhada no período de inverno.

4.2 Consórcio de milho com *U. brizantha* cv. Marandu inoculado ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual

Ao analisar o estado nutricional dos tecidos foliares do milho no ano 2013/14, verificou-se efeito da inoculação com *A. brasilense* sobre os teores de P, Mg e S, sendo estes, respectivamente, 10; 6,7 e 15% superiores aos teores avaliados nas plantas provenientes das sementes não inoculadas (Tabela 7 e 8). Entretanto, vale ressaltar que, em comparação aos valores críticos de nutrientes foliares para milho, citados por Cantarella; Rajj; Camargo (1997), os teores de N, K, Ca, Mg foliares ficaram abaixo do indicado para a cultura, cuja faixa adequada para estes nutrientes são: 27-35; 17-35; 2,5-8,0; 1,5-5,0 g kg^{-1} , respectivamente.

Para o cultivo de 2015/16, constatou-se influência dos tratamentos em todos os macronutrientes foliares do milho, entretanto, somente os teores Ca e Mg responderam positivamente à inoculação (Tabelas 7 e 8). Semelhante ao que ocorreu no primeiro ano agrícola, os teores foliares de N, K e Ca verificados em 2015/16 ficaram abaixo do valor

considerado adequado para o bom desenvolvimento da cultura (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997).

Baseando-se em dados acumulados durante 22 anos de pesquisa com experimentos de inoculação a campo, Okon; Vanderleyden (1997) concluíram que o gênero *Azospirillum* spp. promove aumento da superfície de absorção das raízes da planta e, conseqüentemente, incrementa o volume de substrato do solo explorado, papel este, fundamental na absorção de nutrientes pouco móveis no solo, como é o caso do P e Mg e até dos nutrientes mais móveis, como é o caso do S, fato este verificado no presente trabalho no cultivo de 2013/14 (Tabela 8). Tal constatação é justificada pelo fato da inoculação modificar a morfologia do sistema radicular, aumentando não apenas o número de radículas mas, também, o diâmetro das raízes laterais e adventícias. Outro fator que pode ter influenciado no aumento do teor de P na planta, seja o fato delas terem produzido maiores quantidade de hormônios promotores de crescimento devido à ação das bactérias.

Para o índice de clorofila foliar (ICF) em 2013/14, não houve diferença significativa para inoculação com *A. brasilense* (Tabela 8). Explicação pode ser atribuída ao histórico de SPD da área experimental, pois a ciclagem de N da palhada residual é maior que a imobilização em áreas com mais de 10 anos de SPD. Além do mais, segundo Hungria (2011), outro fator a ser considerado é que certas gramíneas, como as braquiárias, em cultivos sucessivos podem ser hospedeiras de bactérias diazotróficas nativas do solo, e pelo histórico da área de 2 anos de pastagem anterior ao feijão de inverno, aveia preta e posteriormente o consórcio do milho com capim Marandu, podem justificar esta ausência de resposta.

Diferentemente do que ocorreu no primeiro ano agrícola, em 2015/16 o ICF respondeu de forma positiva a inoculação das sementes, com maiores valores obtidos para as plantas inoculadas. Jordão *et al.* (2010) e Kappes *et al.* (2011), em suas pesquisas com inoculação de *A. brasilense* nas sementes de milho, também constataram maiores índices de clorofila foliar nos tratamentos com a presença da bactéria diazotrófica, entretanto, em solos arenosos e em áreas em início de SPD, sem consórcio com braquiárias.

O comportamento distinto para o ICF verificado nos dois anos agrícolas pode estar relacionado ao maior índice pluviométrico e melhor distribuição das chuvas observado em 2015/16 em relação a 2013/14, conforme a Figura 1. Ressaltando que, mesmo com a área sob irrigação, a ocorrência de pluviosidade favorece o microclima do local. Com a condição de fertilidade do solo adequada para ambos os anos agrícolas, e o fator umidade do solo foi preponderante para a obtenção de diferenças entre os tratamentos e, com valores superiores constatadas para as plantas inoculadas. Isto porque uma maior umidade no solo proporciona

um microclima favorável ao desenvolvimento microbiano, inclusive bactérias diazotróficas que atua no desenvolvimento radicular das plantas. Em situações como a descrita acima, as plantas têm condições de obter maiores quantidades de água e nutrientes, o que resultará em maior desenvolvimento vegetativo, com conseqüente aumento de área foliar e maior taxa fotossintética. Tais resultados corroboram com os obtidos por Silva; Melloni (2011) em seu estudo sobre densidade e diversidade de bactérias diazotróficas não simbióticas. Os autores constataram que os ambientes com maior temperatura média combinado com alta umidade do solo promovem condições favoráveis para uma maior quantidade e diversidade fenotípica de bactérias.

Tabela 7- Médias dos teores de macronutrientes foliares (N, P, K e Ca) do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	N (g kg ⁻¹)		P (g kg ⁻¹)		K (g kg ⁻¹)		Ca (g kg ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação – I								
Sem	24,8a	25,4	2,8b	3,2	14,9	15,6	1,9a	2,2
Com	25,5a	24,5	3,0a	3,0	15,9	15,1	1,9a	2,3
Teste F (I)	1,60 ^{ns}	25,24 ^{**}	4,66 [*]	54,0 ^{**}	2,61 ^{ns}	6,25 [*]	0,65 ^{ns}	11,52 ^{**}
DMS	1,00	0,35	0,10	0,06	1,30	0,46	0,10	0,10
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	25,4	25,0	2,9	3,2 ⁽¹⁾	15,0	15,8	1,9	2,3
30	25,1	24,5	2,8	3,2	16,0	14,0	1,8	2,2
60	25,6	25,2	3,0	3,1	15,8	17,0	2,1	2,6
120	25,6	25,4	2,9	3,0	15,8	15,2	1,9	2,1
240	23,9	24,8	2,8	3,0	14,5	15,0	1,8	2,2
Teste F (D)	1,70 ^{ns}	2,85 ^{ns}	1,75 ^{ns}	6,57 ^{**}	0,82 ^{ns}	2,96 ^{ns}	2,83 ^{ns}	2,36 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	Q	-	-	-	-
R ²	-	-	-	0,85	-	-	-	-
Teste F (I x D)	0,74 ^{ns}	5,47 ^{**}	0,23 ^{ns}	8,17 ^{**}	3,19 [*]	13,59 ^{**}	1,42 ^{ns}	13,84 ^{**}
CV (%)	6,22	2,21	6,60	2,86	12,72	4,65	10,33	6,77

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾y=3,21-0,0022x+0,000006x².
Fonte: Elaborado pela própria autora.

Tabela 8- Médias dos teores de macronutrientes foliares (Mg e S) e índice de clorofila foliar (ICF) do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	Mg (g kg ⁻¹)		S (g kg ⁻¹)		ICF	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação – I						
Sem	0,9b	1,5	1,7b	1,9a	51,31a	64,78b
Com	1,0a	1,7	2,0a	1,7b	52,77a	67,45a
Teste F (I)	9,57**	55,91**	37,60**	40,61**	2,11 ^{ns}	9,90**
DMS	0,10	0,08	0,10	0,06	2,05	1,74
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)						
0	1,0	1,5	1,8 ⁽¹⁾	1,7 ⁽²⁾	49,98	66,54
30	0,9	1,6	1,9	1,7	54,66	66,76
60	1,0	1,9	1,9	1,8	51,66	65,99
120	0,9	1,5	1,8	1,8	51,55	65,72
240	0,8	1,5	1,7	1,9	52,35	65,59
Teste F (D)	2,09 ^{ns}	3,02 ^{ns}	2,71*	3,56*	2,30 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	Q	L	-	-
R ²	-	-	0,74	0,83	-	-
Teste F (I x D)	0,72 ^{ns}	26,34**	0,18 ^{ns}	2,27 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,80 ^{ns}
CV (%)	9,17	7,52	5,22	4,72	6,09	4,06

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾y=1,842+0,0007x-0,000006x². ⁽²⁾y=1,725+0,00052x.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

A adubação residual de P₂O₅ incrementou os teores de S nos tecidos foliares da planta em ambos os anos agrícolas (Tabela 8). Em 2013/14 os resultados obtidos se ajustaram de modo quadrático em função das doses de P₂O₅ aplicados na cultura da aveia preta. A máxima eficiência técnica obtida para o tratamento foi de 1,9 g kg⁻¹ de S ao aplicar uma dose calculada de 58 kg ha⁻¹ de P₂O₅, pois altos níveis de P no solo podem ter inibido a maior absorção dos íons sulfatos. Entretanto, para o teor de S em 2015/16, a tendência de resposta verificada anteriormente não se confirmou, haja vista que os valores obtidos se adequaram num modelo matemático com resposta linear crescente.

No desdobramento da interação significativa dos tratamentos para os teores de K das plantas cultivadas em 2013/14, foi possível constatar valores superiores do nutriente nas plantas inoculadas (16,5 g kg⁻¹), e que receberam o aporte de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 9).

Entretanto, vale ressaltar que mesmo as plantas não inoculadas exibiram teores de K considerados adequados para o bom desenvolvimento da cultura do milho (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1997). Também, as plantas inoculadas apresentaram teores de K, em função das doses de P₂O₅, que se ajustaram de forma linear, respondendo negativamente ao efeito residual de doses crescentes de P₂O₅, por provável efeito de diluição.

Tabela 9- Desdobramento da interação significativa entre inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual para o teor de K (2013/14) e de N, P, K, Ca e Mg (2015/16) nos tecidos foliares da cultura do milho. Selvíria-MS.

Inoculação	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ²
	0	30	60	120	240		
K (g kg ⁻¹) - 2013/14							
Sem	15,5a	17,0a	15,0a	14,5a	12,5b	-	ns
Com	14,5a	15,0a	16,5a	17,0a	16,5a	y= -0,1541x + 16,2875**	0,80
N (g kg ⁻¹) - 2015/16							
Sem	24,8a	24,6 a	25,9a	25,9a	25,8a	y= -0,000057x ² + 0,01842x + 24,623*	0,71
Com	25,1a	24,4a	24,5b	24,8b	23,9b	y= -0,00382x + 24,875*	0,62
P (g kg ⁻¹) - 2015/16							
Sem	3,2a	3,2a	3,4a	3,1a	3,2a	-	ns
Com	3,2a	3,2a	2,9b	2,9b	2,9b	y= 0,000012x ² -0,00403x+3,186**	0,84
K (g kg ⁻¹) - 2015/16							
Sem	16,8a	12,8b	17,2a	16,4a	15,0a	-	ns
Com	14,9b	15,1a	16,6a	13,9b	14,9a	-	ns
Ca (g kg ⁻¹) - 2015/16							
Sem	2,5a	2,0b	2,6a	1,8b	2,0b	-	ns
Com	2,0b	2,5a	2,6a	2,3a	2,4a	-	ns
Mg (g kg ⁻¹) - 2015/16							
Sem	1,6a	1,3b	1,9a	1,3b	1,2b	-	ns
Com	1,3b	1,9a	1,9a	1,7a	1,9a	-	ns

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. **e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo. S: sem inoculação e C: com inoculação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Ao avaliar a interação entre inoculação e doses residuais de P₂O₅ para o teor de N nos tecidos foliares das plantas de milho em 2015/16 (Tabela 9), observou-se que o fornecimento de P alterou os teores de N nas plantas cultivadas nas áreas tratadas com 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Contudo, maiores valores foram constatados nas plantas oriundas de sementes não inoculadas, os quais se ajustaram de modo quadrático em resposta ao fornecimento de P, com máxima resposta obtida para a dose de 161,58 kg ha⁻¹. Influência da adubação residual de P

também foi verificada nas plantas inoculadas, contudo, os resultados se adequaram em um modelo linear de resposta negativa ao incremento de P_2O_5 nestas áreas.

Assim como o N, os teores foliares de P foram alterados de maneira significativa em decorrência dos efeitos residuais de P_2O_5 no solo em 2015/16 (Tabela 9). Da mesma forma, alterações foram constatadas somente nas áreas que receberam os maiores aportes de P, ou seja, 60, 120 e 240 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , com valores superiores do nutriente obtidos pelas plantas não inoculadas.

No entanto, os teores de P oriundos destas plantas não se enquadraram em nenhum modelo matemático de resposta. Situação distinta foi observada para as plantas inoculadas, cujo resultados responderam de forma quadrática, com ponto de máximo alcançado por meio da aplicação de 167,92 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 .

O desdobramento dos tratamentos para os teores foliares de K em 2015/16 (Tabela 9), demonstrou comportamento distinto para os resultados obtidos. Neste sentido, plantas de milho não inoculadas apresentaram maiores teores de K quando cultivadas em áreas sem o fornecimento de P (testemunha) e com aplicação de 120 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . Por outro lado, observou-se teores de K superiores nas plantas inoculadas e cultivadas em área sob o efeito residual da aplicação de 30 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . Ademais, cabe salientar que não houve ajustes de modelos matemáticos de respostas tanto para os resultados observados no tratamento não inoculado quanto para o inoculado.

Para os teores de Ca, o desdobramento da interação entre inoculação e doses residuais de P_2O_5 demonstrou que, a combinação de inoculação por *A. brasilense* com o cultivo do milho em solos que receberam elevadas quantidades de P, mesmo que este tenha sido aplicado em culturas antecessoras incrementa os teores de Ca nos tecidos foliares da cultura (Tabela 9).

Entretanto, vale ressaltar que mesmo havendo o incremento de Ca nos tecidos foliares do milho, os valores médios obtidos ficaram abaixo do mínimo exigido para o bom desenvolvimento da cultura de acordo com Cantarella; Raij; Camargo (1997). As plantas cultivadas nas áreas sem aplicação de P (controle) apresentaram resultados diferentes estatisticamente, com valores superiores para Ca. Isto demonstra que o incremento de Ca nos tecidos foliares de plantas inoculadas somente é possível quando estas são cultivadas em áreas que receberam elevadas aplicações de P_2O_5 (acima de 120 $kg\ ha^{-1}$).

Resultados semelhantes aos verificados para o Ca foram constatados para o Mg em 2015/16 (Tabela 9). Assim, é possível afirmar que o aporte de P associado a inoculação de plantas de milho promove uma melhor nutrição mineral quanto aos nutrientes Ca e Mg. Ademais, diferente do que se verificou para os teores de Ca, os teores de Mg nos tecidos

foliares das plantas inoculadas ficaram acima do valor mínimo considerado como adequado para o bom desenvolvimento da cultura.

A inoculação das sementes de milho com *A. brasilense* promoveu alterações na altura de planta (ALP) e altura de inserção da primeira espiga (AIE) apenas no cultivo da cultura em 2013/14 (Tabela 10). Deste modo, valores superiores de 257,59 cm e 124,97 cm foram obtidos para ALP e AIE, respectivamente. Resultados distintos foram obtidos por Cavallet *et al.* (2000) e Galindo (2015), em que a inoculação por *A. brasilense* não influenciou tais atributos morfológicos. Os resultados também corroboram os dados constatados por Costa *et al.*, (2015), que estudando a inoculação de *A. brasilense* na cultura do milho de segunda safra, relataram aumento de 10% na altura das plantas com sementes inoculadas. Também Kappes *et al.* (2013), avaliando a inoculação com bactérias diazotróficas na cultura do milho, verificaram aumento na altura média das plantas inoculadas e na produtividade de grãos do milho.

Contudo, para o ano agrícola de 2015/16 os efeitos positivos sobre ALP e AIE proporcionados pela inoculação em 2013/14 não se confirmaram, sem aumento destes atributos morfológicos promovidos pela presença destas bactérias promotoras de crescimento.

Para o diâmetro do como (DC) e o comprimento de espiga (CE) do milho não houve efeito da inoculação por *A. brasilense* em 2013/14 (Tabela 10).

Em 2015/16, a inoculação do milho promoveu efeito negativo apenas para o DC, o que resultou em valores inferiores aos encontrados nas plantas não inoculadas, diferentemente do constatado por Kappes *et al.* (2013), em que não foram constatadas diferenças positivas para inoculação no diâmetro do colmo.

O aumento do diâmetro de colmo é importante, pois esta característica morfológica é uma das que mais tem sido relacionada com o percentual de acamamento ou quebraimento de planta na cultura do milho. Além disso, o diâmetro de colmo é importante para a obtenção de alta produtividade, pois quanto maior o seu diâmetro, maior a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos (CRUZ *et al.*, 2008; LANA *et al.*, 2009), podendo proporcionar maior produtividade da cultura.

Os ganhos verificados em alguns atributos morfológicos, independentemente do ano agrícola, podem ser atribuídos aos resultados positivos das associações de bactérias diazotróficas e a cultura do milho em termos de potencial agrônomico, fixação de nitrogênio e/ou promoção do crescimento. No entanto, para que isso ocorra de forma satisfatória é imprescindível a combinação de muitos fatores bióticos e ambientais, tais como genótipo da

planta, comunidade microbiológica do solo e disponibilidade de nitrogênio (ROESCH *et al.*, 2006).

Tabela 10- Médias de altura de plantas (ALP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC) e comprimento de espiga (CE) de milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	ALP (cm)		AIE (cm)		DC (cm)		CE (cm)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação – I								
Sem	254,19b	212,03a	121,50b	112,88a	1,95a	2,29a	18,48a	17,13a
Com	257,59a	210,92a	124,97a	113,13a	2,02a	2,07b	18,36a	17,39a
Teste F (I)	5,27*	0,24 ^{ns}	9,77*	0,02 ^{ns}	3,56 ^{ns}	20,23**	0,10 ^{ns}	1,13 ^{ns}
DMS	3,05	4,62	2,28	3,41	0,07	0,10	0,80	0,50
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	255,14	210,25	121,94	111,30	2,01	2,17	18,13	17,25
30	257,08	210,32	125,70	114,48	1,94	2,18	18,35	16,93
60	254,01	211,65	123,34	112,09	1,96	2,18	18,63	17,29
120	257,21	211,80	122,56	112,57	2,00	2,17	18,60	17,55
240	256,00	213,33	122,63	114,57	2,02	2,19	18,38	17,29
Teste F (D)	0,66 ^{ns}	0,25 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,66 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F (I x D)	2,10 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,57 ^{ns}
CV (%)	1,84	3,38	2,85	4,68	5,20	7,09	6,68	4,48

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Ao analisar o P residual, pode-se verificar que este não promoveu alterações nos atributos morfológicos ALP, AIE, DC e CE em ambos os anos agrícolas (Tabela 10). A ausência de alterações nos atributos mesmo entre as maiores doses (120 e 240 kg ha⁻¹) e o tratamento controle (sem o fornecimento de P) pode estar associado ao médio teor de P disponível nos solos da área experimental (25 e 19 mg dm³ em 2013/14 e 2015/16, respectivamente). Associado a isto, o fato destas aplicações terem sido realizadas na cultura antecessora, no caso a aveia preta, pode ter contribuído para a ausência de efeitos

significativos do incremento de P, pelo efeito da liberação do nutriente da palhada da aveia preta antecessora aos dois cultivos de milho.

A inoculação com *A. brasilense*, bem como as aplicações de P_2O_5 não alteraram significativamente o diâmetro de espiga (DE) e o número de espigas (NE) em ambos os anos agrícolas estudados (Tabela 11).

O estande de plantas de milho é fundamental pois influencia diretamente na produtividade da cultura e, também, na produção de massa seca (CRUSCIOL *et al.*, 2010). Esse componente está relacionado ao DC, e espera-se que o maior fornecimento de água e nutrientes proporcione maior porte de plantas, consequentemente um maior estande final, entretanto, tal resultado não foi constatado na presente pesquisa.

Os menores valores médios de massa seca de plantas de milho (MSP) obtidos para as plantas inoculadas em 2013/14 (Tabela 11) podem estar associados ao menor número final de plantas por hectare do tratamento com inoculação no referido ano agrícola. Contudo, a hipótese mais provável é que os resultados estejam relacionados as condições edafoclimáticas da região durante a condução do experimento do que propriamente a um efeito negativo do *A. brasilense* sobre as plantas, resultando assim, numa menor população final de plantas com consequente redução da massa destas plantas por unidade de área. Reis (2007) cita a interação positiva entre a inoculação e a cultura do milho, porém apresenta as dificuldades na utilização desta tecnologia a campo, devido a inconsistência de resultados, que estão relacionados as condições da biota do solo e fatores edafoclimáticos.

O desdobramento da interação para a MSP de milho, demonstrou comportamento distinto entre os anos agrícolas estudados (Tabela 12). Em 2013/14, maiores ganhos de produção de MSP de milho ($12.067 \text{ kg ha}^{-1}$) foram alcançados na combinação entre plantas não inoculadas cultivadas nas áreas adubadas inicialmente com 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Ademais, o resultado superior de MSP obtido para as plantas não inoculadas não se confirmou nas demais doses residuais de P_2O_5 . Os resultados constatados para as plantas não inoculadas e submetidas ao efeito residual de doses de P_2O_5 apresentaram ajuste linear, de resposta positiva. Desta maneira, é possível dizer que a massa seca das plantas foi incrementada pela aplicação crescente de P_2O_5 ao solo, mesmo que a adubação tenha sido realizada somente no período de semeadura da aveia preta.

Em 2015/16, maiores valores de MSP de milho (Tabela 12), foram observados nas plantas inoculadas, sem o fornecimento de P_2O_5 (controle) e com aplicação de 30 kg ha^{-1} , com resultados 19.356 e $20.000 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. Contudo, os resultados obtidos para as plantas inoculadas não se ajustaram à modelo matemático de resposta.

O comportamento distinto dos resultados para MSP de milho entre os anos agrícolas, provavelmente se deu em função de serem híbridos diferentes e devido a melhor condição edafoclimática em 2015/16, que por sua vez, pode ter favorecido um melhor desenvolvimento das bactérias diazotróficas. Além disso, sabe-se que condições climáticas favoráveis e fatores como água, luz e nutrientes contribuem para o desenvolvimento do *A. brasilense*, que por sua vez, pode potencializar seus efeitos sobre o estado nutricional das plantas, bem como no desenvolvimento da cultura. Portanto, é possível que os fatores citados acima tenham proporcionado melhor resposta a inoculação das plantas somente em 2015/16, o que resultou em valores superiores de MSP de milho, mesmo com número final de plantas inferior.

Tabela 11- Médias de diâmetro de espiga (DE), número de espigas (NE), estande final de plantas (EFP) e massa seca das plantas (MSP) de milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	DE (cm)		NE (n°)		EFP (n°)		MSP (kg ha ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação – I								
Sem	4,79a	4,60a	55.264	61.437a	55.278a	59.419a	10.236	12.423
Com	4,74a	4,60a	54.604	59.666a	52.431b	55.166b	9.038	16.372
Teste F (I)	1,18 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,38 ^{ns}	7,83 ^{**}	7,50 [*]	14,37 ^{**}	23,87 ^{**}
DMS	0,10	0,06	2.132	3.077	2.088	3.171	648	1.658
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	4,72	4,63	53.021	62.500	53.299	59.329	8.711	16.075
30	4,74	4,61	54.253	59.947	53.004	55.729	9.745	15.022
60	4,75	4,59	54.722	61.041	53.316	57.708	10.152	12.503
120	4,80	4,60	57.708	59.270	55.486	56.822	9.415	16.137
240	4,80	4,57	54.965	60.000	54.167	56.875	10.162	12.252
Teste F (D)	0,44 ^{ns}	0,58 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,60 ^{ns}	2,44 ^{ns}	2,23 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F (I x D)	0,12 ^{ns}	1,12 ^{ns}	3,47 [*]	0,71 ^{ns}	2,05 ^{ns}	0,30 ^{ns}	4,87 ^{**}	5,50 ^{**}
CV (%)	3,21	2,09	5,98	7,87	5,98	8,57	10,37	17,75

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Tabela 12- Desdobramento da interação significativa entre inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual para número de espigas (NE) e massa seca das plantas de milho no ano agrícola 2013/14, e da massa seca das plantas de milho do ano agrícola 2015/16. Selvíria-MS.

Inoculação	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ²
	0	30	60	120	240		
NE (n°) - 2013/14							
Sem	53.750a	53.333a	58.611a	56.111a	54.514a	-	ns
Com	53.292a	55.174a	50.833b	53.306a	55.417a	-	ns
MSP (kg ha ⁻¹) - 2013/14							
Sem	8.864a	10.452a	12.067a	9.458a	10.337a	y= 6,0953x + 8.489,36*	0,66
Com	8.559a	9.038a	8.236b	9.371a	9.986a	-	ns
MSP (kg ha ⁻¹) - 2015/16							
Sem	12.794b	10.043b	12.712a	14.926a	11.643a	-	ns
Com	19.356a	20.000a	12.294a	17.348a	12.861a	-	ns

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. **e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo. S: sem inoculação e C: com inoculação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Estudando a inoculação por *Azospirillum* em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul, Quadros (2009) observou que houve aumento no volume de raízes nos cultivares avaliados, além de aumentar a produção de matéria seca na parte aérea de plantas de milho inoculadas com *A. brasilense*, o que parece estar relacionado com o aumento das atividades das enzimas fotossintéticas. Também, em estudos com a cultura do milho, Braccini *et al.* (2012) relataram incrementos na massa seca da parte aérea das plantas em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, porém, associado com uso de biorregulador vegetal e aplicado via foliar na fase V₄, na região norte do estado do Paraná.

A combinação dos tratamentos inoculação ou não com aplicação de P₂O₅ residual promoveu alterações no número de espiga (NE) em 2013/14, resultado este que não se confirmou em 2015/16 (Tabela 11). No desdobramento da interação entre inoculação e doses residuais de P₂O₅ (Tabela 12) para o número de espigas de milho, constatou-se diferenças entre os tratamentos com *A. brasilense* somente para a dose de 60 kg ha⁻¹ P₂O₅. Assim, as plantas oriundas de sementes não inoculadas e que, foram submetidas ao efeito residual do P apresentaram valores médios superiores às plantas inoculadas. No entanto, os resultados obtidos pela aplicação crescente de P₂O₅ na aveia preta não influenciaram no número de espigas de milho da área, não havendo assim, ajuste de regressão para os resultados.

Um dos fatores para a ausência de resposta ao incremento de P₂O₅ e seu efeito residual, pode estar relacionada ao teor médio de P inicial constatado no solo da área experimental nos

cultivos de 2013/14 e 2015/16 (25 e 19 mg dm⁻³, respectivamente), valores estes considerado como adequado para o bom desenvolvimento do milho (RAIJ *et al.*, 2001). Associado a isso, pode-se citar o fato da ciclagem de nutrientes a partir dos resíduos vegetais da cultura da aveia preta, o que pode ter incrementado maiores quantidades do nutriente ao solo, elevando seu teor a padrões considerados como suficientes para o estabelecimento e bom desenvolvimento do consórcio e produtividade do milho.

Para os componentes de produção, número de fileira de grãos por espiga (NFE), de grãos por fileira (NGF), de grãos por espiga (NGE), massa de 100 grãos e a produtividade de grãos do milho, não houve efeito significativo da inoculação com *A. brasilense*, bem como dos efeitos residuais de aplicação de P₂O₅, assim como a interação entre os tratamentos (Tabela 13 e 14). Respostas não significativas, deve estar ligada ao fato de que no consórcio pode haver maior necessidade de nutrientes pelas plantas, devido a competição entre as mesmas. Observa-se que ainda tem-se a necessidade de desenvolver mais pesquisas sobre sistemas consorciados.

A ausência de efeito da inoculação sobre a massa de 100 grãos assim como para os demais componentes de produção, foram decisivos para a não ocorrência de alterações na produtividade de grãos da cultura (Tabela 14). De acordo com Ohland *et al.* (2005), a massa de grãos é o componente de produção menos alterado pelas práticas de manejo e que, este componente é influenciado pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes, além das condições climáticas estabelecidas durante os estádios de enchimento dos grãos.

Nesse sentido, resultados positivos para esse importante componente de produção dependem primordialmente da absorção e assimilação de quantidades adequadas de nutrientes, dentre eles, o nitrogênio. Assim, a deficiência e/ou baixa disponibilidade deste nutriente no solo e, conseqüentemente, nos tecidos celulares da planta, poderia proporcionar a formação de grãos com menor massa. Como não houve incremento de N nos tecidos foliares das plantas (Tabela 7), pode-se sugerir que os resultados semelhantes obtidos para a massa de 100 grãos estejam associados ao fato das plantas inoculadas não terem acumulado maiores quantidades de N em comparação as plantas não inoculadas.

De acordo com Hungria (2011), outro fator a ser considerado é que certas gramíneas, como as braquiárias, em cultivos sucessivos podem ser hospedeiras de bactérias diazotróficas nativas do solo. Assim, pelo histórico da área na presente pesquisa, podem justificar esta ausência de resposta. Os resultados obtidos diferem dos constatados por Cavallet *et al.* (2000), que observaram respostas positivas com a inoculação de *A. brasilense* no milho, com aumento de 17% na produtividade de grãos, de 5.211 para 6.067 kg ha⁻¹.

Tabela 13- Médias do número de fileiras de grãos por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF) e número de grãos por espiga (NGE) do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	NFE (n°)		NGF (n°)		NGE (g)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação - I						
Sem	15,5a	15,4a	35,8a	32,7a	559a	502a
Com	15,0a	15,1a	36,1a	33,1a	539a	497a
Teste F (I)	3,31 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,21 ^{ns}	2,89 ^{ns}	0,17 ^{ns}
DMS	0,54	0,54	1,34	1,55	24,0	20,99
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)						
0	15,3	15,0	35,8	32,8	548	494
30	15,3	15,5	36,0	31,7	551	492
60	15,0	15,1	36,3	33,9	552	509
120	15,5	15,5	35,7	32,9	552	508
240	15,1	15,0	35,9	33,1	540	495
Teste F (D)	0,35 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,53 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	-	-	-
R ²	-	-	-	-	-	-
Teste F (I x D)	0,74 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,76 ^{ns}	2,26 ^{ns}	2,67 ^{ns}
CV (%)	5,48	5,54	5,76	7,31	6,74	6,50

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Bartchechen *et al.* (2010) verificaram, em estudo com inoculante comercial a base de *A. brasilense* combinado a doses de N, que a inoculação proporcionou resultados de produtividade superiores estatisticamente em relação ao tratamento controle. No entanto, os autores não detectaram diferenças na produtividade com a inoculação isolada ou combinada à adubação nitrogenada de cobertura. Enquanto que Lana *et al.* (2012) confirmaram os efeitos benéficos constatando incrementos de 7 a 15% na produtividade do milho em função da inoculação com *A. brasilense*.

Tabela 14- Médias da massa de grãos por espiga (MGE), massa de 100 grãos (M100) e produtividade do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	MGE (g)		M100 (g)		PG (kg ha ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação - I						
Sem	169,9a	146,4a	30,8a	29,2a	9.012a	8.307a
Com	166,6a	144,9a	31,2a	29,1a	8.550a	7.493a
Teste F (I)	0,61 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,12 ^{ns}	2,19 ^{ns}	3,57 ^{ns}
DMS	8,54	8,34	1,33	0,86	641,9	878,1
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)						
0	163,7	147,1	30,1	29,7	8.383	7.869
30	168,6	140,9	30,8	28,8	8.662	7.680
60	170,7	147,7	31,4	28,9	9.066	8.210
120	172,7	148,2	31,9	29,1	9.028	7.762
240	165,5	144,4	30,9	29,2	8.772	7.974
Teste F (D)	0,63 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	-	-	-
R ²	-	-	-	-	-	-
Teste F (I x D)	1,98 ^{ns}	1,62 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,04 ^{ns}
CV (%)	7,82	8,87	6,63	4,57	11,26	17,22

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

A resposta positiva das plantas à inoculação com bactérias diazotróficas pode ser atribuída a diversos fatores, além da síntese de substâncias promotoras do crescimento, dentre os quais, citam-se a alteração da atividade metabólica por meio de efeitos sobre as membranas celulares e proteção contra fitopatógenos (BASHAN; HOLGUIN; BASHAN, 2004). Também, a presença da bactéria pode favorecer uma maior solubilização de fosfatos e promover aumento na resistência das plantas ao estresse do ambiente (GRAY; SMITH, 2005).

No entanto, a eficiência das bactérias diazotróficas muitas vezes é reduzida em função destas estarem associadas livremente à planta, seja na rizosfera ou no interior dos tecidos, tornando-se muito susceptíveis às condições ambientais (GYANESHWAR *et al.*, 2002), assim como o genótipo da planta hospedeira (INIGUEZ; DONG; TRIPLETT, 2004). Além

disso, é necessário considerar que as condições de cultivo podem influenciar o desempenho esperado com o uso de bactérias diazotróficas. Em pesquisa desenvolvida por Campos; Theisen; Gnatta (2000), os autores não constataram resposta para a produtividade de grãos da cultura do milho, utilizando o inoculante Graminante[®], o que possivelmente deu-se em função da especificidade da bactéria ao genótipo avaliado.

O efeito residual das doses de P₂O₅ sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura do milho em consórcio com a *U. brizantha* cv. Marandu não exibiu ajustes significativos para nenhum atributo avaliado (Tabelas 13 e 14). Esses resultados são importantes visto que, por meio deles, se pode observar que o residual do P aplicado na cultura antecessora (aveia preta), não resultou em melhorias para as características agrônômicas analisadas e produtividade do milho. Uma das hipóteses é o teor médio de P no solo, e que atrelado à ciclagem de nutrientes promovida pela palhada da aveia, pode ter sido suficiente para nutrição do milho em consórcio cultivado em sucessão. Harger *et al.* (2007) avaliando fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho, verificaram que para a produção de matéria seca da parte aérea da cultura do milho, utilizando o superfosfato triplo, todas as doses diferiram estatisticamente do tratamento controle, e os dados obtidos se ajustaram a uma função quadrática, com produção máxima obtida na dose de 131 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Ao analisar as Tabelas 15 e 16, observa-se que no cultivo de 2013/2014, houve maior acúmulo de P e Ca na palhada de milho das plantas que não foram inoculadas. Pode-se considerar no primeiro ano de cultivo a ausência de respostas ao acúmulo de N na palhada do milho pela aplicação do *A. brasilense*, devido a elevada ciclagem de nutrientes pelo acúmulo de palhada no SPD e a adubação realizada na semeadura da cultura (Tabela 15). Sabe-se que a fixação biológica de nitrogênio é reduzida quando há fornecimento de N mineral. Assim, a prática da adubação mineral de N pode ter favorecido a não ocorrência de efeitos positivos da inoculação das plantas em relação a maior absorção e acúmulo do nutriente em seus tecidos vegetais.

Para o ano de 2015/16, observa-se que em função da inoculação das sementes por *A. brasilense* houve incremento no acúmulo de N e K na palhada das plantas de milho (Tabela 15) e de Ca, Mg e S nas plantas inoculadas (Tabela 16). Desta forma, pode-se inferir que a presença das bactérias diazotróficas melhorou a eficiência de absorção destes nutrientes, pela provável fixação de N₂ para a planta decorrente da relação simbiótica estabelecida entre a planta e o microrganismo no sistema radicular do milho (BASHAN; HOLGUIN, 1997; STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000; BASHAN; HOLGUIN; BASHAN, 2004).

No desdobramento da interação entre inoculação e adubação fosfatada residual para o acúmulo de Ca na palhada das plantas de milho cultivadas em 2013/14 (Tabela 17), verificou-se diferença significativa somente para a combinação entre a inoculação e a dose residual de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Ademais, constatou-se que os resultados obtidos para as plantas inoculadas responderam linearmente ao incremento de P no solo, mesmo que este tenha sido aplicado na cultura antecessora. Desta maneira, pode-se afirmar que resultados positivos da adubação fosfatada residual associada a inoculação para elevar o acúmulo de Ca nas plantas só é possível a partir do fornecimento de doses elevadas de P₂O₅. Contudo, a adoção desta prática de manejo seria inviável economicamente, haja vista que o fornecimento de Ca via calagem seria mais eficiente do ponto de vista da fertilidade, o que favoreceria o acúmulo de Ca nos tecidos foliares, além de apresentar melhor custo-benefício.

Tabela 15- Médias do acúmulo dos macronutrientes (N, P e K) na palhada do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	N (kg ha ⁻¹)		P (kg ha ⁻¹)		K (kg ha ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação – I						
Sem	56,6a	138,0	8,4a	14,6	97,9a	86,7b
Com	57,7a	169,2	6,0b	12,8	96,4a	108,8a
Teste F (I)	0,19 ^{ns}	8,90 ^{**}	22,55 ^{**}	2,36 ^{ns}	0,08 ^{ns}	5,94 [*]
DMS	5,15	21,47	1,05	2,49	10,36	18,66
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)						
0	54,6	166,3	6,9	13,9 ⁽¹⁾	87,7	111,2
30	54,0	169,7	6,1	14,4	92,8	103,6
60	61,2	140,4	7,5	15,1	105,9	100,8
120	56,9	177,3	7,2	16,6	91,4	80,5
240	58,9	114,1	7,9	8,5	108,1	92,6
Teste F (D)	1,15 ^{ns}	4,96 ^{ns}	1,41 ^{ns}	5,09 ^{**}	2,65 ^{ns}	1,33 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	Q	-	-
R ²	-	-	-	0,96	-	-
Teste F (I x D)	0,55 ^{ns}	8,04 ^{**}	2,40 ^{ns}	13,56 ^{**}	1,99 ^{ns}	1,32 ^{ns}
CV (%)	13,88	21,54	22,81	27,98	16,44	29,43

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ^{**} e ^{*}: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾(y=13,305+0,0618x-0,000338x²).
Fonte: Elaborado pela própria autora.

Tabela 16- Médias do acúmulo dos macronutrientes (Ca, Mg e S) na palhada do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	Ca (kg ha ⁻¹)		Mg (kg ha ⁻¹)		S (kg ha ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
	Inoculação – I					
Sem	18,3	50,1b	20,8	29,8	12,1a	18,3
Com	14,3	61,3a	19,2	41,0	11,4a	22,4
Teste F (I)	15,77**	5,11*	2,58 ^{ns}	20,80**	2,57 ^{ns}	9,62**
DMS	2,09	10,14	2,08	5,04	0,94	2,73
	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					
0	15,0 ⁽¹⁾	52,1	18,7	35,5	11,0	22,7
30	13,8	67,6	19,4	44,4	11,3	21,6
60	16,5	38,8	20,5	29,4	12,5	17,1
120	17,6	78,2	20,1	39,2	11,3	22,4
240	18,8	41,7	21,5	28,7	12,7	17,8
Teste F (D)	3,02*	2,36 ^{ns}	0,91 ^{ns}	3,89 ^{ns}	2,31 ^{ns}	1,22 ^{ns}
Modelo de equação	L	-	-	-	-	-
R ²	0,80	-	-	-	-	-
Teste F (I x D)	5,34**	2,51 ^{ns}	3,00*	9,44**	2,11 ^{ns}	5,36**
CV (%)	19,78	28,09	15,98	21,94	12,36	20,71

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾(y=14,63+0,01865x).

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Em ambos os anos agrícolas, o acúmulo de Mg nos tecidos do milho teve alterações pela combinação dos tratamentos estudados (Tabela 17). Em 2013/14, maiores teores (81,9 e 90,5 kg ha⁻¹) do nutriente foram obtidos nas plantas inoculadas quando cultivadas nas áreas adubadas com 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Além disso, quanto a inoculação, em ambos os tratamentos seus resultados se adequaram matematicamente, com resposta quadrática para as plantas não inoculadas, e ajuste linear com resposta positiva ao incremento de fósforo para as inoculadas. Este comportamento é similar ao verificado para o acúmulo de Ca, pois o efeito da interação só foi possível com a aplicação de elevadas doses de P₂O₅. Da mesma forma, a aplicação de P para efeitos residuais não se mostrou viável quanto ao acúmulo de Mg nas plantas, haja vista a eficiência nutricional, bem como do custo-benefício deste manejo.

Tabela 17- Desdobramento da interação significativa entre inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual para o acúmulo dos macronutrientes Ca e Mg (2013/14) e N, P, Mg e S (2015/16) na palhada do milho. Selvíria-MS.

Inoculação	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ²
	0	30	60	120	240		
Ca (kg ha ⁻¹) - 2013/14							
Sem	15,5a	17,0a	15,0a	14,5a	12,5b	-	ns
Com	14,5a	15,0a	16,5a	17,0a	16,5a	y= 16,2875-0,1541x**	0,80
Mg (kg ha ⁻¹) - 2013/14							
Sem	77,9a	67,3a	64,2a	52,2b	64,0b	y= 0,00119x ² - 0,346x + 78,00**	0,97
Com	66,7a	52,7a	67,2a	81,9a	90,5a	y= 0,13x + 59,65**	0,76
N (kg ha ⁻¹) - 2015/16							
Sem	112,8b	126,8b	169,5a	169,5a	111,3a	y= -0,00439x ² +1,0559x+110,028**	0,92
Com	219,8a	212,7a	111,4b	185,1a	116,9a	-	ns
P (kg ha ⁻¹) - 2015/16							
Sem	7,9b	13,3a	22,7a	19,0a	10,1a	y=-0,00087x ² +0,21258x+8,827**	0,82
Com	19,8a	15,5a	7,4b	14,1a	7,0a	-	ns
Mg (kg ha ⁻¹) - 2015/16							
Sem	24,5b	27,1b	31,8a	35,6a	30,2a	-	ns
Com	46,6a	61,7a	26,9a	42,9a	27,2a	-	ns
S (kg ha ⁻¹) - 2015/16							
Sem	17,2b	16,4b	19,2a	20,1a	18,5a	-	ns
Com	28,3a	26,9a	14,9a	24,7a	17,2a	-	ns

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. **e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo. S: sem inoculação e C: com inoculação. Fonte: Elaborado pela própria autora.

Em 2015/16, houve comportamento distinto para o acúmulo de Mg em comparação ao primeiro ano agrícola (Tabela 17), com efeitos positivos à inoculação nas áreas cultivadas sem aplicação de P (controle) e com 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Em relação a inoculação, não houve ajuste matemático para ambos os tratamentos.

No desdobramento da interação para o acúmulo de N na palhada de milho em 2015/16 (Tabela 17), verificou-se resposta à inoculação somente para a dose residual de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, bem como para o controle (sem fornecimento de P). Logo, para as plantas não inoculadas com *A. brasilense* houve acúmulo de N em seus tecidos quando estas foram cultivadas em áreas que receberam adubação fosfatada na dose de 60 kg ha⁻¹. Ademais, os resultados obtidos para as plantas não inoculadas em função das doses de P exibiram valores com ajuste quadrático de resposta, com ponto de máxima calculado em 120,26 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

As plantas de milho que foram inoculadas e cultivadas nas áreas que não receberam aplicação residual de P_2O_5 apresentaram maiores acúmulos de P em sua palhada (Tabela 17) no ano agrícola de 2015/16. Entretanto, a aplicação de 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 favoreceu o acúmulo do nutriente na palhada das plantas não inoculadas via semente. Também se verificou que houve acúmulo de P nas plantas não inoculadas, se ajustando a um modelo quadrático de resposta, com máxima eficiência da aplicação de P_2O_5 calculado para a dose de $122,17 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 . A ausência de efeitos positivos à inoculação de *A. brasilense* em plantas cultivadas em áreas supridas com P pode ser devido ao efeito antagônico que a adubação fosfatada promove na interação entre bactéria e sistema radicular. Assim, as plantas cultivadas nos solos que receberam altas doses de P_2O_5 não favoreceu o processo de infecção por parte da bactéria, o que reduziu sua eficiência quanto ao acúmulo do nutriente nos tecidos vegetais do milho.

Em relação aos resultados observados para o S na palhada de milho (Tabela 17), verificou-se que houve comportamentos semelhantes aos constatados para o P, haja vista que resultados superiores foram obtidos nas plantas inoculadas quando cultivadas nas áreas sem fornecimento de P e com a dose mínima da fonte de P_2O_5 (30 kg ha^{-1}). Contudo, não foi possível constatar ajuste matemático para os valores obtidos, seja para as plantas inoculadas ou não.

Constatou-se incremento no acúmulo de N e K (Tabela 18), Ca e Mg (Tabela 19) nos tecidos vegetais da *Urochloa brizantha* cv. Marandu estabelecida no consórcio a partir das sementes de milho inoculadas com *A. brasilense* para o ano agrícola 2013/14. Entretanto, mesmo havendo aumento no acúmulo destes nutrientes nos tecidos do capim, este não foi suficiente para proporcionar incrementos na produção de matéria seca da forrageira. Contudo, vale ressaltar que mesmo não havendo diferenças significativas, as plantas do consórcio em que o milho foi inoculado exibiram, em média, 669 kg ha^{-1} a mais de matéria seca, valor esse que pode ser considerável economicamente ao produtor rural. Tal ganho pode ser maximizado se considerar que os animais terão 669 kg de forragem com 15% a mais de proteína para consumo.

Para o ano agrícola de 2015/16, verificou-se respostas significativas à inoculação com *A. brasilense* para o acúmulo de N (Tabela 18), Ca, Mg e S (Tabela 19) nos tecidos vegetais da *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Estes resultados se estenderam para a produção de massa seca (MS). Deste modo, constatou-se que os resultados não se confirmaram apenas para o N, o que demonstra a eficácia da inoculação quanto ao acúmulo de nutrientes na palhada de gramíneas.

Tabela 18- Produção de massa seca (PMS) e acúmulo dos macronutrientes (N, P e K) no 1º corte das plantas de *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* no milho do consórcio e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	PMS (kg ha ⁻¹)		N (kg ha ⁻¹)		P (kg ha ⁻¹)		K (kg ha ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação – I								
Sem	4.806a	2.892b	62,2b	61,0b	13,2a	8,0a	74,9b	75,0a
Com	5.475a	3.983a	77,8a	75,0a	14,2a	8,8a	91,3a	87,4a
Teste F (I)	3,78 ^{ns}	14,89 ^{**}	17,06 ^{**}	6,80 [*]	1,87 ^{ns}	1,87 ^{ns}	5,44 [*]	3,62 ^{ns}
DMS	695,5	580,13	7,77	11,00	1,52	1,36	14,47	13,29
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	5.654	3.320	78,2	67,9	15,5	8,6	93,1	81,1
30	5.432	3.407	73,8	62,8	13,8	7,8	86,1	74,5
60	4.497	3.620	65,2	76,3	12,4	8,9	75,0	90,6
120	5.056	3.517	63,5	64,3	13,5	8,5	81,0	78,4
240	5.038	3.323	69,3	68,6	13,4	8,6	80,3	81,3
Teste F (D)	1,36 ^{ns}	0,17 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,66 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F (I x D)	0,15 ^{ns}	1,39 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,65 ^{ns}
CV (%)	20,88	26,01	17,10	24,95	17,12	24,80	26,84	25,24

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Resultados semelhantes foram verificados por Reis (2007) que destacaram o uso da FBN realizado pelas bactérias diazotróficas como uma das alternativas na busca do melhor aproveitamento do N devido à redução de sua aplicação. Além disso, a utilização deste tipo de tecnologia vem mostrando resultados satisfatórios na melhoria do mecanismo de aumento na eficiência da adubação nitrogenada pela produção de fitormônios que incrementam o desenvolvimento do sistema radicular, promovendo melhor absorção de água e minerais.

No primeiro ano de cultivo (2013/14), houve maior produção de massa seca do capim quando comparado ao segundo ano (2015/16), porém sem respostas a inoculação (Tabela 18). Para o segundo ano, a aplicação de *A. brasilense* nas sementes do milho do consórcio incrementou a produção de MS do capim Marandu em consórcio.

Tabela 19- Acúmulo dos macronutrientes (Ca, Mg e S) no 1º corte das plantas de *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* no milho do consórcio e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	Ca (kg ha ⁻¹)		Mg (kg ha ⁻¹)		S (kg ha ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação – I						
Sem	19,1b	10,7b	15,9b	9,8b	15,6a	6,7b
Com	23,1a	12,9a	19,5a	12,8a	17,8a	8,9a
Teste F (I)	7,76**	6,21*	8,24**	14,13**	2,93 ^{ns}	14,99**
DMS	2,93	1,79	2,56	1,61	2,62	1,19
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)						
0	24,8 ⁽¹⁾	10,9	21,6 ⁽²⁾	11,1	17,6	7,3
30	25,1	12,2	19,1	11,9	16,6	7,7
60	18,0	11,7	14,8	11,7	15,6	8,2
120	18,6	11,4	16,6	10,2	15,9	8,1
240	18,7	12,7	16,6	11,7	17,8	7,9
Teste F (D)	5,00**	0,48 ^{ns}	3,63*	0,64 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,31 ^{ns}
Modelo de equação	Q	-	Q	-	-	-
R ²	0,75	-	0,73	-	-	-
Teste F (I x D)	1,79 ^{ns}	1,82 ^{ns}	1,73 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,62 ^{ns}
CV (%)	21,43	23,33	22,24	21,93	24,21	23,45

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾(y=25,466-0,09985x+0,0003x²), ⁽²⁾(y=20,968-0,0819x+0,00027x²).

Fonte: Elaborado pela própria autora.

As doses residuais de P₂O₅ não proporcionaram diferenças estatísticas sobre a *U. brizantha* nos anos de 2013/14 e 2015/16 (Tabelas 18 e 19), para a produção da massa seca e para o acúmulo de nutrientes nos tecidos da parte aérea, com exceção para o Ca e Mg no ano de 2013/14. Desta forma, pode-se verificar que em função das doses de P₂O₅ aplicados na cultura da aveia preta houve resposta quadrática para o acúmulo de Ca e Mg nos tecidos foliares da *U. brizantha*, com máxima eficiência técnica obtida nas doses calculadas de 166,41 e 151,66 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

Exceto para os teores de S, todos os macronutrientes avaliados exibiram valores que se enquadram dentro da faixa considerada como adequada para o bom desenvolvimento da cultura, segundo Werner; Monteiro; Carriel (1979). Para o S, os valores obtidos no presente estudo ficaram acima do limite superior da faixa considerada como suficiente para o

desenvolvimento da *U. brizantha*, fato justificável pelo histórico de SPD da área em que a decomposição de resíduos vegetais é considerada a fonte principal do nutriente.

Decorridos 60 dias de vedação do pasto (após a colheita do milho), foi realizada uma nova avaliação do estado nutricional na parte aérea da *U. brizantha* cv. Marandu, o qual constatou-se que a inoculação com *A. brasilense* aumentou os valores para acúmulos de N (Tabela 20), Mg e S (Tabela 21) no ano primeiro cultivo (2013/14) e de N, P, K (Tabela 20), Ca, Mg e S (Tabela 21) no segundo cultivo (2015/16).

Tabela 20- Produção de massa seca (PMS) e acúmulo dos macronutrientes (N, P e K) no 2º corte das plantas de *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* no milho do consórcio e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	PMS (kg ha ⁻¹)		N (kg ha ⁻¹)		P (kg ha ⁻¹)		K (kg ha ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação – I								
Sem	10.978a	5.906b	161,6b	108,5b	28,8a	14,9b	206,9a	129,5b
Com	12.625a	8.769a	198,5a	151,9a	24,8b	19,1a	206,4a	222,6a
Teste F (I)	3,15 ^{ns}	31,45 ^{**}	7,38 [*]	21,31 ^{**}	6,04 [*]	21,58 ^{**}	0,00 ^{ns}	66,84 ^{**}
DMS	1.903	1.047	27,88	19,27	3,27	1,86	28,97	23,36
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	11.585	7.041	166,5	130,7	25,8 ⁽¹⁾	17,0	209,2	152,5 ⁽²⁾
30	12.036	7.343	191,0	130,9	23,3	16,3	192,3	206,5
60	10.730	7.263	164,4	144,6	25,2	17,9	199,4	170,1
120	11.461	7.920	175,9	136,6	26,6	19,0	211,5	202,5
240	13.196	7.119	202,1	108,7	33,3	14,8	220,8	148,5
Teste F (D)	0,78 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,58 ^{ns}	4,58 ^{**}	2,46 ^{ns}	0,49 ^{ns}	4,59 ^{**}
Modelo de equação	-	-	-	-	L	-	-	Q
R ²	-	-	-	-	0,83	-	-	0,57
Teste F (I x D)	0,73 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,62 ^{ns}
CV (%)	24,85	22,00	23,87	22,81	18,76	16,83	21,61	20,45

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾(y=23,56+0,0364x), ⁽²⁾(y=162,345+0,6608x-0,00299x²).

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Assim como ocorreu no primeiro corte das plantas de *U. brizantha*, na segunda avaliação da forrageira não houve alterações em sua produção de massa seca (PMS) em

função da utilização do *A. brasilense* no primeiro ano de cultivo (Tabela 20). Contudo, este comportamento não se confirmou para o segundo ano (2015/16), sendo possível constatar efeitos significativos da aplicação da bactéria, o que proporcionou incremento na massa seca das plantas inoculadas. A ausência de efeitos significativos e positivos à inoculação em 2013/14 pode ser devido ao período compreendido entre a semeadura e o momento da avaliação. Por não haver adubação de base na semeadura da forrageira, é possível que o desenvolvimento inicial tenha sido mais lento, sendo potencializado gradativamente, o que proporcionou efeitos significativos somente a partir do segundo ano de cultivo.

Mesmo não havendo diferenças estatísticas no primeiro ano de cultivo (Tabela 20), a produção de palhada esteve dentro do recomendado por Bayer *et al.*, (2000), que sugere um adicional de 10.000 a 12.000 kg ha⁻¹ por ano de matéria seca para manutenção do SPD. Logo, em 2015/16 (Tabela 20), houve uma queda na produtividade de palhada, possivelmente pelas condições climáticas (Figura 1) que favoreceu a velocidade na decomposição dos resíduos vegetais, e a aplicação de P somente em 2013, elemento essencial para o desenvolvimento das raízes que pode auxiliar na maior absorção de água e nutrientes pelas plantas cultivadas em sucessão.

Observa-se que não foram verificados efeitos significativos das aplicações residuais de P sobre a PMS das plantas da *U. brizantha* cv. Marandu, tanto no cultivo de 2013/14 quanto em 2015/16 (Tabela 20). Estes resultados diferem dos relatados por Ieiri *et al.* (2010), com estudos sobre fontes, doses e modos de aplicação de P constaram que doses crescentes promoveram o incremento na produção da matéria seca da forrageira *U. decumbens* Stapf. No entanto, os resultados encontrados neste presente estudo, corroboram com as observações relatadas por Oliveira; Oliveira Filho; Pocoljeski (2017) que não verificaram efeitos positivos do incremento de P no acréscimo da produção de matéria seca *U. brizantha* cv. Marandu.

Na avaliação nutricional da parte aérea da *U. brizantha* cv. Marandu, 60 dias após a colheita do milho, constatou-se alterações significativas da inoculação da bactéria quanto ao acúmulo de N em ambos os anos agrícolas (Tabela 20). Os resultados confirmam a hipótese de que plantas inoculadas por *A. brasilense* tendem a apresentar melhor condição nutricional. A inoculação favoreceu o acúmulo de P nos tecidos das plantas do capim Marandu nos dois anos de cultivo (Tabela 20), o que difere dos resultados obtidos no primeiro corte (Tabela 18). Além disso, observou-se efeito da adubação residual de P₂O₅ somente em 2013/14 para o segundo corte do capim Marandu, com o P respondendo de forma linear positiva em função do residual crescente de P₂O₅ aplicado na semeadura da aveia preta. O fornecimento residual de P promoveu alterações para acúmulos de Ca em 2013/14 (Tabela 21) e de K em 2015/16

(Tabela 20), onde os valores se ajustaram a equações quadráticas com máxima resposta nas doses de 110,50 e 104,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

Tabela 21- Acúmulo dos macronutrientes (Ca, Mg e S) no 2º corte das plantas de *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* no milho do consórcio e adubação fosfatada residual, nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	Ca (kg ha ⁻¹)		Mg (kg ha ⁻¹)		S (kg ha ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação – I						
Sem	39,2a	25,1	38,2b	17,5	26,7b	8,7b
Com	43,8a	34,4	48,4a	34,2	32,5a	13,4a
Teste F (I)	2,89 ^{ns}	23,39 ^{**}	8,93 ^{**}	88,91 ^{**}	6,83 [*]	48,91 ^{**}
DMS	5,53	3,95	7,02	3,63	4,51	1,37
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)						
0	44,2 ⁽¹⁾	31,3	44,2	28,9	29,5	11,6
30	42,0	28,1	41,1	24,3	28,4	10,4
60	34,0	28,8	39,3	26,1	29,0	11,7
120	39,9	31,5	42,0	25,1	26,9	11,9
240	47,6	28,9	49,9	25,0	34,6	9,6
Teste F (D)	2,84 [*]	0,53 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,81 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,70 ^{ns}
Modelo de equação	Q	-	-	-	-	-
R ²	0,72	-	-	-	-	-
Teste F (I x D)	2,31 ^{ns}	2,79 [*]	0,35 ^{ns}	5,70 ^{**}	0,93 ^{ns}	1,32 ^{ns}
CV (%)	20,53	20,50	24,99	21,64	23,49	19,10

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ^{**} e ^{*}: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾(y=43,62-0,12338x+0,00058x²), ⁽²⁾(y=20,968-0,0819x+0,00027x²).

Fonte: Elaborado pela própria autora.

O P é considerado a “bateria” do sistema radicular das forrageiras, sendo o responsável pelo crescimento e pleno desenvolvimento das raízes, fazendo com que estas cresçam e se desenvolvam satisfatoriamente, além de ocupar um maior volume de solo. Portanto, a ausência de resultados positivos ao incremento de P₂O₅ no solo em função da adubação residual para a maioria dos nutrientes analisados, pode ser justificada pela ciclagem dos resíduos da aveia preta antecessora e pelo teor adequado de P no solo antes da instalação do consórcio na área (média de 16 mg dm⁻³).

Verificou-se também que a presença do *A. brasilense* nas parcelas onde o milho foi inoculado, incrementou no acúmulo de S na ordem de 32,5 e 13,4 kg ha⁻¹ em 2013/14 e 2015/16, respectivamente (Tabela 21). Este aumento do teor de S nas plantas inoculadas pode estar relacionado a menor presença de P nos tecidos foliares (Tabela 15). Ao considerar que os dois nutrientes são ânions, pode haver competição pelo mesmo sítio de troca na absorção. Nesse sentido, a redução do P na matéria seca das plantas inoculadas está relacionada com questões intrínsecas da relação simbiótica constituída entre a planta e o microrganismo, além da influência dos fatores abióticos sobre esta relação. Contudo, é possível inferir que em solos que apresentam níveis satisfatórios de fertilidade, sobretudo para o P, a ocorrência de efeitos positivos no acúmulo do nutriente devido a inoculação por *A. brasilense* pode ser reduzida nas plantas de *U. brizantha*.

No desdobramento da interação inoculação do milho e P residual, as plantas do segundo corte de capim Marandu inoculadas exibiram acúmulos de Ca superiores às plantas não inoculadas quando combinadas com 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e sem aplicação de P₂O₅ (controle), em 2015/16 (Tabela 22).

Entretanto, houve ajuste de regressão apenas para os resultados obtidos nas plantas não inoculadas, o que promoveu uma adequação dos valores numa equação quadrática com ponto de máximo calculado para 118,56 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 22).

A redução no acúmulo de Ca observado para a maior dose (240 kg ha⁻¹ de P₂O₅) pode estar relacionada ao fato de que elevadas adubações fosfatadas favorecem maior disponibilidade do P. No entanto, em situações de menor acidez dos solos, e altos teores de Ca, podem favorecer a ligação destes elementos enquanto íons livres, formando sais de baixa solubilidade, reduzindo assim, a disponibilidade de ambos os nutrientes às plantas, e, portanto, menores teores nos tecidos.

Para as plantas inoculadas não foi possível constatar tal comportamento, haja vista que os resultados obtidos não se ajustaram matematicamente nos modelos de regressão testados. Deste modo, os resultados obtidos para o acúmulo de Ca nas plantas não inoculadas, bem como para a ausência destes efeitos nas plantas inoculadas, podem estar mais relacionados com a dinâmica de interação destes nutrientes quanto a sua absorção e assimilação por parte das plantas do que propriamente com efeitos negativos do *A. brasilense* sobre o mesmo.

Tabela 22- Desdobramento da interação significativa entre inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual para o acúmulo dos macronutrientes (Ca e Mg) no 2º corte das plantas de *U. brizantha* cv. Marandu, no ano agrícola 2015/16. Selvíria-MS.

Inoculação	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ²
	0	30	60	120	240		
Ca (kg ha ⁻¹)							
Sem	21,0b	24,7a	27,3a	29,4a	23,1b	y= -0,00051x ² +0,12093x+21,113**	0,99
Com	41,7a	31,4a	30,3a	33,7a	34,8a	-	ns
Mg (kg ha ⁻¹)							
Sem	13,1b	15,9b	20,2b	22,1a	16,4b	y= -0,00053x ² +0,14216x+12,850*	0,98
Com	44,7a	32,8a	32,0a	28,2a	33,5a	y= 0,00079x ² -0,22407x+42,398**	0,87

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. **e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo. S: sem inoculação e C: com inoculação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Para o acúmulo de Mg nas plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu do ano de 2015/16 (Tabela 22), verificou-se respostas significativas para as doses de P residuais (exceto a dose de 120 kg ha⁻¹ P₂O₅) quando da utilização do *A. brasilense* no milho do consórcio. As plantas de capim Marandu advindas do consórcio com o milho independente da inoculação, exibiram resultados em resposta ao incremento de P₂O₅ que se adequaram num modelo quadrático, com seus pontos de máximo calculados de 141,81 e de 134,11 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Semelhante ao que se evidenciou para o Ca, a redução nos teores de Mg decorrentes do incremento de P por meio da adubação fosfatada na aveia preta, pode estar associado a grande capacidade de ligação destes nutrientes enquanto íons livres na solução do solo, devido ao aumento nos teores de um ou de ambos. Desta maneira, pode ter ocorrido a formação de fosfato de magnésio (MgPO₄), que é sal de baixa solubilidade, assim como o fosfato de cálcio, reduzindo significativamente a absorção dos nutrientes.

Em 2013/14, a inoculação das sementes de milho com *A. brasilense* alterou os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), bem como da digestibilidade da matéria seca (DMS) da *U. brizantha* cv. Marandu estabelecida no consórcio, aos 60 dias após colheita do milho (Tabelas 23 e 24). Para 2015/16, a inoculação com *A. brasilense* proporcionou resultados significativos e positivos para fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e lignina (LIG) (Tabelas 23 e 24).

A inoculação por *A. brasilense* elevou os teores de proteína bruta na matéria seca do capim no ano de 2013/14 (Tabela 23), o que proporcionou ganhos de 14,95% em relação as

plantas não inoculadas. Esses ganhos estão diretamente relacionados ao aumento constatado nos teores de alguns nutrientes na matéria seca das plantas, com destaque para o N (Tabela 20), que tem relação direta com o incremento dos teores de PB, pois, é sabido a importância deste elemento para a formação dos aminoácidos essenciais, responsáveis pela síntese das proteínas vegetais. Neste sentido, os resultados obtidos se assemelham aos relatados por Santos (2013), que estudando o teor de proteína bruta na parte aérea do capim Marandu observou que a inoculação com bactérias diazotróficas associativas na forrageira, influenciou de forma significativa o teor de proteína bruta ao longo dos cortes realizados em intervalos de trinta, sessenta e noventa dias.

Assim como ocorreu para a proteína bruta, a digestibilidade da matéria seca da *U. brizantha* do ano de 2013/14 (Tabela 24), foi influenciada pela presença da bactéria diazotrófica, com valores superiores obtidos para as plantas em que o milho do consórcio foi inoculado via sementes. Esse fato relaciona-se ao maior acúmulo de N no ano (2013/14) (Tabela 20), principalmente quando a disponibilidade é maior, uma vez que o N se apresenta como componente estrutural, ligado à fração fibrosa (parede celular) (BENETT *et al.*, 2008).

Os ganhos constatados para os componentes bromatológicos estão intimamente associados a redução das concentrações de fibras em detergente neutro e detergente ácido, além do teor de celulose verificados nos tecidos vegetais. Nesse sentido, os resultados obtidos permitem inferir que a inoculação do *A. brasilense* via sementes de milho promoveu decréscimos nos teores de fibras do capim Marandu em consórcio, com redução de 3,64%, 5,46% e 4,67% de FDN, FDA e celulose, respectivamente.

Os valores percentuais obtidos em função da inoculação, mesmo que sejam considerados pequenos para os compostos avaliados individualmente, representou um ganho final de aproximadamente 15% no teor de proteína bruta do capim. Assim, é possível inferir que a adoção da prática de inoculação do milho, por serem bactérias diazotróficas de vida livre, podem ter estabelecido simbiose com o capim Marandu, e esta quando destinada à alimentação animal proporciona incremento de proteína em sua dieta, além de melhorar a digestibilidade da forragem. Portanto, este manejo leva a obter ganhos na conversão alimentar, com material vegetal mais rico em proteínas e com menor teor de fibras.

É importante reportar que mesmo não havendo diferenças entre os tratamentos quanto aos teores de nutrientes digestíveis totais, os valores obtidos em ambos os casos podem ser considerados satisfatórios para a pastagem (Tabela 24), e apresentam-se acima dos considerados ideais segundo Van Soest (1994), que é de 55% na matéria seca (Tabela 24). Uma das hipóteses para esses valores é a altura de corte adotada (0,30 m), assim, as plantas

apresentaram elevada relação folha:colmo e baixa lignificação da parede celular, além disso, o fato do solo da área experimental apresentar boa fertilidade e um histórico de 10 anos em SPD (ano de 2013/14), possibilitou às plantas, mesmo não inoculadas, uma boa nutrição.

Tabela 23- Médias de teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e celulose (CEL) da *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, 60 dias após a colheita do milho em consórcio (2º corte), nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	PB (%)		FDN (%)		FDA (%)		CEL (%)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação – I								
Sem	9,0b	12,6	62,0a	60,6	39,7a	30,5	32,9a	26,7
Com	10,4a	10,6	59,8b	62,2	37,5b	31,9	31,4b	28,1
Teste F (I)	5,11*	232,38**	5,22*	25,23**	4,72*	34,51**	4,34*	55,05**
DMS	1,20	0,26	2,03	0,66	2,05	0,49	1,51	0,37
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	9,1	11,1 ⁽¹⁾	61,4	59,6 ⁽²⁾	39,6	30,3 ⁽³⁾	32,8	26,8 ⁽⁴⁾
30	10,1	11,1	59,7	61,4	37,7	31,3	31,7	27,8
60	9,4	12,0	61,0	61,9	38,3	31,2	31,7	27,4
120	9,8	12,6	61,6	63,4	39,5	32,9	32,9	28,4
240	10,0	10,9	60,7	60,4	38,0	30,2	31,8	26,6
Teste F (D)	0,44 ^{ns}	26,13**	0,44 ^{ns}	16,39**	0,62 ^{ns}	16,20**	0,51 ^{ns}	13,66**
Modelo de equação	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q
R ²	-	0,85	-	0,98	-	0,86	-	0,80
Teste F (I x D)	0,75 ^{ns}	8,50**	1,03 ^{ns}	17,08**	0,33 ^{ns}	12,80**	0,65 ^{ns}	15,99**
CV (%)	19,02	3,51	5,14	1,65	8,16	2,43	7,25	2,09

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾(y=10,854+0,02559x-0,00011x²), ⁽²⁾(y=59,638+0,05693x-0,00022x²), ⁽³⁾(y=30,150+0,03792-0,00016x²), ⁽⁴⁾(y=26,8194+0,02372-0,00010x²).

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Entre os anos de cultivo constatou-se comportamentos diferentes nos resultados para a adubação fosfatada e efeito da interação entre inoculação por *A. brasilense* do milho e doses de P₂O₅. Observou-se que no primeiro ano (2013/14), independente da dose de P₂O₅, que não houve efeito sobre nenhum dos componentes bromatológicos avaliados. Enquanto que para o segundo ano (2015/16), os resultados demonstraram alterações significativas para PB, FDN, FDA, CEL, HEM, NDT e DMS (Tabelas 23 e 24). Além do mais, todos os componentes

bromatológicos foram alterados de forma significativa em função da interação entre inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual (Tabela 25).

Tabela 24- Médias de teores de hemicelulose (HEM), lignina (LIG), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade da matéria seca (DMS) da *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual, 60 dias após a colheita do milho em consórcio (2º corte), nos anos agrícolas 2013/14 e 2015/16. Selvíria-MS.

Tratamentos	HEM (%)		LIG (%)		NDT (%)		DMS (%)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Inoculação – I								
Sem	22,3a	30,2	5,0a	1,2	83,7a	83,7	88,7b	88,8
Com	22,2a	30,4	4,7a	1,5	83,7a	83,7	77,8a	88,7
Teste F (I)	0,10 ^{ns}	0,71 ^{ns}	2,39 ^{ns}	4,21 ^{**}	2,53 ^{ns}	1,86 ^{ns}	5,74 [*]	10,55 ^{**}
DMS	0,81	0,30	0,58	0,21	0,05	0,003	0,01	0,003
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	21,8	29,8 ⁽¹⁾	5,3	1,3	83,7	83,7 ⁽²⁾	88,7	88,8 ⁽³⁾
30	22,0	30,2	4,5	1,3	83,7	83,7	88,8	88,7
60	22,8	30,6	4,9	1,6	83,7	83,7	88,8	88,8
120	22,0	30,6	5,2	1,4	83,7	83,7	88,8	88,7
240	22,7	30,4	4,5	1,3	83,7	83,7	88,8	88,8
Teste F (D)	1,01 ^{ns}	4,20 ^{**}	1,35 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,10 ^{ns}	6,69 ^{**}	0,62 ^{ns}	8,28 ^{**}
Modelo de equação	-	Q	-	-	-	Q	-	Q
R ²	-	0,90	-	-	-	0,98	-	0,83
Teste F (I x D)	1,29 ^{ns}	17,29 ^{**}	0,21 ^{ns}	20,26 ^{**}	1,60 ^{ns}	4,48 ^{**}	0,53 ^{ns}	8,70 ^{**}
CV (%)	5,58	1,54	18,50	24,01	1,00	0,01	1,25	0,01

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾(y=29,827+0,011982x-0,00004x²), ⁽²⁾(y=83,663-0,00015x+0,000001x²), ⁽³⁾(y=88,7798-0,00015x+0,000001x²).

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Ao analisar o desdobramento da interação inoculação e adubação fosfatada residual para os teores de PB na matéria seca da *U. brizantha* cv. Marandu (Tabela 25), verificou-se que as plantas não inoculadas exibiram valores superiores às plantas inoculadas, independentemente do fornecimento de P, inclusive nas áreas controle (sem aplicação de P). Os resultados encontrados para as plantas não inoculadas se ajustaram à modelo matemático de resposta

quadrático, com ponto de máxima eficiência técnica calculado para a dose de 114,64 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Mesmo para as plantas inoculadas, os valores médios obtidos para PB ficaram acima de 9,5% da matéria seca, valor este que é considerado adequado para atender as exigências proteicas dos animais, sobretudo dos ruminantes. Tais resultados corroboram com as constatações realizadas por Benett *et al.* (2008), que em seu estudo com capim Marandu e fontes e doses de nitrogênio, obtiveram resultados de PB com teores acima de 9%. Segundo Van Soest (1994), a redução na digestão ocorre com teores de PB inferiores a 7%, devido a inadequados níveis de nitrogênio para os microrganismos do rúmen, o que reduz sua população e, conseqüentemente, ocorre a redução da digestibilidade e da ingestão da massa seca da forrageira.

Para FDN os maiores valores (63,81 e 63,64%) foram verificados nas plantas inoculadas e cultivadas nas áreas que receberam aplicação de 30 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Tabela 25). Mesmo constatando valores superiores para as áreas mencionadas anteriormente, as plantas inoculadas, no geral, exibiram resultados que não se ajustaram a nenhum modelo matemático de resposta ao P residual (Tabela 25). Além disso, as áreas com tratamento controle exibiram resultados semelhantes entre os tratamentos com ou sem inoculação, o que corrobora a ausência de influência do *A. brasilense* quando combinado com adubações residuais de P para o FDN. Portanto, tais resultados estão mais condicionados a outros fatores externos do que propriamente com os tratamentos adotados no presente estudo.

Para as plantas de capim Marandu não inoculadas, os resultados se adequaram ao modelo quadrático, cujo ponto de máxima eficiência foi calculado para a dose de 118,13 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 25). Segundo Van Soest (1994), elevados teores de FDN podem acarretar problemas aos ruminantes, pois estes estão intimamente ligados a aceitação dos volumosos pelo animal, sendo que teores superiores a 55-60% na matéria seca, podem inibir o consumo de forragens, tornando-as inclusive, menos digestíveis.

O desdobramento para o componente FDA na matéria seca do capim Marandu, demonstrou valores percentuais superiores (32,43 e 32,28%) aos obtidos pelas plantas inoculadas cultivadas em áreas, cujo solo recebeu aplicação de 30 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Tabela 25).

Tabela 25- Desdobramento da interação inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual para proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade da matéria seca (DMS) da *U. brizantha* cv. Marandu aos 60 dias após a colheita do milho em consórcio (2º corte) no ano agrícola 2015/16. Selvíria-MS.

Inoculação	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ²
	0	30	60	120	240		
PB (%)							
Sem	12,5a	11,5a	12,7a	13,6a	12,2a	-	ns
Com	9,8b	10,6b	11,4b	11,5b	9,5b	y= -0,00014x ² + 0,0321x + 9,803x**	0,99
FDN (%)							
Sem	59,5a	58,9b	62,9a	63,2a	58,2b	y= 0,00032x ² - 0,0756x + 58,662**	0,79
Com	59,8a	63,8a	60,9b	63,7a	63,6a	-	ns
FDA (%)							
Sem	29,8a	30,1b	31,6a	32,8a	28,1b	y= -0,00025x ² + 0,0563x + 29,290**	0,93
Com	30,8a	32,4a	30,9a	32,9a	32,3a	-	ns
CEL (%)							
Sem	26,4a	26,6b	27,6a	28,3a	24,8b	y= -0,00018x ² +0,0371x+26,060**	0,94
Com	27,2a	29,0a	27,1a	28,6a	28,4a	-	ns
HEM (%)							
Sem	30,2a	29,0b	31,1a	30,4a	30,5a	-	ns
Com	29,3b	31,4a	30,0b	30,7a	30,4a	-	ns
LIG (%)							
Sem	0,9b	1,3a	1,7a	1,9a	0,5b	y= -0,00008x ² +0,0187x+0,856**	1,0
Com	1,7a	1,2a	1,5a	0,8b	2,1a	y= 0,00006x ² -0,0132x+1,714**	0,80
NDT (%)							
Sem	83,7a	83,8a	83,6a	83,7a	83,6b	y= 0,000001x ² -0,00024x+83,666**	0,96
Com	83,7a	83,7b	83,6a	83,7a	83,7a	-	ns
DMS (%)							
Sem	88,8a	88,8a	88,7b	88,8a	88,8a	y= 0,000001x ² -0,00025x+88,783**	0,99
Com	88,8a	88,7b	88,8a	88,8a	88,7b	-	ns

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. **e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo. S: sem inoculação e C: com inoculação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Contudo, os resultados observados não se ajustaram matematicamente aos modelos testados de regressão. Assim como para os valores de FDN, os resultados para FDA não permitem concluir que estes foram devido a presença do *A. brasilense*, haja vista que nas áreas tratadas com doses superiores a 30 e inferiores a 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, os resultados foram estatisticamente iguais.

Também como ocorreu no FDN, as plantas não inoculadas apresentaram resultados para FDA que se ajustaram em um modelo matemático com resposta máxima calculada para a dose de 112,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 25). Oliveira; Oliveira Filho; Pocojeski (2017), trabalhando com *U. brizantha* cv. BRS Marandu em função de fontes e doses de P, encontraram 36,81% de FDA na matéria seca da forrageira avaliada, valor este maior do que os valores médios constatados no presente estudo (Tabela 25). Modesto (2017), em seu estudo com capim Marandu após aplicação foliar com *A. brasilense* ou adubação nitrogenada em área irrigada, obteve valores entre 31 e 33% de FDA, valores que se assemelham aos observados neste estudo.

Van Soest (1994) cita que teores de FDA próximos a 35% ou mais, interferem na digestibilidade e no consumo da forragem, pois altos teores de FDA indicam maior proporção dos componentes fibrosos que possuem mais resistência à digestão, podendo-se citar as pentosanas resistentes, lignina e cutina. Além disso, alguns fatores podem estar relacionados ao valor de FDA, como o estresse da planta em função da precipitação e da umidade do solo, e a idade da forragem (FREITAS *et al.*, 2007). Portanto, valores elevados podem influenciar negativamente o desenvolvimento das plantas forrageiras, sobretudo do capim Marandu.

A interação entre inoculação e adubação fosfatada residual influenciou nos teores de celulose (CEL) (Tabela 25) da *U. brizantha* cv. Marandu, com destaque para as plantas inoculadas cultivadas nas áreas com doses residuais de 30 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Porém, os resultados obtidos para as plantas inoculadas não se adequaram a nenhum modelo matemático de resposta. Para os teores de celulose obtidos nas plantas não inoculadas houve comportamento quadrático em função das doses residuais de P₂O₅, cuja dose de máxima eficiência foi calculada à 103,06 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Cabe ressaltar que nas áreas controle (sem aplicação de P) independente da inoculação, os resultados obtidos não diferiram estatisticamente, fato que permite afirmar que a presença da bactéria não é fator determinante para aumentar e/ou reduzir os teores de celulose do capim Marandu.

A presença do *A. brasilense* influenciou de forma positiva os valores de hemicelulose (HEM) (Tabela 25), quando as plantas foram cultivadas nas áreas submetidas a dose residual de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Os resultados tanto das plantas inoculadas quanto das não inoculadas não se ajustaram a nenhum modelo matemático de resposta.

No desdobramento da interação entre inoculação e doses residuais de P para teores de lignina (LIG) na matéria seca das plantas (Tabela 25) de *U. brizantha* cv. Marandu, observou-se efeitos significativos da inoculação com *A. brasilense*, com destaques para as combinações inoculação mais doses 0 (controle) e 240 kg ha⁻¹. Tanto os resultados obtidos nas plantas

inoculadas quanto das plantas não inoculadas associados a adubação residual de P se ajustaram matematicamente de forma quadrática, com ponto de máxima calculado em 110 e 117 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Tabela 25).

De acordo com Van Soest (1994), os fatores climáticos como precipitação, temperatura, luminosidade e fotoperíodo estão ligados a composição química e bromatológica das forrageiras. No período outono/inverno, ocorre redução da atividade metabólica, o que aumenta a produção de fotoassimilados e os componentes da parede celular. Assim, reduz os tecidos estruturais como lignina, celulose e hemicelulose, e eleva os teores de proteína bruta, fato este que pode ser constatado neste estudo.

Para os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), verificou-se maiores valores para as combinações de plantas não inoculadas e dose residual de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (83,68%), e plantas inoculadas com dose residual de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (83,68%) (Tabela 25). Além disso, os teores de NDT das plantas de *U. brizantha* cv. Marandu não inoculadas apresentaram comportamento com ajuste quadrático de resposta, cujo ponto de máxima eficiência técnica foi calculado para a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Ao analisar os valores de DMS, observou-se respostas positivas para as plantas cultivadas nas áreas submetidas as doses residuais de 30 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ sem inoculação, e para a dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com inoculação. Contudo, foi possível constatar um ajuste matemático com ponto de máxima calculado para 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para os resultados obtidos nas plantas sem inoculação.

4.3 Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada do consórcio milho/capim Marandu

Analisando as Tabelas 26 e 28, constata-se efeito da inoculação por *A. brasilense* no milho do consórcio antecessor para os teores de Ca e Mg (12,5 e 5,1 g kg⁻¹, respectivamente), nos tecidos foliares do feijoeiro no primeiro ano de cultivo (2014). Enquanto que no segundo ano (2016) (Tabelas 26 e 28), a inoculação trouxe resultados positivos para o índice de clorofila foliar (ICF) e para os teores de N, K, Ca. Houve respostas significativas para os demais nutrientes, porém para as plantas das áreas não inoculadas. Gitti *et al.* (2012), estudando diferentes cultivares de feijões sob inoculação com *A. brasilense*, observaram que a inoculação não trouxe respostas significativas para os teores de nitrogênio foliar, componentes de produção, massa de 100 grãos e produtividade de grãos.

De acordo com Cantarella; Raij; Camargo (1997), a faixa adequada vai de 10 a 25 g kg⁻¹ e 2,5 a 5,0 g kg⁻¹ para Ca e Mg, respectivamente. Diante destes resultados é possível constatar que o manejo da cultura do feijoeiro de inverno em sucessão ao consórcio milho/capim Marandu com a inoculação do milho por *A. brasilense*, acúmulos e ciclagem destes nutrientes provenientes da palhada das forrageiras, contribuíram para que os mesmos estivessem dentro da faixa considerada adequada para a cultura (ANDREOTTI *et al.*, 2015). Estas respostas também podem estar relacionadas aos adequados teores destes nutrientes disponíveis na camada cultivável de 0-0,20 m de solo, favorecendo maior absorção e redistribuição do nutriente na planta pela presença da bactéria.

Deve-se considerar também que para se obter resultados positivos com a inoculação, é fundamental fazer uso de bactérias específicas eficientes. Além disso, deve-se realizar, anualmente, a prática da reinoculação, visando com que a bactéria consiga elevar sua população e colonizar o ambiente, evitando-se assim, a simbiose com espécies pouco eficientes (HUNGRIA *et al.*, 2010). Também, a qualidade da inoculação pode ser afetada pelo tratamento das sementes do feijoeiro com fungicidas, inseticidas e o inoculante conjuntamente. Neste sentido, Araujo *et al.* (2007) constataram que o tratamento das sementes do feijoeiro reduziu a eficiência da inoculação destas plantas.

De acordo com Sala; Silveira; Cardoso (2007), existem diversos relatos de respostas positivas, e também de ausência de respostas ou mesmo de efeitos negativos à inoculação de bactérias endofíticas em sementes, e que esses resultados são dependentes da espécie vegetal, do genótipo, além das condições nutricionais e fatores abióticos do ambiente.

No cultivo do ano de 2014, verificou-se que a inoculação não resultou em efeitos positivos para o ICF, enquanto que no segundo cultivo os resultados foram significativos (Tabela 26). Este comportamento pode ser atribuído a ação expressiva do *A. brasilense* sobre os parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo teor de clorofila (HUNGRIA, 2011).

Com relação aos teores de P foliar do feijoeiro dos anos 2014 e 2016 (Tabela 26), verificou-se efeito negativo da utilização do *A. brasilense* no milho do consórcio antecessor, com maiores valores (5,2 g kg⁻¹) obtidos nas plantas de feijoeiro das áreas sem inoculação. Para o segundo ano, os resultados não significativos e menores que em 2014 podem ser considerados esperados, pois as áreas de cultivo estavam sob adubação fosfatada residual aplicada na cultura da aveia preta no ano de 2013. Contudo, independente da inoculação ou não pela bactéria diazotrófica, os valores médios constatados para o P nas plantas de feijoeiro ficaram acima dos níveis considerados como adequados para a cultura (Malavolta; Vitti;

Oliveira, 1997), que consideram uma faixa de 2 a 3 g kg⁻¹ de P como sendo adequado para o pleno desenvolvimento da cultura.

Tabela 26- Médias do índice de clorofila foliar (ICF) e teores de macronutrientes foliares (N, P e K) do feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* no milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e adubação fosfatada residual, 2014 e 2016. Selvíria-MS.

Tratamentos	ICF		N (g kg ⁻¹)		P (g kg ⁻¹)		K (g kg ⁻¹)	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Inoculação – I								
Sem	40,95a	40,33b	49,6a	40,7	5,2a	2,9	25,8a	17,8
Com	43,15a	42,50a	51,5a	42,8	4,9b	2,9	26,4a	19,2
Teste F (I)	0,58 ^{ns}	7,55 [*]	1,47 ^{ns}	19,94 ^{**}	4,29 [*]	0,77 ^{ns}	0,48 ^{ns}	15,09 ^{**}
DMS	5,95	1,63	3,33	0,99	0,23	0,10	1,76	0,74
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	42,49	41,70	48,0	43,0 ⁽¹⁾	5,1	3,0	24,8	20,1
30	37,49	40,43	48,1	40,4	5,0	2,7	27,3	19,4
60	46,99	40,69	52,9	42,5	5,0	3,1	25,5	17,0
120	38,63	42,26	50,7	39,6	5,3	2,9	26,5	19,2
240	44,66	42,00	53,1	43,3	5,0	2,9	26,5	17,0
Teste F (D)	1,52 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,84 ^{ns}	9,42 ^{**}	0,67 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,02 ^{ns}	2,24 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	Q	-	-	-	-
R ²	-	-	-	0,56	-	-	-	-
Teste F (I x D)	1,38 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,66 ^{ns}	11,98 ^{**}	2,02 ^{ns}	3,65 [*]	0,38 ^{ns}	20,69 ^{**}
CV (%)	6,46	6,06	10,15	3,64	7,08	4,92	10,49	6,15

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ^{**} e ^{*}: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾(y=42,798-0,04371x+0,00019x²). Fonte: Elaborado pela própria autora.

A ausência de resultados significativos para os teores de macronutrientes foliares e no índice de clorofila foliar (ICF) do feijoeiro de inverno cultivado no ano de 2014 e 2016 (Tabelas 26 e 28), com exceção ao N, P e K das plantas cultivadas em 2016 (Tabela 26), para a adubação fosfatada residual assim como para a combinação dos tratamentos, pode estar relacionada ao fato deste nutriente apresentar baixa mobilidade no solo e ter sido aplicado a lanço antes da semeadura da aveia preta (2013). Nestas circunstâncias, alguns fatores podem influenciar na absorção dos nutrientes pelas plantas, como o sistema radicular do feijoeiro que é pouco desenvolvido e explora um pequeno volume de solo (MIRANDA *et al.*, 2000), e em

SPD com os maiores acúmulos de P nas camadas superficiais do solo (CIOTTA *et al.*, 2002), refletindo em menor aproveitamento do P da camada arável.

Em estudo sobre a dinâmica do fósforo no solo, Pavinato; Merlin; Rosolem (2009), verificaram que o aumento dos teores de fósforo das frações lábeis, moderadamente lábeis e até pouco lábeis, ocorreu apenas em condições de uso de altas doses de fertilizantes fosfatados. Enquanto que Silva *et al.* (2018), obtiveram resultados significativos em relação ao teor de fósforo nas folhas de feijoeiro, com valores de até 2,40 g kg⁻¹ nas subparcelas que continha palhada de capim Marandu, quando comparada às subparcelas sem capim. Os autores consideram que os resultados foram respostas da maior disponibilidade de P-lábil e de P-solução devido a mineralização da palhada.

Com exceção do controle e da dose de 30 kg ha⁻¹ P₂O₅, todas as demais doses de P residual foram responsivas a inoculação com *A. brasilense* (Tabela 27) acumulando maiores teores de N foliar no feijoeiro. Entretanto, quando se avaliou doses residuais de P₂O₅ dentro de inoculação, pode-se notar que houve ajuste de regressão somente para as plantas não inoculadas com os dados se comportando de forma quadrática com ponto de máximo calculado para 133,78 kg ha⁻¹ P₂O₅.

Tabela 27- Desdobramento da interação inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual para os teores de macronutrientes foliares (N, P e K) do feijoeiro de inverno em 2016. Selvíria-MS.

Inoculação	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ²
	0	30	60	120	240		
N (g kg ⁻¹)							
Sem	44,9a	40,1a	40,2b	36,9b	41,4b	y= 0,00041x ² -0,1097x+44,330**	0,91
Com	41,2b	40,7a	44,8a	42,3a	45,1a	-	ns
P (g kg ⁻¹)							
Sem	3,1a	2,6b	3,2a	3,0a	2,9a	-	ns
Com	3,0a	2,9a	3,0b	2,9a	2,9a	-	ns
K (g kg ⁻¹)							
Sem	21,6a	16,4b	15,0b	19,7a	16,4a	-	ns
Com	18,6b	22,5a	18,9a	18,6b	17,5a	-	ns

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. **e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo. S: sem inoculação e C: com inoculação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Tabela 28- Média dos teores de macronutrientes foliares (Ca, Mg e S) do feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* no milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e adubação fosfatada residual, 2014 e 2016. Selvíria-MS.

Tratamentos	Ca (g kg ⁻¹)		Mg (g kg ⁻¹)		S (g kg ⁻¹)	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Inoculação – I						
Sem	11,0b	12,5b	4,9b	4,6a	2,6a	2,4a
Com	12,5a	13,2a	5,1a	3,2b	2,5a	2,3b
Teste F (I)	9,84**	4,99*	5,51*	109,28**	0,21 ^{ns}	16,75**
DMS	0,98	0,67	0,14	0,28	0,20	0,08
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)						
0	11,8	12,5	5,1	4,0	2,7	2,3
30	11,4	13,0	4,9	3,3	2,4	2,4
60	12,3	12,8	5,1	4,2	2,7	2,4
120	11,6	13,5	4,9	4,3	2,5	2,3
240	12,0	12,3	5,0	3,6	2,5	2,4
Teste F (D)	0,38 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,64 ^{ns}	2,04 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,89 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	-	-	-
R ²	-	-	-	-	-	-
Teste F (I x D)	0,38 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,10 ^{ns}
CV (%)	12,83	8,00	4,32	11,17	12,26	5,40

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Ao analisar os teores de P nos tecidos foliares do feijoeiro de inverno no ano de 2016 (Tabela 27), nota-se que na dose de 30 kg ha⁻¹ P₂O₅ e na presença do *A. brasilense* pode-se constatar incrementos significativos para os teores de P foliar. Enquanto que, ao avaliar as doses residuais de P₂O₅ em função da inoculação ou não, observa-se que para ambos os tratamentos (com ou sem inoculação) não houve ajuste de regressão. Segundo Miranda *et al.* (2000), a disponibilidade de P pode ser dependente tanto do histórico de uso quanto do manejo do solo, e isto irá refletir na eficiência de absorção dos nutrientes do solo e nos teores de nutrientes foliares das culturas cultivadas no sistema de produção.

Quanto aos teores de K (Tabela 27), nota-se que houve uma variação nos incrementos dos nutrientes, pois desde as plantas que não receberam doses de P (controle) até a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com e sem inoculação, responderam de forma significativa. Porém,

quando se analisa doses residuais de P_2O_5 em função da inoculação ou não, os dados não se ajustaram aos modelos de regressão analisados.

Estes resultados podem estar associados ao histórico da área de estudo com mais de 10 anos em SPD, com a fertilidade do solo acima do nível considerado crítico para as culturas, como pode ser visto na análise de solo inicial, com matéria orgânica de 19 g dm^{-3} e 22 g dm^{-3} e para P (resina) de 17 mg dm^{-3} e 15 mg dm^{-3} nos anos de 2014 e 2016, respectivamente. Observa-se que houve manutenção da fertilidade do solo, e que nessas condições, a inoculação não respondeu significativamente, pois a fertilidade por si só já traz respostas positivas as plantas cultivadas.

Semelhante ao presente trabalho, Schossler *et al.* (2016) avaliando a inoculação e co-inoculação em sementes de feijão com estirpes de *Rhizobium tropici* e *A. brasilense*, entretanto, com a fertilidade do solo inferior, à constatada no presente estudo, verificaram que a inoculação com *R. tropici* e *A. brasilense* e a associação de ambas proporcionaram maior altura de plantas e número de vagens por planta, ou seja, em solos com menores índices de fertilidade, o *A. brasilense* proporcionou resposta positiva à cultura.

De acordo com os dados apresentados nas Tabelas 29 e 30, referentes aos anos de 2014 e 2016, houve diferença significativa para número de plantas, número de grãos por vagem e produtividade de feijoeiro, de modo que os tratamentos com inoculação utilizando *A. brasilense* diferiram significativamente das plantas não inoculadas, com exceção da produtividade de grãos, onde os maiores valores foram alcançados nas plantas das áreas que não foram inoculadas. Ausência de repostas sobre a produtividade do feijoeiro, também foram encontrados por Peres *et al.* (2016), avaliando a co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense*.

O número médio de plantas alcançado, independente dos tratamentos está acima do padrão desejado que é de $200.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ para cultivares de crescimento indeterminado (SILVA *et al.*, 2017). Ao observar o comportamento do número de plantas dos dois anos de cultivo, pode-se constatar que houve respostas significativas para o ano de 2016 e às plantas inoculadas (Tabela 29). Provavelmente, tal fato pode estar relacionado a menor quantidade de palha do consórcio milho capim Marandu (Tabela 20) para as plantas das áreas inoculadas, uma vez que a grande quantidade de palhada interfere no processo de semeadura, dificultando que as sementes tenham contato ideal com o solo para germinação (SILVA *et al.*, 2017).

Quanto ao número de grãos por vagem (Tabela 29), no ano de 2016, houve diferença significativa entre os tratamentos, com maiores respostas para as plantas das áreas inoculadas. Estes resultados contrariam os avaliados por Schossler *et al.* (2016), em seu trabalho de

inoculação e co-inoculação com estirpes de *R. tropici* e *A. brasilense* sob feijoeiro, onde não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 29- Médias do número de plantas (NP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV) do feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* no milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e adubação fosfatada residual, 2014 e 2016. Selvíria-MS.

Tratamentos	NP (n°)		NVP (n°)		NGP (n°)		NGV (n°)	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Inoculação – I								
Sem	210.556a	139.218b	17,2a	12,9a	89,5a	48,2a	5,2a	3,7b
Com	215.833a	152.750a	15,9a	12,6a	84,4a	51,3a	5,3a	4,0a
Teste F (I)	0,37 ^{ns}	6,57 [*]	3,98 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,63 ^{ns}	4,97 [*]
DMS	17.041	10.832	1,40	1,77	7,90	8,52	0,21	0,23
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	212.500	146.875	15,8	12,8	79,5 ⁽¹⁾	49,2	5,0 ⁽²⁾	3,7
30	202.778	148.125	16,1	12,7	84,8	49,7	5,3	4,0
60	205.556	147.187	15,9	12,6	84,6	48,1	5,3	3,8
120	220.833	143.125	18,3	12,8	99,5	49,8	5,6	4,0
240	224.306	144.609	16,7	12,8	86,5	51,8	5,2	3,9
Teste F (D)	0,93 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,10 ^{ns}	3,03 [*]	0,10 ^{ns}	3,54 [*]	1,22 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	-	Q	-	Q	-
R ²	-	-	-	-	0,78	-	0,93	-
Teste F (I x D)	0,22 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,55 ^{ns}	3,71 ^{ns}	1,89 ^{ns}	2,74 ^{ns}	1,61 ^{ns}
CV (%)	12,85	11,44	13,06	21,39	14,00	26,40	6,07	8,93

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾(y=77,604+0,2600x-0,00092x²), ⁽²⁾(y=5,002+0,0083x-0,00003x²).

Fonte: Elaborado pela própria autora.

A ausência de resultados para alguns componentes da produção pode ter ocorrido em função da não especificidade destas bactérias diazotróficas do solo para o feijoeiro, o que pode ter reduzido a taxa de infecção das suas raízes por bactérias do gênero *Rhizobium*. Associa-se também ao fato do solo da área experimental apresentar bons níveis de fertilidade e a adubação nitrogenada adequada, fatos estes que podem ter contribuído para redução na multiplicação do *A. brasilense* e, desta maneira, determinado a ausência de respostas nas características agrônomicas e componentes de produção do feijoeiro de inverno. De acordo

com França *et al.* (2008), o teor de nitrogênio tem correlação positiva com as taxas de fotossíntese, pois quanto maior forem estas taxas, mais elevados serão o desenvolvimento das plantas e desta forma a inoculação com bactérias diazotróficas passam a não ser significativas.

Tabela 30- Médias da altura da inserção da primeira vagem (AIPV), comprimento de planta (CP), massa de 100 grãos (M100) e produtividade (PG) do feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* no milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e adubação fosfatada residual, 2014 e 2016. Selvíria-MS.

Tratamentos	AIPV (cm)		CP (cm)		M100 (g)		PROD (kg ha ⁻¹)	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Inoculação – I								
Sem	19,76a	16,38a	69,21a	60,19a	24,52a	27,11a	3.592	2.827a
Com	20,10a	15,52a	69,74a	62,51a	25,16a	27,42a	3.281	2.806a
Teste F (I)	0,11 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,53 ^{ns}	0,71 ^{ns}	16,97 ^{**}	0,20 ^{ns}
DMS	1,23	1,51	3,57	4,64	1,10	0,76	154,58	335,00
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)								
0	19,90	14,16	68,10	61,25	24,75	27,47	3.188 ⁽¹⁾	2.795
30	19,08	15,65	68,68	60,35	25,03	27,28	3.296	2.640
60	20,08	16,63	68,01	60,13	25,30	26,82	3.473	2.752
120	20,25	16,98	72,63	63,26	24,76	27,52	3.553	2.952
240	20,50	16,33	69,95	61,76	24,36	27,26	3.671	2.944
Teste F (D)	0,65 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,46 ^{ns}	5,35 ^{**}	0,53 ^{ns}
Modelo de equação	-	-	-	-	-	-	L	-
R ²	-	-	-	-	-	-	0,85	-
Teste F (I x D)	0,66 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,46 ^{ns}	10,35 ^{**}	0,38 ^{ns}
CV (%)	9,50	14,61	7,92	11,66	6,53	4,27	10,89	18,33

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e * : significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾(y=2015+1,901x).

Fonte: Elaborado pela própria autora.

As doses de P₂O₅ remanescentes alteraram o número de grãos por planta e de grãos por vagem, enquanto que a interação doses de P₂O₅ remanescentes com os tratamentos de inoculação ou não por *A. brasilense* do milho do consórcio antecessor tiveram efeito significativo sobre a produtividade do feijoeiro de inverno cultivado no ano de 2014 (Tabela 30).

Para os demais atributos, não foram constatadas respostas significativas ao fornecimento de P₂O₅ residual, apesar da adequada fertilidade em que se encontrava o solo

(Tabela 29). Tal fato, deve-se à baixa mobilidade do elemento estudado (P) que dificulta sua absorção pelas raízes e do histórico de fertilidade da área de cultivo em plantio direto na palha (DALCHIAVON *et al.*, 2011).

Os resultados obtidos para o número de grãos por planta e de grãos por vagem decorrentes da aplicação de doses de P_2O_5 se ajustaram à modelo quadrático (Tabela 29), com ponto de máximo calculado para a dose de 144 kg ha^{-1} e 136 kg ha^{-1} de P_2O_5 , respectivamente. Com estes resultados, pode-se verificar que a partir destas doses de P_2O_5 , não há respostas significativas, indicando que a quantidade de P absorvida é suficiente, e uma maior quantidade se transformará em consumo de luxo, confirmando os relatos de Raij (1991), onde afirma que as plantas tendem a responder à adubação fosfatada em solos de baixa fertilidade.

As plantas advindas das parcelas onde o milho não foi inoculado e associadas as áreas que foram submetidas a aplicação de 30 e 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 e, sem P residual (controle) apresentaram produtividade de feijão superiores às parcelas onde o milho foi inoculado (Tabela 31). Os resultados de produtividade das áreas inoculadas apresentaram ajuste linear positivo ao incremento de P_2O_5 residual do solo (Tabela 31). Estes dados corroboram com os dados obtidos por Miranda *et al.* (2000) e Silva; Resende; Cintra (2001), que relataram incrementos na produtividade do feijoeiro, com o aumento das doses de P_2O_5 . Também Fageria; Santos (1998) confirmaram a importância da adubação fosfatada sobre a produção do feijoeiro, embora o P seja, entre os macronutrientes, o menos absorvido. Segundo Raij (1991), as doses adequadas de fósforo ajudam no bom desenvolvimento da cultura desde o início até o final do seu ciclo, estimulando o crescimento radicular, formação dos primórdios das partes reprodutivas e formação de frutos e, em geral, incrementam a produção das culturas. Portanto, é provável que durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, as doses de P_2O_5 responsáveis pelas máximas produtividades, tenham suprido de forma equilibrada as necessidades nutricionais do feijoeiro.

Os valores de produtividade do feijoeiro de inverno obtidos no ano de 2014, independentemente da inoculação das plantas por *A. brasilense*, ficaram acima da média nacional, pois a produtividade do País no ano agrícola de 2014/2015 foi de $1,03 \text{ t ha}^{-1}$ (CONAB, 2015) demonstrando que o manejo adotado na presente pesquisa foi eficiente em proporcionar boa produtividade para a cultura.

Tabela 31- Desdobramento da interação significativa entre inoculação com *A. brasilense* do milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e adubação fosfatada residual para a produtividade do feijoeiro de inverno, em sucessão. Selvíria-MS, 2014.

Inoculação	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ² (%)
	0	30	60	120	240		
	Produtividade (kg ha ⁻¹)						
Sem	2.762a	2.868a	3.159a	2.768a	2.811a	-	ns
Com	2.339b	2.405b	2.399b	2.919a	3.064a	y= 2.324,3916+3,3423x ^{**}	87,47

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{**}e ^{*}: significativo a 1 e 5% respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Fonte: A autora

5 CONCLUSÕES

A inoculação das sementes de aveia preta por *A. brasilense* promoveu maior acúmulo de nutrientes e aumentou a altura de plantas, comprimento de raízes e produção de matéria seca de parte aérea e raízes.

A adubação fosfatada aumentou a produção de matéria seca na parte aérea da aveia preta, com proporcional acúmulo de nutrientes, enquanto que o efeito residual do P proporcionou maiores acúmulos de nutrientes tanto na matéria seca da parte aérea quanto nas raízes da aveia preta.

A inoculação das sementes de milho por *A. brasilense* e a adubação fosfatada residual não resultou em efeitos positivos sobre o crescimento, componentes da produção e produtividade de grãos de milho consorciado com capim Marandu. Entretanto, as inoculações com *A. brasilense* refletiram em acúmulos de nutrientes e maiores produtividades de palha de milho e de matéria seca do capim Marandu, que é de suma importância para a sustentabilidade do SPD.

A inoculação das sementes de aveia preta e do milho com *A. brasilense* em consórcio com capim Marandu antecessores ao cultivo do feijoeiro de inverno melhora o estado nutricional das plantas, entretanto, não alterou a produtividade de grãos.

A adubação fosfatada residual proporcionou efeito positivo para o feijoeiro de inverno com incremento do número de grãos por planta e do número de grãos por vagem, com reflexos positivos na produtividade de grãos.

De maneira geral, a dose adequada de fósforo ao longo do tempo foi a de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aliado à inoculação das gramíneas com *A. brasilense*, considerando-se assim uma produção competitiva, com baixo custo, qualidade da produção, aliada a sustentabilidade ambiental, econômica e social.

REFERÊNCIAS

- ALONSO-AYUSO, M.; QUEMADA, M.; VANCLOOSTER, M.; RUIZ-RAMOS, M.; RODRIGUEZ, A.; GABRIEL, J. L. Assessing cover crop management under actual and climate change conditions. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 621, p. 1330–1341, 2018.
- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; VIANA, J. H. M. Manejo de solos: plantas de cobertura do solo. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho: sistemas de produção**. 2. Versão Eletrônica 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35330/1/Plantas-cobertura.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de coberturas do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.
- ANDRADE, M. F.; TEDESCHI, L.; TEDESCHI, G.; PANTOLFI, N.; OUROS, C. C.; ANDREOTTI, M. Produtividade de matéria seca e composição bromatológica de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura no inverno em cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais [...]** Brasília, DF: SBZ, v. 1, 2012. 1 CD-ROM.
- ANDREOTTI, M.; TEDESCHI, G.; TEDESCHI, L.; ANDRADE, M. F. de A.; OSTA, N. R. Produtividade do Feijão de Inverno em Sucessão ao Consórcio Milho/Capim-Xaraés em Função do Manejo de Adubação Nitrogenada. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2015, Natal. **Anais [...]** Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. p. 1-4.
- ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.
- ARAUJO, F. F.; CARMONA, F. G.; TIRITAN, C. S.; CRESTE, J. E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.
- BARRADAS, C. A. A. **Adubação Verde**. Niterói, Rio Rural. 10 p. (Manual Técnico, 25), 2010.
- BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L. E.; CASANOVAS, W. M.; PEREYRA, M. A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.). **Azospirillum spp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 49-59.

BARTCHECHEN, A.; FIORI, C. C. L.; WATANABE, S. H.; GUARIDO, R. C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasiliense* na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Campo Digital**, Campo Mourão, v. 5, n. 1, p. 56-59, 2010.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* – plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, n. 2, p. 103-121, 1997.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L. E. de. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage a cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1-2, p. 101-109, 2000.

BELL, L. W.; MOORE, A. D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. **Agricultural Systems**, Amsterdã, v. 111, p. 1-12, 2012.

BENETT, C. C. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; BERGAMASCHINE, A. F.; FABRICIO, J. A. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, 2008.

BERGAMASCHI, C. **Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo**. 2006, 71 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

BONETTI, J. de A.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. de.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, G. N. da. Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 104-112, 2015.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 897-903, 2000.

BRACCINI, A. L.; DAN, L. G. M.; PICCININ, G. G.; ORTIZ, A. H. T. Seed inoculation with *Azospirillum brasiliense* associated with the use of bioregulators in maize. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 58-64, 2012.

BRANCALIÃO, S. R.; MORAES, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milheto-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 393-404, 2008.

CAMARGO, C. E. O.; FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H. Aveia, centeio. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico; IAC, 1997. p. 2-53. (Boletim Técnico, 100).

CAMPOS, B. H. C.; THEISEN, S.; GNATTA, V. Avaliação de inoculante Graminante na cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 713-715, 2000.

CANGAHUALA-INOCENTE, G. C.; AMARAL, F. P.; FALEIRO, A. C.; HUERGO, L. F.; MAISONNAVE ARISI, A. C. Identification of six differentially accumulated proteins of *Zea mays* seedlings (DKB 240 variety) inoculated with *Azospirillum brasilense* strain FP2. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 58, p. 45-50, 2013.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim técnico 100**: recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico- IAC, 1997. p. 43-71.

CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 1837-1856, 2001.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E. D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; LOPES, M. L. T.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; WESP, C. L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 88, n. 2, p. 259-273, 2010.

CARVALHO, J. J. de.; COSTA, C. D. O.; PACHECO, A.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. da.; TEIXEIRA, M. B. T. Cultivo de aveia preta irrigada submetida a adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 6, p. 502-513, 2014a.

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; PONTES, L. S.; ANGHINONI, I.; SULC, R. M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 1040-1046, 2014b.

CARVALHO, A. M. de.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. de A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica s seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; LLANILLO, R. F. **Sistema plantio direto no Sul do Brasil**: fatores que promoveram a evolução do sistema e desenvolvimento de máquinas agrícolas. Londrina: FAO/IAPAR, 2008.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. dos S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M.G.; POLLETO, N.; SILVEIRA, M J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. da R.; CESARIN, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1101-1109, 2010.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.

COLLAVINO, M. M.; SANSBERRO, P. A.; MROGINSKI, L. A.; AGUILAR, O. M. Comparison of in vitro solubilization activity of diverse phosphate-solubilizing bacteria native to acid soil and their ability to promote *Phaseolus vulgaris* growth. **Biology and Fertility of Soils**, Gewerbestrasse, v. 46, n. 7, p. 727-738, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, segundo levantamento**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/Microsoft%20Windows/Downloads/BoletimZGraosZnovembroZ2018.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_graos_setembro_2014.pdf. Acesso em: 09 jan. 2015.

CONCEIÇÃO, A. G. C.; COELHO, C. C. R.; BEZERRA, M. G. A.; LIMA, S. V.; SALDANHA, E. C. M. Matéria verde e seca de milho (*Zea mays*) submetido a diferentes dosagens de fósforo. In: SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 10., 2012, Belém. **Anais [...]** Belém: UFRA, 2012.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2015.

CORREA FILHO, D. V. B.; CORREIA, E. C. S. da S.; DOMINGUES NETO, F. J.; SANTOS, D. V. dos.; SILVA, T. A. da.; MONTEIRO, R. N. F.; FONTANA, L. F. Crescimento e desenvolvimento de aveia preta em resposta à inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 13, n. 2, p. 01-08, 2017.

CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J.; SOUZA, S. K. S.; SILVA, G. B. Disponibilidade e níveis críticos de fósforo em milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 3, p. 218-224, 2008.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; SANTOS, F. G.; SOUZA, L. M. F.; CAVALLINI, M. C. Interação entre inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens* e adubação fosfatada na produção do milho em sucessão a espécies forrageiras no Cerrado. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 7, n. 3, p. 37-43, 2013.

COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. DA S. F.; NAVES, D. C. DE F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. DE S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 304-311, 2015.

COSTA, S. E. V. G.; SOUZA, E. D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J. P. C.; CAO, E. G.; HOLZSCHH, M. J. Phosphorus and root distribution and corn growth as related to long-term tillage Systems and fertilizer placement. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 1237-1247, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, É.; MATEUS, G. P. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. **Better Crops International**, Atlanta, v. 94, n. 1, p. 14-16, 2010.

CRUZ, C. V. **Efeito residual de fontes de fósforo e adubação fosfatada no crescimento do milho**. 2015. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2015.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F. de; SANTANA, D. P. Manejo da cultura do milho em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 42-53, 2006.

CRUZ, J. F. da. **Desempenho de variedades de feijoeiro comum em plantio direto sob diferentes palhadas e adubações**. 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2012.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W.; PEREIRA R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial da produtividade do sistema correlacionado com os componentes químicos de um Latossolo Vermelho Distroférico sob o sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 908-916, 2011.

- 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 de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1023–1029, 2013.
- DEMÉTRIO, J. V.; COSTA, A. C. T.; OLIVEIRA, P. S. R. Produção de biomassa de cultivares de aveia sob diferentes manejos de cortes. **Pesquisa Tropical Goiânia**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 198-205, 2012.
- DÖBEREINER, J; BALDANI, J. I; BALDANI, V. L. D. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. Brasília, DF: EMBRAPA, SPI; Itaguaí: EMBRAPA, CNPAB, 1995. 60 p.
- DOMINGUES NETO, F. J.; YOSHIMI, F. K.; GARCIA, R. D.; DOMINGUES, M. C. S. Influência de *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento vegetativo, produção de forragem e acúmulo de massa seca da aveia preta. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2013-2019, 2014.
- DUARTE, A. P.; CANTARELLA, H. Adubação em sistema de produção de soja e milho safrinha. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 9., Dourados, 2007. **Anais [...]** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. p. 44-61. (Documentos, 89).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA; 2018.
- ESTRADA, G. A.; BALDANI, V. L. D.; OLIVEIRA, D. M. de.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. Selection of phosphate-solubilizing diazotrophic *Herbaspirillum* and *Burkholderia* strains and their effect on rice crop yield and nutrient uptake. **Plant and Soil**, Crawley, v. 369, n. 1-2, p. 115-129, 2013.
- EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; MATOS, A. T. de.; CAMPOS, L. C de.; BORGES, A. C. Desempenho agrônômico da aveia-preta (*Avena strigosa Schreb.*), cultivada em sistemas alagados construídos. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 68-78, 2010.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. Adubação fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 124-127, 1998.
- FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. **Manual do medidor eletrônico de teor de clorofila (ClorofiLOG / CFL 1030)**. Porto Alegre: Falker Automação Agrícola, 2008. 33 p.
- FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2016. **Área do sistema plantio direto**. Disponível em: <http://febrapdp.org.br/area-de-pd>. Acesso em: 16 nov. 2018.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6. p. 1039-1042, 2011.

FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; CALONEGO, J. C.; ALVES JUNIOR, J. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1147-1155, 2008.

FRANÇA, M. G. C.; ARAÚJO, A. P.; PEREYRA, R. O.; RAMOS, F. T. Relações entre crescimento vegetativo e acúmulo de nitrogênio em duas cultivares de arroz com arquiteturas contrastantes. **Acta Botânica**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 43-49, 2008.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L.; CARDOSO, A. A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.

FREITAS, F. C. L.; SANTOS, M. V.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, M. G. O. Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de Foramsulfuron +Iodosulfuron-Methyl para o manejo da forrageira. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 215-221, 2008.

FREITAS, K. R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J. A.; NASCIMENTO, J. L. do; HEINEMAM, A. B.; MACEDO, R. F.; NAVES, M. A. T.; OLIVEIRA, I. P. de. Avaliação da composição químico-bromatológica do capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 1-10, 2007.

GALINDO, F. S. **Desempenho agrônomo do milho e do trigo em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses e fontes de nitrogênio**. 2015. 150 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, Ilha Solteira, 2015.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LIMA, A. E. S.; BUZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 9, n. 2, p. 157-163, 2012.

GASPARINI, L. V. L.; COSTA, T. S.; HUNGARO, O. A. L.; SZNITOWSKI, A. D.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão: estudos de casos no Mato Grosso**. Brasília; Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2017.

GÍRIO, L. A. da S.; DIAS, F. L. F.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S.; SCHULTZ, N.; BOLONHEZI, D.; MUTON, M. A. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 1, p. 33-43, 2015.

GITTI, D. de C.; ARF, O.; KANEKO, F.H.; RODRIGUES, R.A.F.; BUZETTI, S.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 15, p. 36-46, 2012.

GOMES JÚNIOR, F. G.; SÁ, M. E. de.; VALÉRIO FILHO, V. V. Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre gramíneas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 387-395, 2008.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 37, n. 3, p. 395-412, 2005.

GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; KROTH, B. E.; MOREIRA, J. C. F.; REZENDE, D. Crescimento e desenvolvimento inicial de *Brachiaria decumbens* inoculada com *Azospirillum spp.* **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 286-296, 2011.

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.

HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, R.; ORTIZ, R. F.; WATANABE, S. T. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 39- 44, 2007.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS-FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS – Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2011. 36 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.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. **20 perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio**. Planaltina: Embrapa-Cerrados, 2010. 19 p. (Documentos, 281).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium spp.* and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 6, n. 10, p. 811-817, 2015.

IEIRI, A.Y.; LANA, M. Q.; KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com *Urochloa*. **Ciência Agrotecnológica**. Lavras, v. 34, n. 5, p. 1154-1160, 2010.

INÁCIO, S. R. F. **Produção e comercialização de insumos para produção de fertilizantes: Um panorama mundial e os paradigmas do Brasil**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Grupo de Extensão e Pesquisa em Logística Agroindustrial – ESALQ-LOG, 2013. Trabalho de estagiário júnior do Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial.

- INAGAKI, A. M.; GUIMARÃES, V. F.; RODRIGUES, L. F. O. S.; SILVA, M. B. da.; DIAMANTE, M. S.; RAMPIM, L.; MIORANZA, T. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Phosphorus fertilization associated to inoculation of maize with diazotrophic bacteria. **African Journal of Agricultural Research**, Victoria Island, v. 9, n. 48, p. 3480-3487, 2014.
- INIGUEZ, A. L.; DONG, Y.; TRIPLETT, E. W. Nitrogen fixation in wheat provided by *Klebsiella pneumoniae* 342. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, Saint Paul, v. 17, n. 10, p. 1078-1085, 2004.
- JORDÃO, L. T.; LIMA, F. F.; LIMA, R. S.; MORETTI, P. A. E.; PEREIRA, H. V.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA, M. C. N. Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com *Azospirillum braziliense* sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária. In: FERTBIO, 2010, Guarapari. **Anais [...]** Viçosa, MG: SBCS, 2010. 1 CD ROM. p. 1-5.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.
- KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.
- KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema santa fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Cap. 15, p. 409-441.
- KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de.; COSTA, J. L. da S.; SILVA, J. G. da.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé**: tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000.
- KROLOW, R. H.; MISTURA, C.; COELHO, R. W.; SIEWERDT, L.; ZONTA, E. P. Efeito do fósforo e do potássio sobre o desenvolvimento e a nodulação de três leguminosas anuais de estação fria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 2224-2230, 2004.
- KRUEGER, E. S., OCHSNER, T. E., PORTER, P. M., BAKER, J. M. Winter rye cover crop management influences on soil water, soil nitrate, and corn development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 2, p. 316-323, 2011.
- LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. H. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 3, p. 399-405, 2012.

LANA, M. C.; WOYTICHOSKI JÚNIOR, P. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 433-438, 2009.

LEITE, J. N. F.; CRUZ, M. C. P. da.; FERREIRA, M. E.; ANDRIOLI, I.; BRAOS, L. B. Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 11, p. 1880-1889, 2016.

LINN, J.; KUEHN, C. The effects of forage quality on performance and cost of feeding lactating dairy cows. In: WESTWERN CANADIAN DAIRY SEMINAR, 1997, Alberta. **Proceedings of the...** Alberta: [s.n.] 1997. p. 236.

MACHRY, G. L.; VIEIRA, R. C. B.; PELLENZ, J. R.; GOTTARDO, S. J. P.; EICHELBERGER, V. S. Eficiência técnica do fósforo em diferentes modos de aplicação e dosagem na cultura da soja em plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO QUALIDADE DO SOLO & AMBIENTE DE PRODUÇÃO, 11., Frederico Westphalen. **Resumos [...]** SBCS, 2016. p. 1-5.

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

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

MAZZONCINI, M.; SAPKOTA, T. B.; BARBERI, P.; ANTICHI, D.; RISALITI, R. Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 114, n. 2, p. 165-174, 2011.

MEHNAZ, S., LAZAROVITS, G. Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Gluconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. **Microbial Ecology**, New York, v. 51, n. 3, p. 326-335, 2006.

MENEZES JÚNIOR, J. C. de.; SOBRINHO, W. N.; SOUTO, J. S.; NASCIMENTO, J. P.; OLIVEIRA, F. T. de.; XAVIER, K. R. F. Diagnose foliar e translocação de nutrientes em plantas de *Bixa orellana* L. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 51-56, 2008.

MIYAUCHI, M. Y. H.; LIMA, D. S.; NOGUEIRA, M. A.; LOVATO, G. M.; MURATE, L. S.; CRUZ, M. F.; FERREIRA, J. M.; ZANGARO, W.; ANDRADE, G. Interactions between diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungus in maize genotypes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, n. 5, p. 525-531, 2008.

MIRANDA, L. N.; AZEVEDO, J. A. de.; MIRANDA, J. C. C. de.; GOMES, A. C. Produtividade do feijoeiro em resposta a adubação fosfatada e a regime de irrigação em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 703-710, 2000.

MODESTO, V. C. **Desempenho técnico e econômico da cultura do milho e da pastagem de capim marandu após o consórcio em função da inoculação com *Azospirillum brasilense***. 2017. 110 f. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, Ilha Solteira, 2017.

MONACO, S.; HATCH, D. J.; SACCO, D.; BERTORA, C.; GRIGNANI, C. Changes in chemical and biochemical soil properties induced by 11-yr repeated additions of different organic materials in maize-based forage systems. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v. 40, n. 3, p. 608-615, 2008.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and herbicide timing management on soybean yield under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 2, p. 187-192, 2012.

NOGUEIRA, J. L.; SILVA, B. A.; CARVALHO, T. C.; PANOBIANCO, M. Teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de aveia preta. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 6, p. 896-901, 2013.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A. de.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1687-1698, 2011.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 63, n. 7, p. 366-370, 1997.

OLIVEIRA, T. N. de; PAZ, L. G. da; SANTOS, M. V. F. dos.; JÚNIOR, J. C. B. D.; FERREIRA, R. L. C.; PIRES, A. J. V.; SILVA, M. da C. Influência do fósforo e de diferentes regimes de corte na produtividade e no perfilhamento do capim-de-raiz (*Chloris orthoton* Doell). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 60-67, 2004.

OLIVEIRA, P. de. **Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado**. 2010. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

OLIVEIRA, J. P. M. de.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I de.; POCOJESKI, E. Aplicação localizada de monoamônio fosfato favorece a disponibilidade de P no solo e sua absorção. **Revista Scientia Agrária**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 12-19, 2017.

PARIZ, C. M. **Desempenhos técnicos e econômicos de um sistema de integração lavoura-pecuária com a cultura do milho e adubação nitrogenada de capins dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* sob irrigação no cerrado**. 2010. 153 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; CHIODEROLI, C. A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 360-370, 2009.

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Phosphorus fractions in Brazilian Cerrado soils as affected by tillage. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 149-155, 2009.

PERES, M. R.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. D. C. Co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* in common beans grown under two irrigation depths. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 63, n. 2, p. 198-207, 2016.

PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; VALE, D. W. Resposta da aveia preta à aplicação de fósforo sob duas doses de nitrogênio em condições de casa-de-vegetação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 527-533, 2006.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim Coast cross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.

QUADROS, P. D. de. **Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul**. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 10, p. 987-994, 2004.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284 p.

RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C. R. R.; SILVA, C. A. Efeito residual das aplicações de fontes de fósforo em gramíneas forrageiras sobre o cultivo sucessivo da soja em vasos. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 149-155, 2010.

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

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. (Documentos, 232).

RESENDE, A. V. de.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPORA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 453-466, 2006.

RODRIGUES, D. A.; AVANZA, M. F. B.; DIAS, L. G. G. G. Sobressemeadura de aveia e azevém em pastagens tropicais no inverno. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, n. 16, p. 1-22, 2011.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C.; PINA, T. P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 3, p. 380-385, 2012.

ROESCH, L. F. W.; OLIVARES, F. L.; PASSAGLIA, L. P. M.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S de; CAMARGO, F. A. O. Characterization of diazotrophic bacteria associated with maize: effect of plant genotype, ontogeny and nitrogen-supply. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Dordrecht, v. 22, n. 9, p. 967-974, 2006.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, 2013.

ROSOLEM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 03, p. 448-455, 1998.

SÁ, J. C. M.; TIVET, F.; LAL, R.; BRIEDS, I.; HARTMAN, D. C.; SANTOS, J. Z. dos.; SANTOS, J. B. dos. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 136, p. 38-50, 2014.

SALA, V. M. R.; SILVEIRA, A. P. D. da; CARDOSO, E. J. B. N. Bactérias diazotróficas associadas a plantas não-leguminosas. In: SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. dos S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. Cap. 6, p. 97-115.

SANTI, C.; BOGUSZ, D.; FRANCHE, C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. **Annals of Botany**. Inglaterra, v. 111, p. 743-767, 2013.

SANTOS, C. S. A. **Capim marandu submetido à inoculação com bactérias diazotróficas associativas em latossolo vermelho de Cerrado**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2013.

SANTOS, H. C.; OLIVEIRA, F. H. T. de.; SOUZA, A. P. de.; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. D. M. Disponibilidade de fósforo em função do seu tempo de contato com diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 996-1001, 2016.

SCHOSSLER, J. H.; MEERT, L.; RIZZARDI, D. A.; MICHALOVICZ, L. Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e coinoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Revista Scientia Agrária**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016.

SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, W.; ZHANG, F. Phosphorus dynamics: from soil to plant. **Plant Physiology**, Missouri, v. 156, p. 997-1005, 2011.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, E. B.; RESENDE, J. C. F.; CINTRA, W. B. R. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo em solo arenoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 973-977, 2001.

SILVA, J. V. de S.; CRUZ, S. C. S.; ALOVISI, A. M. T.; KURIHARA, C. H.; XAVIER, A. D.; MARTINEZ, M. A. Adubação fosfatada no feijoeiro cultivado sob palhada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 65, n.2, p. 181-188, 2018.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, 2007.

SILVA, M. C. C. da.; ANDREOTTI, M.; COSTA, N. R.; LIMA, C. G. da R.; PARIZ, C. M. Atributos físicos do solo e rendimento da cultura de feijoeiro invertida sob um sistema sem fio no cerrado brasileiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 155-163, 2017.

SILVA, O. F. da.; WANDER, A. E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Santo Antônio de Goiás-GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 63 p. (Documentos, 287).

SILVA, T. F.; MELLONI, R. Densidade e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas não simbióticas em solos da reserva biológica serra dos toledos, Itajubá (MG). **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 359-371, 2011.

SILVEIRA, P. M. da.; SILVA, J. H. da.; LOBO JUNIOR, M.; CUNHA, P. C. R. da. Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1170-1175, 2011.

SOEST, P. J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University, 1994. 476 p.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes pela aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 928-935, 2008.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Pedro. **Anais [...]** Piracicaba: Potafós, 2004. p.157-200.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **FEMS Microbiology Reviews**, Londres, v. 24, n. 4, p. 487-506, 2000.

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

TIECHER, T.; CALEGARIB, A.; CANERC, L.; RHEINHEIMERD, D. S. Soil fertility and nutrient budget after 23-years of different soil tillage systems and winter cover crops in a subtropical Oxisol. **Geoderma**, Amsterdam, v. 308, p. 78-85, 2017.

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.

TORRES, J. L. R. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

TRABUCO, M. **Produção de milho em plantio direto após plantas de cobertura**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 17. Piracicaba, 2000. **Anais [...]** Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 65-108.

VIEIRA, C. O. **Memórias de meio século de estudos sobre a cultura do feijão**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004, 214 p.

VILAS BOAS, A. A.; GARCIA, D. F. B. Plantio direto nas culturas de milho e soja no município do Chapadão do Céu-GO e os impactos para o meio ambiente. In: XLV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, XLV CONGRESSO DA SOBER "CONHECIMENTOS PARA AGRICULTURA DO FUTURO" – SOBER., 2007, Londrina. **Anais [...]** Londrina: SOBER, 2007. 1-21 p.

WERNER, J. C.; MONTEIRO, F. A.; CARRIEL, J. M. Efeitos da calagem em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 36, n. 2, p. 247-254, 1979.

ZAFAR, M.; ABBASI, M. K.; KHAN, M. A.; KHALIQ, A.; SULTAN, T.; ASLAM, M. Effect of plant growth Promoting Rhizobacteria on Growth, nodulation and nutrient accumulation of lentil under controlled conditions. **Pedosphere**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 848-859, 2012.

ZANINI, F. H.; DOLEJAL, F. E. G.; CASTAGNARA, D. D.; OLIVEIRA, P. S. R.; MESQUITA, E. E. Desenvolvimento de forrageiras tropicais sob doses de fósforo. **Synergismus Scyentica UTFPR**, Pato Branco, v. 4, n. 1, p. 202-204, 2009.