



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MICHELLE TRAETE SABUNDJIAN

Engenhreira Agrônoma, MSc.

**CONSÓRCIO DE MILHO E *Urochloa ruziziensis* E INOCULAÇÃO COM
Azospirillum brasilense E SEU EFEITO RESIDUAL ASSOCIADO À
ADUBAÇÃO NITROGENADA EM FEIJOEIRO DE INVERNO.**

Ilha Solteira
2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MICHELLE TRAETE SABUNDJIAN

Engenhreira Agrônoma, MSc.

**CONSÓRCIO DE MILHO E *Urochloa ruziziensis* E INOCULAÇÃO COM
Azospirillum brasilense E SEU EFEITO RESIDUAL ASSOCIADO À
ADUBAÇÃO NITROGENADA EM FEIJOEIRO DE INVERNO.**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia –
UNESP – Campus de Ilha Solteira, como parte
das exigências para obtenção do título de
Doutor em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf

Ilha Solteira
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- S118c Sabundjian, Michelle Traete.
Consórcio de milho e *Urochloa ruziziensis* e inoculação com *Azospirillum brasilense* e seu efeito residual associado à adubação nitrogenada em feijoeiro de inverno. / Michelle Traete Sabundjian. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2016
176 f. : il.
- Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2016
- Orientador: Orivaldo Arf
Inclui bibliografia
1. Consórcio de culturas. 2. *Zea mays*. 3. *Phaseolus vulgaris*. 4. Fixação biológica de N₂. 5. Adubação mineral. 6. Plantio direto.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Consórcio de milho e *Urochloa ruziziensis* e inoculação com *Azospirillum brasilense* e seu efeito residual associado à adubação nitrogenada em feijoeiro de inverno

AUTORA: MICHELLE TRAETE SABUNDJIAN

ORIENTADOR: ORIVALDO ARF

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

Prof. Dr. ORIVALDO ARF

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

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / 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

Dra. NELI CRISTINA BELMIRO DOS SANTOS

Pólo Regional do Extremo Oeste / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS

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

Ilha Solteira, 29 de fevereiro de 2016

BIOGRAFIA DA AUTORA

Michelle Traete Sabundjian (SABUNDJIAN, M. T.), filha do técnico em eletrônica Ivan Lenin Sabundjian e da Professora Sílvia Lúgia Traete, nasceu em 13 de outubro de 1982 na cidade de São Paulo - SP, Brasil. Nasceu e cresceu no Bairro Vila Rosa – Zona Norte da Capital, onde cursou o ensino fundamental (1990-1997) e médio (1998-2000) na mesma Escola (Escolas Recanto). No ano de 2001 fez cursinho pré-universitário para no ano seguinte ingressar na Universidade Federal de Lavras – MG no curso de Agronomia. Desenvolveu pesquisas junto ao Departamento de Ciências do Solo na área de Microbiologia onde foi Bolsista de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) no período de 2004 a 2007. Formou-se na 143ª turma em maio de 2007 obtendo o título de Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Lavras - MG (UFLA). Em fevereiro de 2013 obteve o título de Mestre em Agronomia, com especialidade em “Sistemas de Produção”, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP – Câmpus de Ilha Solteira). No mês seguinte, iniciou o curso de doutorado em Agronomia como aluno regular, vinculado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP – Câmpus de Ilha Solteira). Foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) e Fundação Agrisus - FEALQ. Durante o curso de Doutorado participou de bancas examinadoras de Trabalhos de Conclusão de Curso de Agronomia e ministrou aulas das disciplinas de “Controle de Plantas Invasoras” e “Metodologia Científica”, ambas vinculadas à Faculdade de Ensino Superior Santa Bárbara – Câmpus de Tatuí - SP. Seu objetivo ao ingressar no Mestrado e Doutorado é tornar-se Professora e Pesquisadora Universitária, contribuindo com o Ensino, a Pesquisa e a Extensão na área de Ciências Agrárias na formação de profissionais capacitados a exercer atividades relacionadas com o desenvolvimento da agricultura sustentável, proporcionando acessibilidade a pequenos, médios e grandes produtores rurais.

DEDICATÓRIA

Dedico e ofereço essa conquista a todos que acreditaram em meu potencial , em especial:

Aos meus avós Zaven (in memorian), Fairouz (in memorian) Geiser e Nilza

Aos meus pais Ivan Lenin Sabundjian e Sílvia Ligia Traete

Aos meus tios Niélcia, Valdir, Gaianê e Cláudia

Aos meus irmão Ingrid, Thatiane e Yuri

As minhas primas Priscila e Patrícia

Aos meus cunhados Thiago e Bruno

Aos meus sobrinhos João Paulo e Maria Luíza

Aos amigos e professores da Universidade Federal de Lavras, instituição que conclui a Graduação em Agronomia.

Aos amigos e professores da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Curso de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração em Sistema de Produção, instituição que conclui o Mestrado.

À Família Funchal pelo amor, apoio e incentivo.

À querida Renata Funchal por todo apoio e credibilidade em todos esses anos de convivência.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por guiar minha vida, dando saúde, alegria, abençoando e iluminando meu caminho para elaborar, executar, concluir e desfrutar de momentos que uma conquista como essa representa.

À minha família que amo e admiro sendo um exemplo para todos meus passos, me apóia, acredita, incentiva e por ela cheguei até aqui.

A Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Curso de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração em Sistema de Produção, pelo fundamental apoio aos alunos para o desenvolvimento das Pesquisas de Graduação e Pós Graduação.

A Fundação Agrisus, pela Bolsa de estudos concedida durante o desenvolvimento da Pesquisa para a Elaboração de minha Tese de Doutorado (Projeto nº 1140/13).

Ao Prof. Dr. Orivaldo Arf que demonstrou ao longo do curso de Mestrado e Doutorado paciência, incentivo, dedicação e apoio em todos os momentos, acreditando no meu potencial e contribuindo para meu crescimento profissional, orientando da melhor forma possível o desenvolvimento e execução das atividades no campo e fora dele, exemplo de profissional que seguirei para sempre.

Aos professores do Campus de Ilha Solteira, especialmente: Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues, Edson Lazarini, Salatiér Buzetti, João Antônio da Costa Andrade, Marcelo

Andreotti, Marcelo Minhoto de Carvalho Teixeira Filho, Marco Eustáquio de Sá, Ana Maria Cassiolato, Rafael Bonilha,

Aos pesquisadores Dr^a. Neli Cristina Belmiro dos Santos e Dr. Gustavo Pavan Mateus da Apta de Andradina e aos professores Dr^a. Lilian Christian Domingues de Souza e Dr. Flávio Ferreira da Silva Binotti,

A todos os colegas de graduação e de pós-graduação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Belisa Saito, Flávio Hiroshi Kaneko, Flávia Constantino Meirelles, Daiene Camila Dias Chaves Corsini, Vagner do Nascimento, João Paulo Ferreira, Marcelo Valentini Arf, Stella Tosta Leal, José Roberto Portugal, Douglas de Castilho Gitti e Amanda Peres Ribeiro que participaram na elaboração, desenvolvimento e execução de todas as etapas da pesquisa desenvolvida.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, Alvino, Buchada, Teginho, Mazolla, Baiano, Juliano, César, Joãzinho (in memoriam), Cambuim, Valdivino, Gilberto, Jair, Bily Gancho (in memoriam), Cícero, Jaú, Tião Carrero, Alonso, Carlão, Valdeci, Gaúcho, Júlio, Ederson, Polako, Alexandre, Zé, Jão e a todos que contribuíram de alguma forma para essa pesquisa.

Aos funcionários da Biblioteca, Transportes, Portarias, Zeladoria, Laboratórios, Pós Graduação, pois seu apoio é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das pesquisas na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

Canção: A Colheita

Chitãozinho e Xororó - Compositor: José Fortuna/Carlos Cezar

*“Quando o cansaço do trabalho sem descanso,
De grossos calos amarelam suas mãos, o lavrador quer
Transformar o verde em flor, e ver a flor se
Transformar em grão,
Se de chorar Deus se lembrou durante o ano,
E o seu pranto se fez chuva sobre o chão,
O lavrador já se prepara pra colheita,
Sorrindo vê que seu suor não foi em vão.”*

*“E a colheita que encheu a tulha
Da tulha o grão para cidade vai
A terra dorme e ele não descansa sempre na esperança
De colher bem mais.”*

*“Para colher o plantou com seu trabalho,
O lavrador leva pro eito o multirão
A sacaria e trazida aos carreadores,
E pra cidade quem transporta é o caminhão,
Com o dinheiro ele vai pagar o banco não sobra nada
E ele espera outro verão.
Assim pensando o lavrador vai para a roça,
Arar a terra para nova plantação.”*

*“Entra colheita e sai colheita
E nunca morre, a esperança deste homem do sertão
Chegando ao fim do carreador do seu destino
De sua luta não sobrou nem um tostão
Um simples nome fica em seu último leito
E tanto faz se era Antonio ou João,
Ninguém se lembra de quem só viveu pra terra
E que um dia acabou virando chão.”*

RESUMO

O avanço de estudos das interações entre bactérias capazes de fixar o nitrogênio atmosférico em culturas agrícolas pode ajudar a definir estratégias para aumentar a eficiência do uso e diminuir a dependência do nitrogênio mineral. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho solteiro ou consorciado com *Urochloa ruziziensis* e o efeito residual deste consórcio, associados ao manejo de nitrogênio no feijoeiro de inverno. Para as gramíneas de verão, o delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 4 repetições e 8 tratamentos assim constituídos: (T1 - milho, T2 - milho + *Azospirillum brasilense*, T3 – *Urochloa ruziziensis*, T4 – *Urochloa ruziziensis* + *Azospirillum brasilense*, T5 - milho + *Urochloa ruziziensis*, T6 - milho - *Azospirillum brasilense* + *Urochloa ruziziensis*, T7 - milho + *Urochloa ruziziensis* - *Azospirillum brasilense*, T8 - milho – *Azospirillum brasilense* + *Urochloa ruziziensis* – *Azospirillum brasilense*). Para o feijão cultivado em sucessão, o delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 8x4 com os tratamentos constituídos por 8 coberturas vegetais, citadas anteriormente, e combinação de 4 doses de nitrogênio em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N), com quatro repetições. Durante a condução do experimento, foram realizadas as seguintes avaliações: coberturas vegetais, características agrônômicas, componentes de produção e produtividade das culturas do milho e feijão, além dos atributos físicos do solo. Pode-se concluir que, comparado aos demais tratamentos, a inoculação de *Azospirillum brasilense* proporcionou ao milho solteiro aumento da massa seca de plantas e massa de grãos por espiga, além de maior incremento de produtividade. O consórcio com *Urochloa* afetou a produtividade de grãos do milho, porém observou-se um aumento na produção e a qualidade da cobertura vegetal. A produtividade do feijoeiro foi influenciada pela cultura antecessora, apresentando melhores resultados quando o milho foi inoculado com *Azospirillum brasilense*. A aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura apresentou os melhores resultados na produtividade do feijoeiro no primeiro ano, sendo que, no segundo ano, mesmo os tratamentos sem aplicação apresentaram resultados satisfatórios, o que pode ser atribuído à ciclagem de nutrientes oriundos das coberturas vegetais. Já os tratamentos em que a *Urochloa ruziziensis* estava presente demonstraram melhorias nos atributos do solo ao longo de 3 anos de cultivo.

Palavras-chave: Consórcio de culturas. *Zea mays* L. *Phaseolus vulgaris* L. Fixação biológica de N₂. Adubação mineral. Plantio direto.

ABSTRACT

The advanced studies on the interaction between atmospheric nitrogen-fixing bacteria and crops may contribute for the development of strategies to increase the mineral nitrogen-use-efficiency and decrease its dependency. The objective of the study was to evaluate the effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on development and yielding of single maize or maize intercropped with *Urochloa ruziziensis* as well as the residual effect of this intercropping system associated with the nitrogen management in winter bean. For summer grasses, the experimental design included a randomized block with four replications and eight treatments, as follows: (T1 - maize, T2 - maize + *Azospirillum brasilense*, T3 - *Urochloa ruziziensis*, T4 - *Urochloa ruziziensis* + *Azospirillum brasilense*, T5 - maize + *Urochloa ruziziensis*, T6 - maize - *Azospirillum brasilense* + *Urochloa ruziziensis*, T7 - maize + *Urochloa ruziziensis* - *Azospirillum brasilense*, T8 - maize - *Azospirillum brasilense* + *Urochloa ruziziensis* - *Azospirillum brasilense*). For the beans succession planting, the experimental design included randomized blocks in an 8x4 factorial scheme with treatments consisting of the eight cover crops mentioned previously and the combination of four nitrogen doses (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹ N), with four replications. During the experiment, the following assessments were performed: cover crops, agronomic characteristics, yield components and crop productivity of maize and beans in addition to the physical properties of the soil. The inoculation with *Azospirillum brasilense* provided the single maize with increased dry weight of plants and grain mass per spike; moreover, higher rates of productivity growth were observed when compared to the other treatments. The intercropping with *Urochloa* affected the maize grain productivity; however, there was an increase in yield and quality of cover crops. The bean yield was influenced by the previous crop, with better results when maize was inoculated with *Azospirillum brasilense*. The application of 60 kg ha⁻¹ N in coverage provided better bean yield results in the first year. In the second year, the treatments without application demonstrated satisfactory results, which can be due to the nutrient cycling from the cover crops. Improvement of soil properties over the 3 years of cultivation was observed in the treatments including *Urochloa ruziziensis*.

Keywords: Intercropping system. *Zea mays* L. *Phaseolus vulgaris* L. Biological N₂ fixation. Mineral fertilizer. No-tillage.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Precipitação pluvial (mm dia^{-1}), temperatura máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), obtidas em área experimental durante o desenvolvimento do milho e *Urochloa* no período de novembro a março de 2011/12. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul.....57
- Figura 2** - Precipitação pluvial (mm dia^{-1}), temperatura máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), obtidas em área experimental durante o desenvolvimento do milho e *Urochloa* e feijoeiro de inverno no período de novembro a agosto de 2012/13. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul..... 58
- Figura 3** - Precipitação pluvial (mm dia^{-1}), temperatura máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), obtidas em área experimental durante o desenvolvimento do milho e *Urochloa* e feijoeiro de inverno no período de novembro a agosto de 2013/14. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul..... 58
- Figura 4** - Desdobramento da interação significativa de doses de nitrogênio dentro de coberturas vegetais para o teor de N foliar 2014 no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria–MS, Brasil(2014).....111
- Figura 5** - Número de grãos por vagem de feijão de inverno em função de doses de nitrogênio. Selvíria, MS, safra 2014..... 115
- Figura 6** - Produtividade do feijão de inverno em função das doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil, safra 2013. 117
- Figura 7** - Médias do comportamento da RSP para os oito tratamentos estudados, em 12 repetições por tratamento, até a profundidade de 0,30 m em SPD no Cerrado Sul-Matogrossense, após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014)..... 127

Figura 8 - Médias do comportamento da umidade gravimétrica do solo no momento da avaliação da RSP os oito tratamentos estudados, em 12 repetições por tratamento, até a profundidade de 0,30 m em SPD no Cerrado Sul-Matogrossense, após 3 anos decultivo. Selvíria–MS, Brasil (2011 e 2014).....	128
Figura 9 - Aspecto geral da área no dia da coleta de solo para análise química e física em agosto de 2011. Selvíria (MS).....	159
Figura 10 - Aspecto geral da área no dia da aplicação do calcário aplicado dia 06/09/2013 e semeadura do milheto – 09/09/2013. Selvíria (MS).....	159
Figura 11 - Detalhe da cultura do milheto aos 43 dias após a emergência – 28 e 29/10/2013. Selvíria (MS).....	159
Figura 12 - Aspecto geral da área durante a passagem do desintegrador mecânico na área – 11/11/2013. Selvíria (MS).....	160
Figura 13 - Aspecto geral da área no dia da semeadura de milho (mecanizada) e <i>Urochloa</i> (matraca). Selvíria (MS).....	160
Figura 14 - Aspecto geral da área – Parcela consorciada de milho + <i>Urochloa</i> – 06/12/2013. Selvíria (MS).....	160
Figura 15 - Aspecto geral da área – Parcelas de milho e <i>Urochloa</i> solteiros respectivamente – 06/12/2013. Selvíria (MS).....	161
Figura 16 - Aspecto geral da coleta de folhas para determinação de N foliar – 06/01/2014. Selvíria (MS).....	161
Figura 17 - Aspecto geral da área – Coleta de plantas para determinação de massa seca – 07/01/2014. Selvíria (MS).....	161

Figura 18 - Aspecto geral da área – Coleta altura de plantas e altura de inserção de espiga. Selvíria (MS).....	162
Figura 19 - Detalhe das plantas secas no galpão e cortadas para colocá-las na estufa 14/01/2014. Selvíria (MS).....	162
Figura 20 - Aspecto geral da área parcelas de milho consorciada com <i>Urochloa</i> – 11/03/2014. Selvíria (MS).....	162
Figura 21 - Detalhe dos sacos com a colheita de milho e a trilha mecânica do material no galpão aos 128 DAE – 26/03/2014. Selvíria (MS).....	163
Figura 22 - Detalhe da produção trilhada no campo – 26/03/2014. Selvíria (MS).....	163
Figura 23 - Parcela de consórcio entre milho e <i>Urochloa</i> após a colheita – 08/04/2014. Selvíria (MS).....	163
Figura 24 - Detalhe da área no momento da passagem do desintegrador mecânico. Selvíria – MS.....	164
Figura 25 - Coleta de matéria seca de cada parcela para determinação de massa de cobertura vegetal + N,P,K na cobertura vegetal final. Selvíria (MS).....	164
Figura 26 - Detalhe do material coletado nos sacos de papel identificados e levados à estufa para secar e realizar a pesagem. Selvíria – MS.....	164
Figura 27 - Coberturas vegetais retiradas da estufa, pesadas e moídas para determinação de macronutrientes. Selvíria (MS).....	165
Figura 28 - Amostras moídas são pesadas para digestão sulfúrica (determinação de N) e nitroperclórica. Ilha Solteira (SP).....	165

Figura 29 - Destilador (esquerda) e titulador (direita) para determinação de N. Ilha Solteira (SP).....	165
Figura 30 - Aspecto geral do tratamento de sementes e colocação na semeadura adaptada ao plantio direto – 07/05/2014. Selvíria/MS.....	166
Figura 31 - Aspecto geral da área no momento da semeadura do feijão – 07/05/2014 – Selvíria/MS.....	166
Figura 32 - Detalhe da emergência das plantas 15 DAE – 27/05/2014. Selvíria/MS.....	166
Figura 33 - Detalhe da emergência das plantas 15 DAE – 27/05/2014. Selvíria/MS.....	167
Figura 34 - Detalhe da emergência das plantas 15 DAE – 27/05/2014. Selvíria/MS.,.....	167
Figura 35 - Aspecto geral da adubação nitrogenada na fase V_{3-4} – 06/2014. Selvíria/MS...	167
Figura 36 - Aspecto geral do experimento aos 31 DAE – 13/06/2014. Selvíria/MS.....	168
Figura 37 - Detalhe da coleta das plantas no florescimento pleno 44 DAE – 26/06/2014. Selvíria/MS.....	168
Figura 38 - Detalhe dos sacos com as plantas antes da colocação na estufa. 26/06/2014. Selvíria/MS.....	168
Figura 39 - Aspecto geral das vagens aos 65 DAE– 17/07/2014. Selvíria/MS.....	169
Figura 40 - Aspecto geral da cultura aos 86 DAE – Detalhe da Maturação das vagens – 07/08/2014. Selvíria/MS.....	169
Figura 41 - Detalhe da Palha no solo e grãos na vagem – 07/08/2014. Selvíria/MS.....	169

Figura 42 - Aspecto geral da área no dia da colheita aos 93 DAE. Selvíria/MS.....	170
Figura 43 - Colheita da cobertura vegetal (após a colheita da área útil) e secagem das plantas de feijão respectivamente 19/08/2014. Selvíria/MS.....	170
Figura 44 - Contagem do número de vagens por planta 18/08/2014. Selvíria (MS).....	170
Figura 45 - Trilha mecânica das parcelas 25/08/2014. Selvíria/MS.....	171
Figura 46 - Determinação de produção, massa de 100 grãos e umidade. Selvíria/MS.....	171
Figura 47 - Contador Mecânico de grãos para determinação de grãos por vagem.....	171

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área total sob Plantio Direto nos 20 principais países.....	25
Tabela 2 - Evolução da área cultivada no sistema de plantio direto no Brasil (1987-2012)...	25
Tabela 3 - Principais países produtores de milho (2009-2013).....	30
Tabela 4 - Atributos químicos do solo na área experimental, nas profundidades 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m. Selvíria (MS), Brasil (2011/12).....	56
Tabela 5 - Atributos químicos do solo na área experimental, nas profundidades 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m. Selvíria (MS), Brasil (2013/14) ⁽¹⁾	57
Tabela 6 - Descrição dos tratamentos estudados nos experimentos. Selvíria – MS, Brasil (2013/2014).....	71
Tabela 7 - Valores médios da população inicial do milho em cultivo solteiro ou em consórcio com <i>Urochloa ruziziensis</i> , na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).....	82
Tabela 8 - Valores médios da população final do milho em cultivo solteiro ou em consórcio com <i>Urochloa ruziziensis</i> , na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).....	83
Tabela 9 - Valores médios da altura de plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com <i>Urochloa ruziziensis</i> , na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).....	84
Tabela 10 - Valores médios da altura de inserção da espiga nas plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com <i>Urochloa ruziziensis</i> , na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).....	86

Tabela 11 - Valores médios da massa seca de parte aérea das plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com <i>Urochloa ruziziensis</i> , na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).....	88
Tabela 12 - Valores médios do teor de N foliar das plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com <i>Urochloa ruziziensis</i> , na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).....	90
Tabela 13 - Valores médios da massa de sabugo das plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com <i>Urochloa ruziziensis</i> , na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).....	92
Tabela 14 - Valores médios da massa de grãos por espiga das plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com <i>Urochloa ruziziensis</i> , na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).....	93
Tabela 15 - Valores médios da massa de 100 grãos de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com <i>Urochloa ruziziensis</i> , na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).....	96
Tabela 16 - Valores médios da produtividade de grãos das plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com <i>Urochloa ruziziensis</i> , na região de Selvíria – MS, Brasil 2011/12, 2012/13 e 2013/14).....	97
Tabela 17 - Valores médios da massa seca das coberturas vegetais de milho e <i>Urochloa</i> em cultivo solteiro ou em consórcio, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).....	103
Tabela 18 - Valores médios da massa seca das coberturas vegetais, teor de nitrogênio (N) e N acumulado na cobertura vegetal após a colheita do milho em cultivo solteiro ou em consórcio, na região de Selvíria – MS, Brasil (2012/13).....	105

Tabela 19 - Valores médios da massa seca das coberturas vegetais , teor de nitrogênio (N) e N acumulado na cobertura vegetal após a colheita do milho em cultivo solteiro ou em consórcio, na região de Selvíria – MS, Brasil (2013/14).....	106
Tabela 20 - Valores médios da população inicial e população final de plantas em função das coberturas vegetais e doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2013 e 2014).....	108
Tabela 21 - Valores médios da massa seca de plantas e do teor de N foliar em função das coberturas vegetais e doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2013 e 2014).....	109
Tabela 22 - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao teor de N foliar no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2013 e 2014).....	110
Tabela 23 - Valores médios de vagens por planta e grãos por planta em função das coberturas vegetais e doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2013 e 2014).....	112
Tabela 24 - Valores médios de grãos por vagem e massa de 100 grãos em função das coberturas vegetais e doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2013 e 2014).....	114
Tabela 25 - Valores médios da produtividade de grãos e cobertura vegetal final em função das coberturas vegetais e doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2013 e 2014).....	116
Tabela 26 - Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,00-0,10 m, antes e após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).....	120

Tabela 27 - Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,00-0,10 m, antes e após 3 anos de cultivo, Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).....	121
Tabela 28 - Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,10-0,20 m, antes e após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).....	123
Tabela 29 - Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,10-0,20 m, antes e após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).....	124
Tabela 30 - Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,20-0,30 m, antes e após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).....	125
Tabela 31 - Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,20-0,30 m, antes e após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).....	126

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
2	REVISÃO DE LITERATURA	24
2.1	SISTEMA PLANTIO DIRETO	24
2.2	A CULTURA DO MILHO	27
2.3	CONSÓRCIO MILHO x UROCHLOA	33
2.4	FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE N ₂ EM GRAMÍNEAS	38
2.5	A CULTURA DO FEIJÃO	43
2.6	FEJOEIRO EM SUCESSÃO A GRAMÍNEAS DE VERÃO	46
2.7	ADUBAÇÃO NITROGENADA NO FEJOEIRO	48
2.8	FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE N ₂ NO FEJOEIRO	51
3	MATERIAL E MÉTODOS	56
3.1	ÁREA EXPERIMENTAL	56
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	56
3.3	CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DADOS CLIMÁTICOS	57
3.4	PROJETOS DESENVOLVIDOS	59
3.4.1	Inoculação de <i>Azospirillum brasilense</i> no milho e/ou <i>Urochloa ruziziensis</i> solteiros ou consorciados em sistema plantio direto	59
3.4.1.1	Tratamentos e delineamento experimental	59
3.4.1.2	Implantação e condução dos experimentos	59
3.4.1.2.1	<i>Ano agrícola 2011/12</i>	60
3.4.1.2.2	<i>Ano agrícola 2012/13</i>	62
3.4.1.2.3	<i>Ano agrícola 2013/14</i>	64
3.4.1.3	Avaliações fitotécnicas	66
3.4.1.3.1	<i>Milheto</i>	66
3.4.1.3.1.1	<i>Matéria seca do milheto</i>	66
3.4.1.3.2	<i>Milho e Urochloa</i>	67
3.4.1.3.2.1	<i>População inicial e final de plantas</i>	67
3.4.1.3.2.2	<i>Altura de plantas</i>	67

3.4.1.3.2.3	Altura de inserção de espiga.....	67
3.4.1.3.2.4	Massa seca de parte aérea.....	68
3.4.1.3.2.5	Teor de N nas folhas.....	68
3.4.1.3.2.6	Massa do sabugo.....	68
3.4.1.3.2.7	Massa de grãos por espiga.....	69
3.4.1.3.2.8	Massa de cem grão	69
3.4.1.3.2.9	Produtividade de grãos	69
3.4.1.3.2.10	Massa seca da cobertura vegetal.....	69
3.4.1.4	<i>Análise estatística dos dados</i>	70
3.4.2	Efeito residual de coberturas vegetais inoculadas ou não com <i>Azospirillum</i> <i>brasiliense</i> associados à adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro de inverno	70
3.4.2.1	<i>Tratamentos e delineamento experimental</i>	70
3.4.2.2	<i>Implantação e condução dos experimentos</i>	71
3.4.2.2.1	<i>Ano de 2013</i>	71
3.4.2.2.2	<i>Ano de 2014</i>	74
3.4.2.3	<i>Avaliações fitotécnicas</i>	76
3.4.2.3.1	<i>Teor de Nitrogênio das Coberturas Vegetais</i>	76
3.4.2.3.2	<i>Nitrogênio Acumulado das Coberturas Vegetais</i>	76
3.4.2.3.3	<i>População de plantas</i>	76
3.4.2.3.4	<i>Massa seca de plantas</i>	76
3.4.2.3.5	<i>Teor de nitrogênio nas folhas</i>	77
3.4.2.3.6	<i>Componentes de produção</i>	77
3.4.2.3.7	<i>Massa de cem grãos</i>	77
3.4.2.3.8	<i>Produtividade de grãos</i>	77
3.4.2.3.9	<i>Massa seca final da cobertura vegetal</i>	78
3.4.2.3.10	<i>Atributos físicos do solo</i>	78
3.4.2.4	<i>Análise estatística dos dados</i>	78
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	79

4.1	Inoculação de <i>Azospirillum brasilense</i> no milho e/ou <i>Urochloa ruziziensis</i> solteiros ou consorciados em sistema plantio direto	79
4.1.1	MILHETO	79
4.1.2	MILHO E <i>UROCHLOA</i>	80
4.2	Efeito residual de coberturas vegetais inoculadas ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> associados à adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro de inverno	104
4.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
5	CONCLUSÕES.....	131
	REFERÊNCIAS.....	132
	APÊNDICE I – FOTOS DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	159
	APÊNDICE II – FOTOS DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	166

1 INTRODUÇÃO

O milho é um cereal de grande importância para o agronegócio mundial, por ser considerado o principal insumo na produção de ração animal e constituir base energética na produção de alimentos.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial e a área de milho na primeira safra 2015/16, de acordo com a Companhia Nacional de Alimentos - CONAB (2016) deverá atingir 5.665,3 mil hectares, produção nacional em torno de 27.764,8 mil toneladas e uma produtividade média de 4.801 kg ha⁻¹, refletindo um decréscimo de 7,8% e 7,7% e acréscimo de 0,1% respectivamente, quando comparado com o exercício anterior.

O país ocupa a sexta posição dentre as principais economias do mundo concentrando mais de 50% do produto interno bruto no agronegócio e até 2020 estima-se um crescimento de 40% na produção de alimentos. Paralelo a esse crescimento, encontra-se preocupação relacionada ao desenvolvimento de uma produção sustentável capaz de atender às demandas mundiais e o Sistema Plantio Direto (SPD) pode ser uma das alternativas encontradas para mitigar os impactos ambientais negativos oriundos da produção de grãos.

A maior limitação para a sustentabilidade do plantio direto na maior parte do Estado de São Paulo e Brasil Central é a baixa produção de palha no período de outono-inverno. Por essa razão muitas áreas nessas regiões, ficam ociosas durante sete meses do ano e com baixa cobertura vegetal, comprometendo a viabilidade e a sustentabilidade do plantio direto (BARDUCCI et al., 2009). Na busca de solução para esse problema tem-se o sistema de consórcio de culturas de grãos com espécies forrageiras que proporcionam melhora na qualidade física e química do solo e a produção de palha para o plantio direto no período de entressafra (NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). Portanto, a utilização da espécie forrageira entre as espécies cultivadas, com potencial para promover melhora na fertilidade no solo em razão da quantidade e da qualidade de fitomassa que aporta ao solo, assume relevância de cunho econômico, por viabilizar uma cobertura permanente do solo para a próxima cultura.

A área de feijão da terceira safra (cultivo de inverno), que é possível pela utilização da irrigação, está estimada em 679,3 mil hectares, repetindo o valor da área cultivada na safra passada e índices de produtividade acima da obtida em 2014/15, com acréscimo de 1,7%, chegando a 1.292 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016).

Os solos brasileiros apresentam, em sua maioria, baixo teor de nitrogênio disponível à nutrição das plantas, tornando a adubação nitrogenada, prática, indispensável para a produção

agrícola e, neste contexto, os fertilizantes inorgânicos se destacam como a principal forma de adição do nutriente ao solo (DARTORA et al., 2013). O Brasil importa mais de 70% da matéria prima para produção de fertilizantes nitrogenados, o que onera ainda mais os custos com adubação mineral em vista dessa dependência do mercado externo.

Diante dessa dependência, o emprego do sistema de plantio direto também traz grandes contribuições, uma vez que o mínimo revolvimento do solo e a manutenção de resíduos vegetais na superfície diminuem a oscilação de temperatura e umidade do solo, o que favorece a sobrevivência das bactérias que fixam o N_2 atmosférico (HUNGRIA et al., 2013). Assim a utilização de estratégias relacionadas ao uso racional dos recursos naturais e as tecnologias disponíveis para melhor rendimento das culturas torna-se fundamental nos modelos agrícolas atuais.

Dentre as espécies de bactérias, o *Azospirillum brasilense*, apresenta resultados satisfatórios quando associados a plantas da família poáceae, sendo relatado o uso desta bactéria associada a pequenas doses de nitrogênio eficiente ao crescimento de plantas e em produtividade (VOGEL et al., 2013). Além das poáceas, é notória a importância da associação de leguminosas com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, uma tecnologia capaz de substituir, pelo menos parcialmente, a utilização de fertilizantes químicos resultando em benefícios ecológicos e econômicos ao produtor.

Com relação aos benefícios encontrados pela interação de bactérias fixadoras de N_2 , como *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, destaca-se, além do fornecimento de nitrogênio oriundo da fixação biológica, aumento da área radicular da planta, nodulação precoce, aumento no número de nódulos, e uma melhora geral no desenvolvimento do sistema radicular (VOLPIN; KAPULNIK, 1994).

Diante do exposto levantam-se questões sobre os novos sistemas de produção e as tecnologias empregadas nas pequenas, médias e grandes propriedades rurais. Dessa forma, o presente estudo objetivou avaliar a inoculação de *Azospirillum brasilense* no desempenho agrônomo do milho e/ou *Urochloa ruziziensis*, além do efeito residual dessas gramíneas no feijoeiro de inverno cultivado em sucessão e inoculado com *Rhizobium tropici*, associado a doses de N em cobertura sob sistema plantio direto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO

O Brasil ocupa a sexta posição dentre as principais economias do mundo, concentrando mais de 50% do produto interno bruto no agronegócio, paralelo a esse cenário promissor, encontra-se uma grande preocupação relacionada à produção sustentável de alimentos que atenda às demandas mundiais e o Sistema Plantio Direto (SPD) mostra-se como uma das alternativas encontradas para mitigar os impactos ambientais negativos oriundos da produção de grãos.

A expansão do SPD, pelo país, está cada vez mais diversificando as formas como os sistemas de produção são implantados e manejados e assume grande importância por constituir uma maneira racional de cultivo, por atenuar problemas com erosão, desestruturação do solo, perdas de nutrientes e desequilíbrio da macro e micro fauna. O SPD ganhou mais visibilidade nesses últimos anos em várias culturas, pois, tem uma vantagem a mais quando comparado ao sistema convencional citando assim, a melhor relação da conservação do solo (CRUZ et al., 2014).

O SPD é o maior projeto ambiental dos trópicos sendo um complexo de preceitos da agricultura conservacionista destinado à exploração de sistemas agrícolas produtivos, compreendendo mobilização de solo apenas na linha de semeadura, manutenção de resíduos culturais na superfície do solo e diversificação de espécies estruturada em modelos de produção agrícola ou agropastoril, via rotação, sucessão e/ou consorciação de culturas (DENARDIN et al., 2012).

Na agricultura conservacionista, os primeiros registros de ações com SPD no Brasil são de 1972, em Rolândia, Paraná que tinha como principal objetivo combater a erosão, diminuir o escoamento superficial da água da chuva e facilitar a sua infiltração no perfil do solo, o plantio direto esta se desenvolvendo no Brasil, com domínios de tecnologias para produzir alimentos em solos de baixa fertilidade natural, tais como boa parte dos solos de Cerrado (CARDOSO, 2000).

Atualmente é um sistema de cultivo que abrange várias regiões do mundo, sendo que, nos 20 principais países as áreas variam de 200 mil (Alemanha e França) hectares até 35 milhões de hectares (Estados Unidos) conforme Tabela 1.

Tabela 1. Área total sob Plantio Direto nos 20 principais países (2015).

País	Área (ha) / Ano	País	Área (ha) / Ano
1-Estados Unidos	35.613.000 (2009)	11-Uruguai	1.072.000 (2013)
2-Brasil	31.811.000 (2012)	12-Espanha	792.000 (2013)
3-Argentina	29.181.000 (2013)	13-Bolívia	706.000 (2007)
4-Canadá	18.313.000 (2013)	14-Ucrânia	700.000 (2013)
5-Austrália	17.695.000 (2014)	15-Itália	380.000 (2013)
6-China	6.670.000 (2013)	16-África do Sul	368.000 (2008)
7-Rússia	4.500.000 (2011)	17-Zimbábue	332.000 (2013)
8-Paraguai	3.000.000 (2013)	18-Venezuela	300.000 (2013)
9-Casaquistão	2.000.000 (2013)	19-Alemanha	200.000 (2013)
10-Índia	1.500.000 (2013)	20-França	200.000 (2013)

Fonte: Adaptado de Derpsch e Friedrich (2010)

A evolução do SPD no Brasil está apresentada na Tabela 2. Nota-se que no ano de 1972/73 a área de Plantio Direto era de apenas 180 ha, aumentando em mais de 20 x no ano seguinte. No ano de 1990/91 já havia 1 milhão de hectares que adotavam esse sistema e no último levantamento realizado em 2011/12 foram registrados mais de 30 milhões de hectares em todo o Brasil.

Tabela 2. Evolução da área cultivada no sistema de plantio direto no Brasil (1987-2012).

Ano	Área (ha)	Ano	Área (ha)	Ano	Área (ha)	Ano	Área (ha)
1972/73	180	1982/83	260.000	1992/93	2.025.000	2002/03	20.244.038
1973/74	4.090	1983/84	380.000	1993/94	3.000.000	2003/04	21.863.561
1974/75	8.000	1984/85	500.000	1994/95	3.800.000	2004/05	23.612.645
1975/76	32.500	1985/86	575.000	1995/96	5.500.000	2005/06	25.501.656
1976/77	57.000	1986/87	650.000	1996/97	8.847.000	--	--
1977/78	55.500	1987/88	725.000	1997/98	11.325.000	--	--
1978/79	54.000	1988/89	800.000	1998/99	13.373.000	--	--
1979/80	129.500	1989/90	900.000	1999/00	14.334.000	--	--
1980/81	205.000	1990/91	1.000.000	2000/01	17.356.000	--	--
1981/82	232.500	1991/92	1.350.000	2001/02	18.744.480	2011/12	31.811.000

Fonte: Adaptado de Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (2012)

Para as regiões subtropical e tropical do Brasil, são requeridos cerca de 8.000 a 12.000 kg ha⁻¹ de matéria seca por ano agrícola para atender a demanda da atividade biológica do solo na manutenção e/ou construção de fertilidade do solo (biológica, física e química) e essa quantidade deve ser provida pelos restos culturais das espécies econômicas cultivadas ou pelo cultivo de plantas de cobertura de solo ou adubos verdes. (DENARDIN et al., 2012).

Entre as características desejáveis na seleção de espécies para a formação de resíduos vegetais, destacam-se a produção de fitomassa em quantidades adequadas e a capacidade de

acumular N, pela fixação biológica ou pela absorção do nutriente no solo (SILVA et al., 2009). Essas características somadas à relação C/N do material vegetal residual apontam o potencial das plantas de cobertura na disponibilização de N para as culturas sucessoras (OLIVEIRA et al., 2002; BOER et al., 2007).

Percebe-se que a manutenção e/ou a construção da fertilidade do solo é condicionada pela quantidade, qualidade e frequência do material orgânico produzido e aportado ao solo pelas plantas que compõem o modelo de produção adotado no sistema agrícola produtivo. O desenvolvimento desse sistema só se tornou possível graças a um trabalho conjugado de agricultores, pesquisadores, fabricantes de semeadoras, e técnicos interessados em reverter o processo acelerado de degradação do solo e da água verificado em nosso país (LOPES et al., 2004). Solos com declividades iguais, o SPD reduz em cerca de 75% as perdas de solo e em 20% as perdas de água, em relação às áreas onde há revolvimento do solo (OLIVEIRA et al., 2002).

Neste sistema de cultivo, depois de implantado, seus benefícios alargam não somente ao solo, mas ao rendimento da produção das culturas e também na preservação de todo o sistema de vida em toda a estrutura física e mineral e também de microrganismos no solo (CRUZ et al. 2014). A permanência da palhada sobre a superfície do solo é importante ainda para a proteção do sistema solo-planta beneficiando a manutenção da umidade e favorecendo a biota do solo e a ciclagem de nutrientes (CALVO et al., 2010).

Nesse contexto, Dalmago et al. (2009) puderam observar que a retenção de água em um Argissolo Vermelho sob SPD é maior do que no preparo convencional, especialmente nas camadas superficiais, bem como a disponibilidade de água as plantas. Ademais, nota-se a importância do aumento dos macroporos em SPD a conservação do solo e da água, pois está diretamente relacionado com a melhoria da aeração e infiltração de água no solo nas camadas de maior exploração radicular das plantas (SCHIAVO; COLODRO, 2012) e diminuir de duas e seis vezes as perdas em função do escoamento (NICHOLLS; ALTIERI, 2012).

Uma adequada formação, manutenção e distribuição de resíduos de culturas no solo é prática adotada comumente dentro do SPD para o controle e proteção da erosão do solo e para melhorar a infiltração de água das chuvas. Através de uma pesquisa realizada por Panachuki et al. (2011) que avaliou as perdas de água e estimou a taxa de infiltração estável de água no solo em diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada (60 mm h^{-1}), associados a três níveis de cobertura do solo com resíduo vegetal, conclui-se que os tratamentos sob semeadura

direta sem cobertura do solo e sob preparo com grade aradora apresentaram maiores perdas de solo e de água, e valores mais baixos de taxa de infiltração estável de água.

Klein (2011) constatou que o solo na linha de semeadura tolera mais a variação de umidade em relação à entrelinha permanecendo por mais tempo dentro da faixa de umidade ótima, isso em cultivo de milho, onde a arquitetura da planta induz a destinação da precipitação ao colmo e, posteriormente, ao solo, próximo às raízes, desde que a infiltração seja eficiente, além disso, o revolvimento apenas na linha de semeadura, por ocasião da semeadura, também se mostra importante, já que cria microrrelevo propício à infiltração.

O SPD tem demonstrado melhor aproveitamento das áreas e uma melhor produtividade para os agricultores ao redor do mundo e não apenas no Brasil, no entanto, além de se ter um melhor aproveitamento daquilo que nossos solos pode nos oferecer em termos nutricionais, acarreta um cuidado também com os ecossistemas em geral, preservação de solos, e de todas as fontes hídricas que temos, além de fazer a troca atmosférica de carbono e maior fixação de nitrogênio no solo (BORTOLETI JUNIOR et al., 2015).

Sabundjian et al. (2014) destacam que aproveitar de forma racional os sistemas produtivos criados a partir do SPD requer conhecimento de diversas áreas de estudo considerando a administração financeira da propriedade fundamental para avaliar a rentabilidade das práticas adotadas dentro dos sistemas de produção, auxiliando na tomada de decisão dos investimentos operacionais.

2.2 CULTURA DO MILHO

O milho é uma monocotiledônea pertencente à divisão *Magnoliophyta*, classe *Liliopsida*, subclasse *Commelinidae*, ordem *Poales*, família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Andropogonea*, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* (L.). O caráter monoico e a sua morfologia característica resultam da supressão, condensação e multiplicação de várias partes da anatomia básica das gramíneas. Contudo, o resultado geral da seleção natural e da domesticação foi produzir uma planta anual, robusta e ereta, de um a quatro metros de altura (MAGALHÃES; SOUZA, 2011).

Segundo Duarte et al. (2010) o milho é a mais importante planta comercial originária nas Américas e com indícios de surgimento no México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos, através de escavações arqueológicas e geológicas, de que é cultivado há pelo

menos cinco mil anos e por essa razão é considerada uma das culturas mais antigas do mundo. Logo depois do descobrimento da América, o milho foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins, até que seu valor alimentício tornou-se conhecido. Passou, então, a ser plantado em escala comercial e espalhou-se em grandes variações de latitude, abrangendo desde União Soviética até Argentina (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

A produtividade do milho é função de vários fatores integrados, sendo os mais importantes a interceptação de radiação pelo dossel, eficiência metabólica, eficiência de translocação de fotossintatos para os grãos e a capacidade de dreno (SANS; GUIMARÃES, 2010). Em relação aos fatores climáticos, os de maior influência sobre a cultura são a radiação solar, a precipitação e a temperatura, pois atuam eficientemente nas atividades fisiológicas interferindo diretamente na produção de grãos e de matéria seca.

Rezende et al. (2004) relatam que a cultura do milho é produzida em climas que variam desde a zona temperada até a tropical, durante os períodos em que as temperaturas médias são superiores a 15°C e não ocorrem as geadas. Já quando as temperaturas médias durante o período de crescimento são superiores a 20°C, o ciclo das variedades precoces de produção de grãos varia de 80 a 110 dias, e o das variedades médias, de 110 a 140 dias, para a atingir a fase de maturação fisiológica.. De acordo com Doorenbos e Kassam (1979), para obter a produção máxima, com período médio de amadurecimento, o milho necessita de 500 a 800 mm de água, dependendo do clima.

Por pertencer ao grupo de plantas C4, o milho apresenta alta taxa fotossintética, respondendo com elevados rendimentos ao aumento da intensidade luminosa e a maior sensibilidade à variação de luz ocorre no início da fase reprodutiva, ou seja, nos primeiros 15 dias após o pendoamento, dessa forma uma redução de 30 a 40% da intensidade luminosa ocasiona atraso na maturação dos grãos, principalmente em cultivares tardias, mais carentes de luz (LANDAU; SANS; SANTANA, 2012).

De acordo com Magalhães e Souza (2011), o milho é uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existentes na natureza, devido à sua grande capacidade de acumulação de fotoassimilados, pois apenas uma semente que pesa pouco mais de 0,3 g irá surgir uma planta geralmente com mais de 2,0 m de altura, isto dentro de um espaço de tempo de cerca de nove semanas e nos meses seguintes, essa planta produz cerca de 600 a 1.000 sementes similares àquela da qual se originou.

Diante desses aspectos gerais da cultura é um cereal de grande importância para o agronegócio mundial, por ser considerado o principal insumo na produção de ração animal, constituindo base energética na produção de diversos tipos de alimentos e da indústria de alta tecnologia (FORNASIERI FILHO, 2007).

Dentre os múltiplos usos do milho (planta, espiga e grão) foram encontradas aproximadamente 75 produtos derivados e no Brasil destacam-se: silagem para a alimentação animal; produção de ração para aves, suínos, bovinos e outros mamíferos; emprego do grão em mistura com concentrados protéicos; indústria de alimentos com a produção de amidos, fubás, farinhas, canjica etc e até na fabricação de substâncias produtoras de bebidas como cervejas, refrigerantes, adesivos, sacos de papel, papelão, produtos farmacêuticos, madeira e tecidos (JORNAL AGROCERES, 1994).

Já que o milho é insumo para produção de produtos relacionados à nutrição animal, vale ressaltar que na cadeia produtiva de suínos e aves, são consumidos em torno 70% dos grãos produzidos no mundo e entre 70 e 80% produzidos no Brasil. Dessa forma, os acontecimentos no mercado do milho tornam-se importantes, dentro do panorama mundial e nacional da produção e consumo da carne de suíno e de frango e do posicionamento do Brasil neste contexto (DUARTE et al., 2011).

Para a produção de um quilo de carne de aves de corte normalmente são necessários 2,0 kg de ração com composição de 1,4 kg de milho; para carne de porco, 2,8 kg de rações para um quilo de carne com 2 kg de milho. A justificativa para o aumento da produção de milho no Brasil é calcada basicamente no aumento da demanda futura, pois caso não haja uma contrapartida mundial no âmbito produtivo haverá aumento considerável no preço dos alimentos e o Brasil é um dos poucos países que ainda dispõe de áreas para crescimento de sua agricultura (MIRANDA; LÍCIO, 2014).

Na Tabela 3 estão representados os dez principais países produtores de milho, sendo os Estados Unidos, China e Brasil, que lideram esse ranking e em 2013, produziram: 353,69; 218,62; e 80,27 milhões de toneladas, respectivamente. Dentre estes, merece destaque o crescimento da produção, no período de 2009-2013, do Brasil, com crescimento aproximado de 60%.

Já em 2014 e 2015 os três principais produtores alcançaram os seguintes valores: Estados Unidos: 361,14 e 345,19 milhões de toneladas, China: 215,7 e 225,0 milhões de toneladas e Brasil: 84,0 e 79,0 milhões de toneladas respectivamente (USDA, 2015).

Tabela 3. Principais países produtores de milho (2009-2013).

País/ano	Produção (1.000 t)				
	2009	2010	2011	2012	2013
Estados Unidos	332.548	316.164	313.948	273.820	353.699
China	164.107	177.540	192.904	208.234	218.623
Brasil	50.719	55.364	55.660	71.072	80.273
Argentina	13.121	22.663	23.799	23.799	32.119
Índia	16.719	21.725	21.760	22.260	23.290
México	20.142	23.301	17.635	22.069	22.663
Ucrânia	10.486	11.953	22.837	20.961	30.949
Indonésia	17.629	18.327	17.643	19.387	18.511
França	15.288	13.974	15.913	15.614	15.053
África do Sul	12.050	12.815	10.360	11.830	12.486

Fonte: Faostat (2015)

Pode-se observar que o crescimento está relacionado com o avanço na qualidade tecnológica de produção da cultura do milho no Brasil, através da adoção de tecnologias como sementes recomendadas, agricultura conservacionista e práticas de manejo que contribuem para esse crescimento. Nota-se com esses indicativos que a produtividade nacional do milho tem potencial para ser aumentada, qualificando e adotando estratégias de manejo que as cultivares possam expressar o máximo potencial produtivo.

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2015), em seu 5º levantamento para a safra mundial de milho 2015/16, prevê uma produção global de 978,1 milhões de t, volume 7,5 milhões de t inferior ao estimado no relatório anterior. O consumo global do cereal foi revisado para 985,6 milhões de t, 2,3 milhões de t inferior ao previsto em agosto, porém ainda um volume recorde. Os estoques finais globais também foram revisados para baixo, chegando a 189,7 milhões de t, resultado 5,4 milhões de t menor do que o estimado no mês anterior. As exportações estão estimadas em 123,5 milhões de t, o que se confirmado, representaria uma redução de 6,2% em relação a 2014/15.

Para o cenário brasileiro, segundo uma projeção realizada pela OCDE-FAO (2015), a perspectiva para o período de 2015 a 2024 é que o consumo alimentar deve aumentar após um leve declínio em 2016, crescendo a 1,5% ao ano para cerca de 49,9 milhões de t em 2024, 23% acima do volume do período base e o consumo total deve aumentar a uma taxa média de 1,4% ao ano para alcançar 62,7 milhões de t em 2024, 22% acima do nível do período base.

A área de milho total safra 2015/16, de acordo com a Companhia Nacional de Alimentos - CONAB (2016) deverá atingir 15.215,9 mil hectares, produção nacional em torno

de 82.327,4 mil toneladas e uma produtividade média de 5.411 kg ha⁻¹, refletindo um decréscimo de 3,0% e 2,8% e acréscimo de 0,3% respectivamente, quando comparado com o exercício anterior.

Já para a área de milho na primeira safra 2015/16, de acordo com a Companhia Nacional de Alimentos - CONAB (2016) deverá atingir 5.665,3 mil hectares, produção nacional em torno de 27.764,8 mil toneladas e uma produtividade média de 4.801 kg ha⁻¹, refletindo um decréscimo de 7,8% e 7,7% e acréscimo de 0,1% respectivamente, quando comparado com o exercício anterior. Os motivos para tal redução são vários, mas a menor rentabilidade, os altos custos, maior risco de produção e a tendência observada nos últimos anos, de recuo na intenção de plantio desta cultura, a qual deve perder espaço para a soja.

Segundo Landau, Sans e Santana (2012), para um bom desenvolvimento da cultura do milho, fatores relacionados ao solo apresentam grande importância. Assim, os mais recomendados são solos de textura média, com teores de argila em torno de 30-35% ou mesmo argilosos com boa estrutura, como os latossolos, que possibilitam drenagem adequada, apresentam boa capacidade de retenção de água e de nutrientes disponíveis para as plantas. Os mesmos autores citam que solos com teor de argila inferior a 15% (arenosos) devem ser evitados, devido à sua baixa capacidade de retenção de água e nutrientes disponíveis para as plantas tornando-os mais suscetíveis à lixiviação, perdas de água por evaporação.

O milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nutrientes do solo para sua adequada nutrição e, pode-se dizer que o nitrogênio apresenta importante função principalmente por constituir alguns aminoácidos, proteínas, sendo que algumas delas têm funções enzimáticas responsáveis pelos processos de absorção elementos minerais, fotossíntese e respiração (MALAVOLTA; PIMENTEL-GOMES; ALCARDE, 2002).

A capacidade produtiva do solo depende de sua fertilidade e a cultura do milho é exigente no aspecto nutricional, sendo que, para uma produtividade de grãos de 10 t ha⁻¹ a extração média de nutrientes é a de 217, 42, 157, 32, 33 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, respectivamente (COELHO; FRANÇA, 1995). No que se refere à exportação dos nutrientes, o fósforo é quase todo translocado para os grãos (77 a 86 %), seguindo-se o nitrogênio (70 a 77 %), o enxofre (60 %), o magnésio (47 a 69 %), o potássio (26 a 43 %) e o cálcio (3 a 7 %) (COELHO; FRANÇA, 2013).

Do ponto de vista econômico e ambiental, a dose de N a aplicar é, para muitos, a mais importante decisão no manejo do fertilizante. Com a crescente adoção do SPD, no Brasil, e a

necessidade de utilizar culturas de cobertura e rotação de culturas, visando a sustentabilidade desse sistema, são aspectos que devem ser considerados na otimização da adubação nitrogenada.

A utilização do nitrogênio é considerada fundamental para obter-se incremento da produtividade das culturas. Entretanto, os solos brasileiros apresentam, em sua maioria, baixo teor de N disponível tornando a adubação nitrogenada uma prática indispensável. Neste contexto, os fertilizantes inorgânicos se destacam como a principal forma de adição do nutriente ao solo (DARTORA et al., 2013). O Brasil importa mais de 70% da matéria prima para produção de fertilizantes nitrogenados, o que onera ainda mais os custos com adubação mineral em vista essa dependência do mercado externo.

O nitrogênio por ser o nutriente extraído em maior quantidade pelo milho é também o que mais onera o custo de produção da cultura (SILVA et al., 2005). Esse custo poderá ser ainda mais elevado pois o nitrogênio aplicado ao solo na forma de fertilizantes minerais segue diferentes caminhos: uma parte é absorvida pelas plantas; outra, perdida do sistema solo-planta por processos de lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação (LARA CABEZAS et al., 2000); o restante permanece no solo, predominantemente, na forma orgânica (SILVA et al., 2006).

Em busca de produção que atenda a demanda, faz-se necessário a utilização do nitrogênio dentro do sistema produtivo, visto sua importância para alcançar bons rendimentos. Segundo Guareschi et al. (2013), houve resposta à aplicação da adubação com N em todas as variáveis analisadas neste trabalho, sendo a ausência de adubação nitrogenada prejudicial ao desenvolvimento do milho.

Além dos custos elevados relacionados à prática de adubação nitrogenada principalmente pela importação de aproximadamente 70%, observa-se que a utilização dos materiais genéticos disponíveis no mercado requer doses elevadas no nutriente por apresentarem características responsivas à prática de adubação. Pode-se observar, em um trabalho desenvolvido por Dartora et al. (2013), que a aplicação de doses crescentes de N em cobertura, proporcionou incremento no desenvolvimento da planta e produtividade de grãos até a dose de 160 kg ha⁻¹ de N, confirmando os benefícios e a importância do nitrogênio às plantas.

Há uma grande diversidade nas condições de cultivo do milho no Brasil desde a agricultura tipicamente de subsistência, sem utilização de insumos modernos (produção

voltada para consumo na propriedade e eventual excedente comercializado) até lavouras que utilizam o mais alto nível tecnológico, alcançando produtividades equivalentes às obtidas em países de agricultura mais avançada (DUARTE et al., 2009).

As técnicas agrícolas recomendadas há 70 anos atrás para a cultura do milho diferem bastante das atualmente empregadas em vários aspectos. De modo geral observa-se uma agricultura altamente dependente de insumos externos, principalmente quanto ao uso de sementes híbridas, ao uso de cultivares transgênicas, ao uso de adubos e defensivos químicos, ao aumento da mecanização e ao aumento da densidade de plantas por unidade de área como consequência da redução do porte das plantas e do espaçamento entre linhas (GALVÃO et al., 2014).

Apesar desse avanço ao longo das décadas, a cultura do milho é caracterizada no Brasil por um rendimento abaixo do seu potencial, sendo os principais fatores que contribuem para a baixa produtividade do milho, o clima, o potencial genético, o manejo de nutrientes e a fertilidade do solo (VALDERRAMA et al., 2011).

Dessa forma, torna-se fundamental um aperfeiçoamento dos sistemas de produção sustentáveis, com objetivo de alcançar altas produtividades baseados na versatilidade da cultura, que se adapta a diferentes sistemas de produção, e devido à grande produção de fitomassa de alta relação C/N. Por esse motivo sua utilização em programas de rotação e sucessão de culturas no Sistema de Plantio Direto e Integração Lavoura-Pecuária vêm sendo explorada (CRUZ et al., 2010).

2.3 CONSÓRCIO MILHO x UROCHLOA

A maior limitação para a sustentabilidade do SPD na maior parte do Estado de São Paulo e Brasil Central é a baixa produção de palha no período de outono-inverno e inverno/primavera, em função das condições climáticas desfavoráveis, baixa disponibilidade hídrica, caracterizado pelo inverno seco. Assim, muitas áreas nessas regiões, ficam ociosas durante sete meses do ano e com baixa cobertura vegetal, comprometendo a viabilidade e a sustentabilidade do plantio direto (BARDUCCI et al., 2009).

Com adoção de monocultivos em regiões que apresentam inverno seco e altas temperaturas, não há produção de resíduos suficientes para cobertura de palha sobre o solo

por maiores períodos, implicando em restrições no desenvolvimento do SPD (CRUSCIOL et al. 2010, PACHECO et al. 2011).

Como alternativa, tem-se o cultivo consorciado de culturas graníferas como o milho com forrageiras tropicais. Neste sistema, a forrageira produzida pode ser utilizada para a alimentação animal, no período de entressafra, ou como palha, no SPD (NASCENTE; CRUSCIOL, 2012) proporcionando melhorias na qualidade física e química do solo. Dentre esses consórcios o mais comum é o realizado com milho e o gênero *Urochloa* (BORGHI; CRUSCIOL, 2007; FREITAS et al., 2008, PARIZ et al., 2009; DAN et al., 2011; GIMENES et al., 2011).

Conhecido como Sistema Santa Fé, singularmente estruturado por sucessão e consorciação de culturas anuais e semiperenes (milho + forrageira), em SPD, é caracterizado pelo cultivo de três safras agrícolas por ano em uma mesma área, com apenas duas operações de semeadura (DENARDIN et al., 2012). Portanto, a utilização da espécie forrageira entre as espécies cultivadas, com potencial para promover emergência de fertilidade no solo em razão da quantidade e da qualidade de fitomassa que aporta ao solo, assume relevância de cunho econômico, por viabilizar uma cobertura permanente do solo para a próxima cultura.

Os principais benefícios gerados pelo sistema do consórcio de grãos com forrageiras são os seguintes: rotação de culturas diminuindo o impacto de pragas, doenças e invasoras; acúmulo de resíduos vegetais em quantidade e qualidade para o plantio direto; menor custo de produção; diversificação das atividades rurais durante todo o ano; recuperação de nutrientes lixiviados ou drenados para camadas mais profundas do solo; incremento da matéria orgânica do solo e redução da pressão para abertura de novas áreas para plantios, caracterizando a sustentabilidade (KICHEL et al., 2015). É um sistema adotado em diferentes épocas do ano, e o consórcio de milho safrinha com forrageiras perenes poderá para manter o rendimento de grãos de milho e produzir palha durante e após a colheita do milho, devido ao crescimento da forrageira até sua dessecação para semeadura da cultura de verão (CECCON et al., 2013).

Conforme relatado por Chioderoli et al. (2012), o SPD conciliado ao consórcio de culturas anuais com forrageiras, melhoram as condições físicas do solo devido à maior produção de palha, favorecendo a infiltração de água, diminuição do processo erosivo e, conseqüentemente, a manutenção da estabilidade do sistema auxiliando na agregação, estruturação e permeabilidade do solo, podendo favorecer o desenvolvimento do sistema radicular e permitir a maior exploração do perfil do solo.

Esse fato está relacionado com a presença de uma boa cobertura do solo, que promove melhoria das condições físicas e químicas em médio prazo e contribuir com a produção e o desenvolvimento das plantas. Outro fato é provocar alterações que afetam a retenção de água, resistência mecânica e modificações na porosidade e densidade do solo (KLEIN; CÂMARA, 2007; VIEIRA; KLEIN, 2007).

Segundo Garcia et al. (2013), os consórcios das forrageiras com milho em diferentes épocas de semeadura (simultaneamente ou na adubação de cobertura) dos gênero *Urochloa* não afetam o teor N foliar, os componentes de produção e a produtividade de grãos em relação ao milho em cultivo solteiro no Cerrado. As maiores produtividades de massa seca das forrageiras foram nos consórcios semeados na ocasião da adubação nitrogenada de cobertura do milho.

Além disso, os consórcios não afetam os componentes de produção (fileiras por espiga, grãos por fileira, espigas por metro, estande e massa de 1000 grãos), altura e produtividade do milho, mas interferem na densidade, matéria seca por planta e por área das cultivares do gênero *Urochloa* (IKEDA et al., 2013)

A viabilidade técnica e econômica no consórcio de milho com *Urochloa* é baseada na manutenção do milho como cultura de rendimento econômico e da forrageira pela a produção de palha para cobertura do solo, principalmente no período entre a colheita do milho e a dessecação que antecede a semeadura da cultura seguinte (CECCON, 2007).

O milho é uma cultura competitiva em consórcio com forrageiras, visto que o porte alto das plantas de milho exerce, pressão de supressão depois de estabelecidas sobre as demais espécies que crescem no mesmo local, além disso, ressalta-se que pela altura de inserção da espiga permite a realização da colheita sem problemas de embuchamento (ALVARENGA et al., 2006).

Dentre as espécies forrageiras para o consórcio com o milho, a *Urochloa. ruziziensis* é uma das mais utilizadas, por apresentar boa produtividade de massa durante o cultivo com milho, facilidade e menor dose de controle com herbicidas, pequeno intervalo entre a dessecação e a semeadura subsequente. Quando o objetivo é obter palha para imediata semeadura de uma cultura em sucessão, porém, quando o objetivo é formação de pastagem, outras espécies podem ser utilizadas (CECCON; CONCENÇO, 2014).

De acordo com Correia, Leite e Fuzita (2013), pesquisando sobre o cultivo consorciado de milho com *Urochloa ruziziensis*, observaram que a produção de grãos não foi prejudicada

em relação ao milho solteiro e esse consórcio beneficiou a população de plantas e a produção de grãos da soja cultivada em sucessão em relação ao monocultivo de milho no mesmo período. Da mesma forma, Kichel et al. (2014) observaram que altas produtividades de grãos podem ser obtidas nos cultivos em consórcio com milho safrinha, formando palhada com forrageiras que aumentam a produtividade de soja cultivada em sucessão.

Alves et al. (2013), quando estudaram milho safrinha consorciado com *U. ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão, verificaram que em altas densidades de plantas, a competição intraespecífica da *U. ruziziensis* minimiza as influências sobre o milho safrinha em consórcio, de maneira a não afetar seu desempenho.

De acordo com Belchor et al. (2013) a consorciação de milho com espécies forrageiras para produção de grãos apresentou bons resultados para as espécies *U. ruzizienses* com semeadura a lanço no estágio V4 e comprovou a viabilidade econômica do sistema integração lavoura apresentando médias satisfatórias de produção de grãos e incremento na área de produção com acréscimo de palhada no solo.

Conforme descrito por Lara - Cabezas (2011), a produtividade de grãos do milho não é afetada pela presença *U. ruziziensis* em consórcio, além de aumentar em 19% a produção resíduos vegetais no solo, importante para regiões com outono/inverno seco.

Apesar da preocupação em relação à competição interespecífica na adoção do consórcio, deve se avaliados outros aspectos relacionados ao sistema de produção, como o manejo de plantas invasoras. Segundo Castro et al. (2011), pode-se alcançar excelente controle em relação ao pousio (98%) pela presença de *U. ruziziensis* no sistema safrinha-forrageira (soja+ *Urochloa* / milho+*Urochloa* / arroz+ *Urochloa* /soja). Da mesma forma Costa et al. (2014) em um trabalho realizado, apresentaram resultados que indicaram menor infestação das plantas invasoras nas áreas com *U. ruziziensis* em consórcio com o milho safrinha em relação a área em pousio, facilitando o manejo das culturas subssequentes.

No SPD, o sucesso da operação de plantio e estabelecimento da cultura em sucessão, está relacionado à definição da modalidade de cultivo anterior (solteiro ou consorciado) a ser adotado. Esse fator interfere na quantidade de massa produzida; a época de dessecação e a dose de herbicida levando em consideração a espécie e o volume de cobertura vegetal produzida (CECCON et al., 2014). Uma dessecação antecipada poderá permitir a emergência de novas plantas invasoras, fazendo com que haja necessidade de várias intervenções de controle até o fechamento da cultura (RAIMONDI et al., 2013).

Dentre as vantagens desse sistema tem-se a diversidade de produção, maiores retornos econômicos e melhoria das condições ambientais de cultivo, com ênfase na ciclagem de nutrientes (KLUTHCOUSKI et al., 2003, CARVALHO et al., 2010, NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). Os resíduos oriundos de culturas antecessoras apresentam importância significativa no processo relacionado à reciclagem de nutrientes. Perin et al. (2010), relatam que a taxa de liberação de N ao solo está relacionada à liberação do C, sendo que o N remanescente segue o mesmo comportamento dos resíduos vegetais, reforçando o conceito de que a relação C/N tem grande contribuição na regulação do processo de decomposição vegetal.

Ao avaliar a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes do consórcio milho e *U. ruziziensis* em solo de Cerrado do oeste da Bahia, Santos et al. (2014) puderam observar que as quantidades de N, P e K liberada até 110 dias, subtraída da quantidade de nutrientes inicial e transformando as quantidades em equivalentes dos adubos, estima-se uma economia de R\$ 243,38 ha⁻¹ na cultura principal. Esse valor é de grande impacto econômico, considerando-se que na fazenda onde foi realizado o experimento, cultivam-se cerca de 15.000 ha; logo, haveria uma economia total em fertilizantes estimada de R\$ 3.650.700,00.

Resultados encontrados por Mendonça et al. (2015) apontam que a semeadura das forrageiras na linha do milho e a lanço simultaneamente ao milho proporcionou maior produtividade de matéria seca para formação de palhada e estão relacionadas diretamente com a quantidade de nutrientes extraídos por cada espécie, sendo o N segundo nutriente mais extraído pelas forrageiras (atrás do P).

A escolha da cobertura vegetal e o manejo do residual podem apresentar grande importância na capacidade de reciclagem dos nutrientes. Segundo Costa et al. (2014), a *Urochloa ruziziensis* apresenta maior acúmulo de N e K em relação à *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e o manejo da palhada com roçadora, triturador horizontal de palha ou rolo-faca, favorece a liberação de N, P e K em relação à planta inteira mantida sobre a superfície do solo.

Trabalhos relacionados à produção da massa da forrageira apontam diferenças de acordo com o sistema de cultivo adotado. Segundo Freitas et al. (2013), a produtividade de grãos de milho não foi alterada pelo consórcio com *Urochloa ruziziensis* e observou-se que a massa da forragem aos 60 dias após a colheita de milho, reduziu-se à medida em que aumentou-se a população de plantas do milho, até 80.000 plantas ha⁻¹. De acordo com Chioderoli et al. (2010), consórcio de milho + *Urochloa ruziziensis* semeada na entrelinha,

promoveu maior produtividade de massa seca de palha total da forrageira (3.831 kg ha^{-1}), do que a forrageira semeada na linha (1.509 kg ha^{-1}) e na época de adubação de cobertura (2.247 kg ha^{-1}).

2.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE N_2 EM GRAMÍNEAS

As culturas do milho e da *Urochloa* (solteiros ou consorciados) são muito exigentes em nitrogênio, e em razão da importância desse nutriente para as espécies, torna-se um fator limitante da produção (COSTA et al., 2012).

Okon e Vanderleyden (1997), baseando-se em dados acumulados durante 22 anos de pesquisa de campo com experimentos de inoculação, concluíram que o gênero *Azospirillum* promove ganhos em rendimento em importantes culturas nas mais variadas condições de clima e de solo. Contudo, esses autores salientam que, além da fixação biológica de nitrogênio, essas bactérias auxiliam no aumento da superfície de absorção das raízes da planta e, conseqüentemente, no aumento do volume de substrato de solo explorado.

Existe um interesse crescente no uso de inoculante contendo bactérias fixadoras de nitrogênio e deve aumentar nos próximos anos, devido principalmente ao aumento dos custos de fertilizantes, as preocupações com a poluição ambiental e a busca pela agricultura sustentável (HUNGRIA et al., 2010). Dentre os processos biológicos que ocorrem na natureza, a fixação biológica do nitrogênio atmosférico é realizada por um grupo restrito de bactérias, denominadas diazotróficas.

Assim a utilização de estratégias relacionadas ao uso racional dos recursos naturais e as tecnologias disponíveis para melhor rendimento das culturas torna-se fundamental nos modelos agrícolas atuais. Dessa forma, uma alternativa, é o aproveitamento dos benefícios proporcionados pela associação entre as bactérias fixadoras de N e culturas de grande interesse econômico visto que esses microrganismos são capazes de promover o crescimento vegetal e gerar incrementos no desenvolvimento e na produtividade das culturas (BALDANI et al., 1997).

Além da produção de substâncias promotoras de crescimento, Bashan et al. (2004) atribui as respostas positivas das plantas inoculadas com bactérias diazotróficas a outros fatores como: proteção contra fitopatógenos, alteração da atividade metabólica através de

efeitos sobre as membranas celulares, solubilização de fosfatos, aumento da resistência das plantas ao estresse e a própria fixação biológica de nitrogênio (GRAY; SMITH, 2005).

Em pastagens instaladas na região de Mata Atlântica, de maneira geral, maiores números de *Azospirillum amazonense* foram encontrados na espécie *U. humidicola*, seguida por *U. decumbens* e *U. brizantha*, além disso, pode-se observar que todos os isolados de *A. amazonense* testados foram capazes de produzir ácido indol acético (REIS JÚNIOR et al., 2004).

A inoculação das sementes de *Urochloa brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* aumentou a produção de forragem no primeiro corte e pode se constituir em prática recomendada para melhoria do estabelecimento de novas áreas de pastagem (OLIVEIRA; OLIVEIRA; BARIONI JÚNIOR, 2007).

Estudos pioneiros com bactérias diazotróficas associadas a gramíneas têm apresentado grande diversidade de microrganismos. Para a cultura do milho, bactérias dos gêneros *Azospirillum* são denominados diazotrofos endofíticos facultativos, podendo ou não colonizar o interior da planta (DÖBEREINER; BALDANI, 1982). Dentro desse gênero a espécie *Azospirillum brasilense*, tem sido usada como inoculante em diversas culturas, tais como: milho, trigo arroz, cana-de-açúcar, *Urochloas* e outras (REIS, 2007).

O principal objetivo nos estudos realizados para compreender as associações entre plantas e *Azospirillum* spp, era observar os benefícios obtidos exclusivamente da fixação biológica de nitrogênio (DOBBELAERE et al., 2001). Mas, pode-se perceber que, além disso, os efeitos proporcionados por esses microrganismos estão relacionados às alterações morfológicas e fisiológicas nas raízes das plantas inoculadas, acarretando um incremento na absorção de água e nutrientes (OKON; VANDERLEYDEN, 1997).

Existem indícios de que a grande ferramenta de ação do *Azospirilum* sejam os metabólitos que ele produz, destacando auxinas, citocininas, giberelinas e ácido jasmônico (associado à indução de resistência em plantas), que teriam características promotoras do crescimento (MARTINS et al., 2012).

Essas bactérias diazotróficas estão, em geral, amplamente distribuídas no solo e podem colonizar as raízes e o colmo da planta. Porém a avaliação da estirpe eficiente é de fundamental importância para a utilização sistemática na condução de lavouras de milho, pois essas bactérias de vida livre nem sempre se associam à planta ou contribuem para o crescimento vegetativo da mesma (QUADROS, 2009).

Sabe-se que existe diferença entre os genótipos de milho quanto à eficiência no uso de N e na associação com essas bactérias (REIS JÚNIOR et al., 2008). Martins et al. (2012) teve como objetivo avaliar a eficiência de 29 híbridos de milho mediante diferentes formas de inoculação do *Azospirillum brasilense*, através da observação quanto ao estímulo no crescimento e produtividade dos híbridos. Os autores puderam concluir que a inoculação da bactéria foi eficiente nos diferentes híbridos de milho, indicando que sua utilização alterou de forma positiva várias características ligadas à produtividade, com melhor desempenho ao utilizar a inoculação na semente.

Dentre as espécies de estudo, o *Azospirillum brasilense*, apresenta resultados satisfatórios quando associados a plantas da família poáceae, sendo relatada eficiência na utilização desta bactéria com pequenas doses de nitrogênio, e obtendo-se resultados semelhantes a tratamentos com apenas a utilização de altas doses de N (VOGEL et al., 2013).

Apesar de nas últimas décadas os estudos se voltarem ao uso desta espécie de bactéria, estes ocorrem principalmente sobre plantas de interesse agrícola, poucos foram realizados em poáceas forrageiras. Segundo Pereira et al. (1981), diferentes espécies de *Urochloas* spp. parecem receber contribuições de Fixação biológica de Nitrogênio (FBN) acima 30 a 40% do N acumulado pelas plantas possibilitando que os sistemas de manejos mais extensivos, a quantidade de N fixado seja suficiente para proporcionar benefícios para o sistema solo-planta.

Oliveira et al. (2007), estudando inoculação de *Azospirillum* em *Urochloa brizantha* cv. Marandu, verificaram que o tratamento somente com inoculação apresentou desempenho superior àquele na ausência de inoculante e adubação nitrogenada, tornando-se um manejo alternativo em busca da diminuição na utilização de altas taxas de fertilizantes.

Ficagna e Gai (2012), avaliando o uso de diferentes doses de *A. brasilense* em pastagens de Tifton 85, sob diferentes épocas de corte, relatam que a mesma não apresentou diferença significativa para os valores de massa seca e proteína bruta quando comparado ao tratamento com fertilizante químico, podendo assim, utilizar a bactéria na substituição do fertilizante nitrogenado em busca de redução dos custos. Da mesma forma, Brasil et al. (2005) observaram que plantas de *Urochloa* quando inoculadas com *A. brasilense*, apresentaram produção de massa seca, principalmente do sistema radicular, superior aos tratamentos sem inoculação durante as coletas de 60 e 90 DAE.

Magalhães et al. (2011) relatam benefícios similares em pastagens *Urochloa brizantha*, onde esta apresentou maior produção de massa seca raiz, área foliar e altura de plantas se comparada a plantas com a ausência da bactéria com desempenho similar ou superior em comparação a plantas com somente adubação nitrogenada, demonstrando que a inoculação se destaca como uma alternativa promissora na substituição parcial ou total da adubação nitrogenada.

Com relação ao desempenho sobre o número de folhas e perfilhos de plantas inoculadas com *Azospirillum*, são observados uma série de benefícios. Destacando um aumento de aproximadamente 8% no número de folhas, 7% no número de perfilhos em plantas de *Urochloa decumbens* e aumento nos níveis de N nas folhas em torno de 10% quando comparados à forrageira sem a presença do inoculante em pastagens de *Urochloa brizantha*. (GUIMARÃES et al., 2011a; GUIMARÃES et al., 2011b).

Verifica-se que o uso de *Azospirillum brasilense* associado à produção de forrageiras apresenta resultados promissores, promovendo uma contribuição significativa sobre a variável massa seca, número de panículas, teores de nitrogênio e altura da planta, podendo a inoculação ser uma alternativa viável em substituição a parte da adubação nitrogenada. Entretanto, são necessários mais estudos sobre os mecanismos e efeitos da inoculação sobre todas estas variáveis, em especial no que se refere à área foliar e proteína bruta a fim de que possam ser realizadas recomendações a respeito de sua utilização aliada a adubação nitrogenada visando diminuição de aporte externo deste nutriente e garantindo maior sustentabilidade na produção forrageira (VOGEL et al., 2014).

Em um estudo sobre a inoculação com *Azospirillum brasilense* em sementes de milho e adubação foliar, Kappes et al. (2013) concluíram que a produtividade foi maior 9,4% quando as sementes de milho foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* e os autores ressaltaram o papel significativo das bactérias diazotróficas no desempenho desta cultura, ao mesmo tempo em que demonstram o potencial de utilização da tecnologia estudada. Além da inoculação de sementes, trabalhos desenvolvidos por Peres et al. (2013) e Portugal et al. (2013) de aplicação do inoculante via foliar demonstraram que a aplicação de *Azospirillum brasilense* aumenta a produtividade de grãos no milho segunda safra.

Novakowski et al. (2011) observaram resultados demonstrando que independente dos níveis de N utilizados, houve superioridade na produtividade de grãos de milho ao inocularem a semente com o *Azospirillum brasilense*. Da mesma forma Mazzuchell, Sossai e Araujo

(2014) verificaram que uso de *Azospirillum brasilense* nas sementes aumentou em 21,9% a produtividade do milho, quando comparados à testemunha.

As bactérias promotoras de crescimento, de acordo com Cangahuala-Inocente et al. (2013), podem estimular o crescimento das plantas, por meio de vários processos, incluindo: fixação biológica de nitrogênio; pela síntese de hormônios e uma variedade de outras moléculas, através da solubilização de fosfato. Além disso, apresentam características intrínsecas que possibilitam a interação com outros microrganismos do solo na rizosfera, por exemplo, fungos micorrízicos arbusculares e outras bactérias como o *Rhizobium tropici*. Os mesmo autores através de uma análise proteômica da raiz de milho inoculada com *Azospirillum brasilense* detectaram 87 proteínas envolvidas no processo de associação bactéria e raiz o que resultou na identificação de 6 proteínas que atuam nesse metabolismo, ressaltando ainda mais o benefício entre microrganismo e o milho.

Resultados obtidos por Dartora et al. (2013) demonstraram que a inoculação combinada das estirpes de *A. brasilense* e *H. seropedicae* proporcionou melhor desenvolvimento da cultura do milho em relação à testemunha em função da interação diferenciada das bactérias com a planta proporcionando incrementos no diâmetro basal do colmo, matéria seca de parte aérea e produtividade de grãos.

Cunha et al. (2015), com o objetivo de avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* em um híbrido de milho cultivado sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura, concluíram que a dose ideal de N em cobertura para o milho com inoculação é de aproximadamente 89% da dose recomendada, o efeito de *A. brasilense* é afetado na dose de 100% de N em cobertura e o milho inoculado com *A. brasilense* produziu 5,5 sacas a mais do que o milho sem inoculação.

Já Marini et al. (2015), estudando o crescimento e produção de híbridos de milho em resposta a associação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada, observaram que em geral, o fornecimento de doses elevadas de N resultou em aumento no crescimento e rendimento de grãos de plantas de milho e a inoculação com *A. brasilense* aumentou a área foliar e massa seca dos híbridos testados.

Pode-se então concluir que a aplicação de rizobactérias promotoras de crescimento apresenta alternativa a algumas práticas agrícolas, apresentando benefícios por possuírem potencial para estimular o crescimento, promover a disponibilização de nutrientes, tornando a planta mais resistente a estresses bióticos e abióticos. Além disso, cabe ressaltar que de

acordo com Araújo (2008) estas bactérias quando aplicadas ao solo proporcionam uma produção mais sustentável, com economia de fertilizantes.

2.5 A CULTURA DO FEIJÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes componentes da dieta alimentar do brasileiro, por ser uma excelente fonte protéica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos, minerais especialmente o ferro, merecendo assim atenção de pesquisadores nas mais variadas áreas do conhecimento (BORÉM; CARNEIRO, 2015).

A maioria dos cultivares de feijão apresenta em torno de 25% de proteína, que é rica no aminoácido essencial lisina, mas pobre nos aminoácidos sulfurados, contudo, é suprida pelo consumo dessa leguminosa com alguns cereais, especialmente o arroz, o que torna a tradicional dieta brasileira, o arroz com feijão, complementar, no que se refere aos aminoácidos essenciais (WANDER; RAMALHO; ANDRADE, 2005).

Além do seu conteúdo protéico, o elevado teor de fibra alimentar, com seus reconhecidos efeitos hipocolesterolêmico e hipoglicêmico, aliado às vitaminas (especialmente do complexo B) e aos carboidratos, tornam o seu consumo altamente vantajoso como alimento funcional, representando importante fonte de nutrientes, de energia e atuando na prevenção de distúrbios cardiovasculares e vários tipos de câncer (AIDAR, 2003).

O feijão apresenta ampla adaptabilidade edafoclimática permitindo seu cultivo em todas as regiões do país em diferentes períodos ou safras. Considerando a época de semeadura, têm-se três safras ao longo do ano: primeira (“safra das águas”), segunda (“safra da seca”) e a terceira (“safra de inverno”), sendo essa última possível graças à irrigação (MOURA; BRITO, 2015).

Segundo a Food and Agriculture Organization Of the United States (FAO, 2015), a produção mundial de feijão, no período de 2003 a 2013, concentrou-se nos continentes asiáticos com 45,7% do total produzido, americano (33,1%) e africano (18,8%). Os demais continentes, Europa e Oceania, participaram com 2,1% e 0,2% da produção nesse período, respectivamente. A produção mundial de feijão tem-se concentrado apenas em alguns países nos últimos 20 anos. Segundo a FAO (2015), no período de 1993 a 2013, os principais produtores mundiais de feijão foram a Índia, Brasil, Mianmar, China e Estados Unidos.

De acordo com a Conab (2016), área de feijão terceira safra está estimada em 679,3 mil hectares, 4,3% maior do que a área cultivada na safra passada, com um crescimento de 16,1% na Região Centro- Sul e um decréscimo de (0,7%) na Região Norte/Nordeste. As estimativas de produtividade estão acima das obtidas na safra passada, saindo de 1.131 para 1.300 kg ha⁻¹ na média do país, com 15,0% de crescimento em relação à última temporada. A produção deve chegar a 882,0 mil toneladas, acréscimo de 20,0%.

O feijão é uma dicotiledônea pertencente à divisão *Angiospermae*, classe *Dycotiledoneae*, subclasse *Archichlamydae*, ordem *Rosales*, família *Fabaceae*, subfamília *Papilionoideae*, tribo *Phaseoleae*, gênero *Phaseolus*, sendo a espécie *Phaseolus vulgaris* L. a de maior importância econômica (VILHORDO et al., 1988). O feijoeiro comum teve origem no continente americano, e foi levado ao Velho Mundo como planta ornamental após o descobrimento da América (ZIMMERMAN; TEIXEIRA, 1988).

De acordo com o hábito de crescimento o feijão pode ser agrupado em determinado, em que o caule termina por uma inflorescência (tipo I) e indeterminado, em que a extremidade do caule exige gema vegetativa ou floral e vegetativa, podendo ser arbustivo – tipo II, prostrado – tipo III e trepador – tipo IV (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000).

Segundo Araújo (1994), o ciclo da cultura varia de acordo com o hábito de crescimento, sendo o Tipo I o mais curto (60-70 dias do plantio à colheita), Tipo IV ciclos mais longos (mais de 100 dias entre a semeadura e a colheita). Já as cultivares de Tipo II e III apresentam ciclos intermediários, variando de 80-100 dias da semeadura até a colheita de acordo com a cultivar e as condições genéticas.

Com relação as etapas de desenvolvimento da planta do feijão, existe uma escala baseada principalmente nas alterações morfológicas e fisiológicas que a planta sofre ao longo de seu ciclo e são divididas em fases vegetativas e reprodutivas (FERNANDES et al., 1985).

A divisão é feita em 2 fases compreendidas em Vegetativa (V) e Reprodutiva (R). Estágios da fase vegetativa podem ser definidos como: V0 - semente é colocada para germinar e encontra condições de umidade para absorção de água; V1 - emergência do hipocótilo encurvado carregando os cotilédones; V2 - abertura de folhas unifoliadas primárias; V3 - surgimento da primeira e segunda folha trifoliada seguida da queda dos cotilédones; V4 - terceira folha trifoliada, hastes secundárias, primeiro botão floral (SANTOS et al., 2015).

Já as reprodutivas são as seguintes: R₅ - pré-floração que se prolonga até a abertura da primeira flor; R₆- inicia com a abertura da primeira flor e termina com a queda da corola; R₇ - exposição da primeira vagem com a queda da corola; R₈ - enchimento das vagens; R₉ - início descoloração das vagens, amarelecimento e queda das folhas até a seca total da planta (SANTOS et al., 2015).

O feijão apresenta algumas peculiaridades com relação às exigências edafoclimáticas. A ocorrência de temperaturas acima ou abaixo da faixa ótima entre 15 e 29°C (SILVA et al., 2006) pode ocasionar sérios prejuízos ao estabelecimento da cultura, resultado em baixas produtividades de grãos (ANDRADE et al., 2015).

Além da temperatura, devem-se considerar as condições de umidade no solo em vista o feijoeiro ser uma leguminosa pouco tolerante à deficiência hídrica por consequência do seu sistema radicular superficial e com baixa capacidade de recuperação após ocorrência de falta de água no solo (GUIMARÃES, 1996). De acordo com Andrade (2010), para melhor desenvolvimento da cultura do feijoeiro, a precipitação durante o ciclo deve encontrar-se entre 300 e 500 mm bem distribuídas.

A textura do solo pode interferir diretamente em fatores relacionados ao crescimento das plantas de feijão dentre eles na capacidade de retenção de água, percolação, infiltração e aeração do solo (FAGERIA; STONE, 2006). Além disso, pode-se destacar que o feijoeiro é muito sensível à compactação do solo reduzindo sua produtividade em 75% em alguns casos (ORZOLEK, 1991). Há aumentos da espessura radicular e redução da densidade de raízes e da biomassa seca da parte aérea do feijoeiro com o aumento no grau de compactação (PESSOA et al., 2012).

Assim, não havendo limitações climáticas, tampouco impedimentos físicos para o desenvolvimento radicular, o crescimento e a produtividade do feijoeiro ficarão dependentes das características químicas do solo (ANDRADE et al., 2015), sendo que, além de sua acidez é importante o conhecimento de sua capacidade de suprir os nutrientes nas quantidades necessárias para um bom desenvolvimento das plantas (MORAES, 1988).

2.6 FEIJOEIRO EM SUCESSÃO À GRAMÍNEAS DE VERÃO

Atualmente, tem aumentado o cultivo do feijão em sistemas conservacionistas, sem saber as suas exigências nutricionais quando cultivado em solo sob SPD recém-implantado ou consolidado, por diferentes períodos de tempo, já que isso pode alterar a disponibilidade de nutrientes e a resposta das culturas à adubação nitrogenada (PEREZ et al., 2013).

Nos últimos anos, houve grandes avanços no manejo da cultura de milho e, conseqüentemente, ganhos em produtividade em todo o país, devido à adoção de novas tecnologias, dentre elas o SPD. Apesar disso, notoriamente em relação à adoção desse sistema, alguns desafios ainda precisam ser superados. Dentre eles, ainda há grandes dificuldades no estabelecimento das culturas de inverno, após a retirada do milho, nas regiões de inverno seco (MOREIRA et al., 2014).

Quando há introdução de mais de uma cultura na área de produção ocorrem mudanças com relação à dinâmica de utilização de água, luz e nutrientes, e devem ser levadas em consideração para obtenção de bons resultados dentro do processo produtivo (KLUTHCOUSKI; OLIVEIRA 2012; MARCELO et al., 2012; SORATTO et al., 2012).

Santos et al. (2014) ressaltam que o conhecimento da composição do material vegetal residual e da condição climática é de grande importância em programas de adubação, pois a quantidade liberada pode ser considerada para o cálculo da dose a ser aplicada. Além disso, é importante ter dados da dinâmica dessa liberação, pois há necessidade de se buscar a oferta do nutriente no período de maior demanda da planta.

O feijoeiro tratando-se de uma espécie de cultivo em três épocas, de ciclo curto e adaptada as condições edafoclimáticas do Brasil, é cultivado com sucesso no SPD (KLUTHCOUSKI et al., 2003; FARINELLI; LEMOS, 2010) destacando-se em sucessão à gramíneas de verão (FIORENTIN et al., 2012; SORATTO et al., 2013, SABUNDJIAN et al., 2013; CARMEIS FILHO et al., 2014).

Sabundjian et al. (2013), avaliando culturas antecessoras no desenvolvimento do feijoeiro em sucessão, concluíram que a produtividade do feijoeiro apresentou bom resultado, em sucessão ao milho + *U. ruziziensis* (inoculados com *Azospirillum*), considerando-se a produtividade do feijoeiro, a possibilidade de produzir grãos de milho, e, ao mesmo tempo, aumentar a produção de palha para o plantio direto.

Sob o ponto de vista agrônomo e econômico, Sabundjian et al. (2014), notaram o maior acréscimo de produtividade de grãos do feijoeiro de inverno foi obtido com a utilização

de 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *Urochloa ruziziensis* e recomenda-se, para a obtenção da maior margem de ganho, a utilização dessa cobertura antecessora sem aplicação de N em cobertura.

Fiorentin et al. (2012), avaliando adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera, sugerem que, como a palhada de *U. ruziziensis* pode ter fornecido quantidades significativas de nutrientes, principalmente de N, não houve margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão, para a maioria das doses de N avaliadas em cobertura.

Conforme descrito por Costa et al. (2014), a fertilidade do solo após o cultivo das espécies forrageiras foi alterada em relação à análise inicial do solo com aumento mais evidente dos teores de M.O, entretanto, as gramíneas proporcionaram elevação dos teores de K em grandeza de aproximadamente 40% comprovando seu efeito na ciclagem de nutrientes. Diante desses resultados, observa-se que a realização da sucessão de culturas no SPD após a colheita de verão, poderá favorecer a cultura do feijoeiro no inverno sob o ponto de vista nutricional.

Diversas são as vantagens encontradas nessa sucessão, e de acordo com Soratto et al. (2013) concluíram em sua pesquisa que o cultivo de *Urochloa brizantha* 'Marandu' consorciada com milho reduz a necessidade de aplicação de N ao feijoeiro em sucessão, em comparação ao cultivo anterior de milho solteiro e a aplicação antecipada do N à cobertura vegetal ou no mesmo dia da semeadura da cultura do feijão proporciona produtividade de grãos semelhante à observada com a aplicação em cobertura, diversificando a adoção dos sistemas produtivos.

Ademais, Carmeis Filho et al. (2014), demonstraram que a adoção do consórcio *U. ruziziensis* e milho permitiu maior formação de palhada e adequado recobrimento da superfície do solo, visando o cultivo do feijoeiro em sucessão às gramíneas. O cultivo do feijoeiro em sucessão à *U. ruziziensis* solteira permite a obtenção de maior massa de grãos e rendimento de peneira.

2.7 ADUBAÇÃO NITROGENADA NO FEIJOEIRO

Em relação ao nitrogênio, as dúvidas vão desde a disponibilidade do N no solo, fontes, doses, métodos de aplicação, época mais adequada apontando a adoção de técnicas de manejo de adubação (análises de solo; análise de planta; histórico da área; tipo da cultivar; dinâmica dos fertilizantes no solo; capital do agricultor; e na expectativa de produtividade) como a melhor estratégia utilizada para maximizar a eficiência de uso do nitrogênio e permitir aos produtores obterem máximo retorno econômico do uso de fertilizantes (BARBOSA FILHO; FAGERIA; SILVA, 2003).

O N é constituinte ou ativador de enzimas de vários compostos em plantas, destacando-se os aminoácidos e proteínas, bases nitrogenadas e ácidos nucleicos, enzimas, vitaminas e clorofila participando dos processos de fotossíntese, respiração, multiplicação e divisão celular e síntese de compostos orgânicos (MALAVOLTA et al., 2006).

O problema básico para a transformação do nitrogênio utilizável pelas plantas é a presença da tripla ligação N_2 , o que torna este gás extremamente estável a temperatura ambiente (SPRENT; SPRENT, 1990; EVANS; BURRIS, 1992). As plantas absorvem o nitrogênio somente em forma iônica (NH_4^+ ou NO_3^-).

A quebra da ligação tripla entre átomos de N pode ser feita pela fixação espontânea (raios, queimadas), fixação industrial pelo processo de Haber-Bosch (que combina nitrogênio e hidrogênio, formando amônia ou produzindo outros compostos como ureia). É necessário cerca de 1,3 toneladas de combustível fóssil para fixar 1 tonelada de nitrogênio em alta pressão (35 a 100 Mpa) e temperatura (300 a 600°C), ou a fixação biológica de nitrogênio (FBN) através do complexo nitrogenase, realizado por microrganismos fixadores de N_2 (vida livre, associativos ou simbióticos) (SOUZA et al., 2008).

Dentre a maioria dos solos tropicais, desde os não agrícolas aos cultivados, verificam-se deficiências na disponibilidade do nitrogênio sendo que o ingresso do N no sistema solo-planta pode ser pela decomposição da matéria orgânica, deposições atmosféricas, fixação biológica e pelas adubações químicas e orgânicas.

O desenvolvimento da lavoura de feijão e a produção de grãos dependem de um adequado suprimento de nutrientes pois o nitrogênio é um nutriente de importância fundamental para todos os seres vivos e sua deficiência poderá ser tão limitante quanto a água para o crescimento e a produtividade da cultura, e que, apesar de encontrar-se compondo 78%

da atmosfera, na forma de gás (N_2) é indisponível na assimilação das plantas (SANTOS et al., 2008).

É um dos nutrientes mais absorvidos e importantes para o feijoeiro e, quando aplicado na dose recomendada, promove rápido crescimento e aumento da folhagem e do teor de proteína nas sementes, bem como favorece os microrganismos do solo que decompõem a matéria orgânica, além de incrementar o teor de matéria seca, sendo importante durante todo o ciclo, especialmente nas fases de floração e enchimento de grãos (MALAVOLTA, 1979).

Por outro lado, é o nutriente aplicado em maior quantidade à cultura do feijão, o mais limitante ao crescimento e desenvolvimento da planta, o que mais onera o seu custo de produção (AMADO et al., 2002) e é facilmente perdido por volatilização ou lixiviação (CANTARELLA, 2007).

Os fertilizantes nitrogenados, embora representem a forma com maior rapidez na assimilação pelas plantas, apresentam desvantagens relacionadas à poluição e emissão dos gases de efeito estufa (HUNGRIA et al., 2001; HUNGRIA et al., 2007).

Como fonte nitrogenada, a ureia, $CO(NH_2)_2$, é o fertilizante mais usado em todo o mundo, por suas vantagens comparativas em termos de facilidade de fabricação e custo final para o agricultor (BERNARDES et al., 2014). No entanto, do ponto de vista agrônomo, a ureia apresenta uma séria limitação nas aplicações em superfície do solo, em razão das chances de perdas por volatilização de amônia ($N-NH_3$), que pode alcançar patamares de até 78% do N aplicado (LARA CABEZAS et al., 1997).

O parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do feijão é uma prática comum, sendo o nitrogênio aplicado parte em semeadura e parte em cobertura, normalmente até os 30 dias após a emergência das plântulas (CHAGAS et al., 1999); apesar disto, o manejo da adubação de cobertura interfere diretamente nos processos de perda do N no solo.

O nitrogênio é fundamental para atingir boas produtividades e de acordo com Moreira et al. (2013) considerando apenas a adição de N em semeadura no feijoeiro irrigado de inverno, o número de vagens por planta ($17 \text{ vagens planta}^{-1}$) e o rendimento de grãos (2.436 kg ha^{-1}) se elevaram com o incremento da dose de N até 120 kg ha^{-1} . Os autores explicam que provavelmente a adubação nitrogenada aumentou a capacidade de compensação dos feijoeiros, o que pode ser confirmado pelo acréscimo no número de vagens por planta.

Na pesquisa desenvolvida por Valderrama et al. (2009), após testar quatro doses de N, com dose máxima de 120 kg ha^{-1} , em cobertura no feijoeiro cv. Pérola, verificaram resposta linear destas, tanto no teor de N foliar, como na produtividade.

A prática de adubação do feijoeiro implantado em sucessão à outras culturas, como as gramíneas, no SPD, deve ser realizada levando em consideração alguns critérios. Dessa forma, a decomposição e liberação de nutrientes oriundos dos resíduos vegetais, torna-se importante fator de estudo para auxiliar no manejo da adubação, de forma que essa contribuição possa ser considerada no cálculo da dose de fertilizante a ser aplicada nas culturas em sucessão (CARVALHO, 2000; AMADO et al., 2002; SANTOS et al., 2008).

Crusciol et al. (2007), com o objetivo de avaliar duas fontes nitrogenadas (ureia e nitrocálcio) e quatro doses de N (0, 30, 60 e 120 kg ha^{-1}) em cobertura, no feijoeiro em SPD, concluíram que com utilização de nitrocálcio houve um aumento linear na produtividade de grãos. Contudo os autores observaram que utilizando ureia obteve-se máxima produtividade estimada com uso de $108,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de N.

Souza e Soratto (2012) concluíram que a aplicação de N melhorou a nutrição nitrogenada e aumentou o crescimento do feijoeiro cultivado em sucessão ao milho safrinha consorciado com *U. brizantha* ou *U. ruziziensis*, porém, pouco influenciou a produtividade de grãos.

Inúmeros trabalhos comprovam a importância do N para a cultura do feijoeiro. Perez et al. (2013) tiveram como objetivo avaliar a extração e exportação de nutrientes pela cultura do feijão em razão da adubação nitrogenada, em solo sob SPD. A aplicação de N, especialmente em pré-semeadura, proporcionou maiores acúmulos de matéria seca e nutrientes na parte aérea da cultura do feijão e as maiores produtividades de grãos e exportações de nutrientes foram causadas pela aplicação de N em duas épocas (pré-semeadura e em cobertura) ou apenas em cobertura.

Dessa forma, pesquisas que possam contribuir para uma indicação eficiente, do ponto de vista não só agrônomo, mas também econômico do SPD, em relação à escolha da cultura antecessora e à quantidade de nitrogênio utilizado em cobertura, são de extrema importância para adequação no manejo da produção de feijão.

2.8 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO

Diante dessa dependência dos fertilizantes minerais, o emprego do SPD também traz grandes contribuições, uma vez que o mínimo revolvimento do solo e a manutenção de resíduos vegetais na superfície diminuem a oscilação de temperatura e umidade do solo, o que favorece a sobrevivência das bactérias que fixam o N_2 atmosférico (NOGUEIRA; HUNGRIA et al., 2013).

Os teores médios de N nos grãos de feijão são em média 5 %, portanto para produzir 2.000 kg de grãos por hectare, são exportados 100 kg de N ha^{-1} e considerando que a eficiência da adubação mineral raramente supera 50%, para essa produção a quantidade de adubação mineral nitrogenada seria elevada, com alto custo, em contrapartida, o valor da inoculação com Rizóbio na cultura do feijoeiro é de R\$ 10,00 por hectare (HUNGRIA; MENDES; MERCANTE, 2013).

A FBN é o segundo processo biológico de importância global, atrás apenas da fotossíntese, em torno de 45 a 65 milhões de toneladas de N fixadas anualmente por leguminosas de importância agrícola, o que representa aproximadamente metade do N utilizado na agricultura (GRAHAM; VANCE, 2003).

A simbiose entre a bactéria e a leguminosa foi definida por Truchet et al. (1993) onde é demonstrado que há excreção de flavonóides pela planta atraindo a bactéria e ativando os genes responsáveis pela produção dos nódulos por diferenciação celular do córtex. Assim a leguminosa fornece carboidratos como fonte de energia para as reações envolvidas na fixação biológica e a bactéria por sua vez fornece os produtos da fixação (aminoácidos, glutamina, aspargina e ureidos) (MALAVOLTA et al., 2006). Segundo descrito por Marin et al. (1999), a FBN é o processo pelo qual a maior parte do nitrogênio atmosférico foi incorporado à matéria viva, ao longo da evolução do nosso planeta.

A ação de microorganismos fixadores de nitrogênio garante um reservatório inesgotável de nitrogênio na atmosfera, além de garantir a redução na aplicação de doses excessivas de compostos nitrogenados, como por exemplo, o nitrato onde suas perdas por lixiviação e escoamento superficial, são estimadas em torno de 50% das quantidades aplicadas (STRALIOTTO; TEIXEIRA; MERCANTE, 2002).

O N perdido neste processo é altamente poluente e provoca a contaminação de aquíferos subterrâneos, rios e lagos, ademais outras perdas ocorrem em forma gasosa, principalmente

por meio de volatilização. (FONSECA et al., 2013). Aspectos como esses são altamente relevantes na cultura do feijoeiro, que para alcançar altas produtividades, precisa absorver quantidades superiores a 100 kg ha⁻¹ de N (FERREIRA; ANDRADE; ARAÚJO, 2004).

Visto isso é notória a importância associação de leguminosas com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico é uma tecnologia capaz de substituir, pelo menos parcialmente, a utilização de fertilizantes químicos resultando em benefícios ecológicos e econômicos ao produtor (BARBERI et al., 1998).

Alguns fatores como a competição com populações de bactérias fixadoras de N nativas pouco eficientes e estabelecidas no solo, a baixa adaptação às condições ambientais, como temperatura e acidez, e o ciclo curto do feijoeiro-comum geralmente limitam a taxa de fixação (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Em razão disso e da promiscuidade da nodulação observada no feijoeiro-comum, é necessário tomar certos cuidados para se obter um resultado satisfatório com a inoculação (RUFINI et al., 2011).

Cabe ressaltar que diversos autores avaliaram, sob condições ambientais adequadas, que o N₂ atmosférico fixado por meio da simbiose com *Rhizobium tropici*, pode atender parte das necessidades do feijoeiro (HUNGRIA et al., 2000; MOSTASSO et al., 2002; SOARES et al., 2006).

Mesmo para espécies vegetais originárias do continente Americano, como o feijoeiro, para o qual é encontrado no solo rizóbios nativos capazes de nodulá-las, o uso de inoculantes contendo estirpes elite permite maior eficiência da FBN e, conseqüentemente, melhor suprimento de N às culturas, dispensando total ou parcialmente o uso de N mineral (HUNGRIA et al., 2013)

Trabalhos encontrados na literatura sobre a avaliação de estirpes elite de rizóbio para a cultura do feijoeiro comum relatam germoplasmas responsivos à FBN, porém, nota-se enorme variabilidade genética existente no germoplasma de feijoeiro comum. Dessa forma, há muito que se evoluir em relação à FBN em feijoeiro comum, em relação ao desenvolvimento de cultivares com melhor aproveitamento dessa tecnologia, contribuindo para maior sustentabilidade de toda a cadeia produtiva (FERREIRA et al., 2011).

Em diversos ensaios de campo, a inoculação com a estirpe *Rhizobium fleirei* SEMIA 4080 resultou em ganhos no rendimento de grãos de até 910 kg ha⁻¹ em relação os rizóbios nativos e essa foi uma das razões pela qual essa estirpe foi autorizada pelo MAPA para o uso em inoculantes comerciais no Brasil a partir de 1998. (HUNGRIA et al., 2000). Em uma

segunda etapa na seleção de estirpes, foi identificada o *R. tropici* 4088, capaz de incrementar em 440 kg ha⁻¹ a produtividade média do feijão e a partir de 2004 autorizou-se para uso de inoculantes comerciais (HUNGRIA et al., 2003). Essas estirpes e a *R. tropici* 4077 constam na lista oficial do MAPA para a fabricação de inoculantes comerciais (MAPA, 2011).

A seleção de estirpes elite tem mostrado que a FBN pode substituir o uso de N-mineral no feijoeiro, mesmo para sistemas de produção altamente tecnificados visando produtividades elevadas, por exemplo, de 4.000 kg ha⁻¹ (HUNGRIA et al., 2013b).

Para Pereira e Braidotti (2001) é possível que os melhoristas produzam cultivares de feijão responsivos à inoculação com bactérias do gênero *Rhizobium* com potencial para aumentar a fixação de N e a produtividade do feijoeiro. Araújo et al. (2007) relatam que a inoculação do feijoeiro é uma técnica difundida pela pesquisa, porém pouco utilizada pelos agricultores, devido a falta de consistência nos resultados das pesquisas em campo.

Estudos têm demonstrado que é possível que a cultura do feijoeiro se beneficie, em condições de campo, do processo de fixação biológica de N₂, podendo alcançar produtividade acima de 2.500 kg ha⁻¹ (HUNGRIA et al., 2000).

Deve-se, contudo, considerar que o sucesso de inoculação do feijoeiro com estirpes de rizóbio com alta eficiência está associado à habilidade competitiva de tais estirpes e adaptação às condições ambientais (STRALIOTTO; TEIXEIRA; MERCANTE, 2002).

Sob condições ambientais adequadas, o N₂ atmosférico fixado pela simbiose pode atender à maior parte das necessidades do feijoeiro (HUNGRIA et al., 1985). Entretanto, os fatores da acidez do solo, pH baixo e concentrações elevadas de Al tóxico, frequentemente, limitam todas as etapas do processo de infecção das raízes, formação de nódulos e assimilação do N pela planta (DERNADIN, 1991; MARTINEZ-ROMERO et al., 1991).

Deve-se analisar alguns fatores além da espécie que interferem na variação da taxa de fixação como as condições abióticas do solo: a acidez do solo (WOLFF et al., 1991; ANYANGO et al., 1995; RUFINI et al., 2011), o tipo de solo, textura e composição (HEIJNEN et al., 1993), temperatura e umidade (WOLFF et al., 1991; HUNGRIA et al., 1993) e metais pesados (HIRSCH et al., 1993).

Barros et al. (2013) observaram que a inoculação de rizóbios no plantio pode substituir a adubação nitrogenada com 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura, sem perda de produtividade e que a adubação com 20 kg ha⁻¹ de N no plantio, junto com a inoculação, não inibe a nodulação da

cultura do feijoeiro, além de propiciar acréscimo de massa seca de parte aérea e da produtividade.

A inoculação de rizóbio acrescida da adubação com 20 kg ha⁻¹ de N no plantio, propiciou acréscimo de receita líquida semelhante à aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N e superior ao tratamento com a adubação de 20 kg ha⁻¹ de N sem o uso do inoculante, evidenciando a sua importância para obtenção de maior rentabilidade na cultura do feijoeiro (PELEGRIIN et al., 2009).

Inovações tecnológicas têm se mostrado promissoras para aumentar a eficiência da FBN, como o uso de metabólitos microbianos adicionados a formulações de inoculantes (MARKS et al., 2013) e a com outros microrganismos, como *Azospirillum brasilense* (HUNGRIA et al., 2013a).

Sabe-se que em SPD o feijoeiro poderá ser implantado em sucessão ao cultivo de gramíneas de verão e é cada vez mais comum a utilização de inoculantes à base de *Azospirillum* nas gramíneas. Sendo assim, a bactéria utilizada nas gramíneas presente naquele solo proporcionará a coinoculação do *Azospirillum* spp. com o *Rhizobium* spp., melhorando a eficiência da fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro (REMANS et al., 2008; YADEGARI et al., 2010). Segundo Volpin e Kapulnik (1994), na presença do *Azospirillum* spp., observou-se nodulação precoce, aumento no número de nódulos e no desenvolvimento do sistema radicular, proporcionando condições favoráveis para melhor atuação de *Rhizobium* spp., e consequente fornecimento adequado de N pela FBN.

Diversos trabalhos encontrados na literatura confirmam que o *Azospirillum* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas (BURDMAN et al., 1996; HUNGRIA, 2011), e ainda pode fixar N e disponibilizá-lo ao feijoeiro.

É importante salientar que a FBN tornou-se uma tecnologia democrática, amplamente aplicável e benéfica para pequenos e grandes produtores com adoção de baixo ou alto nível tecnológico (HUNGRIA; MENDES; MERCANTE, 2013). Pode-se observar esses resultados em trabalhos realizados por Mendes et al. (2007) em pequenas propriedades rurais com ganhos em produtividade de mais de 200 kg ha⁻¹ de grãos de feijão. Já em experimentos realizados em Planaltina – DF com alto nível tecnológico, pode-se obter produtividades de 4.300 kg ha⁻¹ sem a suplementação de adubação nitrogenada (MENDES et al., 2004).

Portanto torna-se interessante sob o ponto de vista ambiental e econômico a intergração de sistemas conservacionistas como o sistema plantio direto, a inoculação de gramíneas com *Azospirillum brasilense* e o feijoeiro com *Rhizobium tropici* cultivado em sucessão. Essa interação microbiológica só é possível adotando práticas que visem a manutenção de condições edáficas adequadas ao seu desenvolvimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi desenvolvido na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, localizada em Selvíria - MS, situada a 51° 24’ de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22’ de latitude sul, com altitude de 340 m e relevo caracterizado como moderadamente plano e ondulado.

Os experimentos foram conduzidos durante os anos agrícolas 2011/12, 2012/13 e 2013/14. A área experimental encontra-se em plantio direto há aproximadamente 10 anos com cultivo de milho/soja durante o verão e feijão/pousio no período do inverno. No período de verão de 2010/11, a área foi cultivada com soja, permanecendo em pousio no inverno seguinte.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo local é um Latossolo Vermelho distrófico álico e de textura argilosa conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 2013) o qual foi originalmente ocupado por vegetação de Cerrado e vem sendo explorado por culturas anuais há mais de 30 anos.

Antes da instalação dos experimentos, no mês de agosto de 2011 e 2013 as características químicas do solo foram determinadas, nas camadas de 0,00 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m, seguindo a metodologia proposta por Raij et al. (2001) (Tabela 4 e 5).

Tabela 4. Atributos químicos do solo na área experimental, nas profundidades 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m. Selvíria (MS), Brasil (2011/12)⁽¹⁾.

Profundidade	P _{resina}	S- SO ₄ ⁻¹	M.O	pH	K	Ca	Mg	H + Al	S.B.	CTC	V
(m)	(mg dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)	-----	-----	-----	mmol _c dm ⁻³	-----	-----	(%)
0,00 - 0,20	12	11	15	5,1	2,6	26	13	16	42	58	73
0,20 - 0,40	8	23	11	4,7	1,4	15	10	16	26	42	62

Nota: ⁽¹⁾ Método de análise do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Laboratório de Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (UNESP – Câmpus de Ilha Solteira).

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 5. Atributos químicos do solo na área experimental, nas profundidades 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m. Selvíria (MS), Brasil (2013/14)⁽¹⁾.

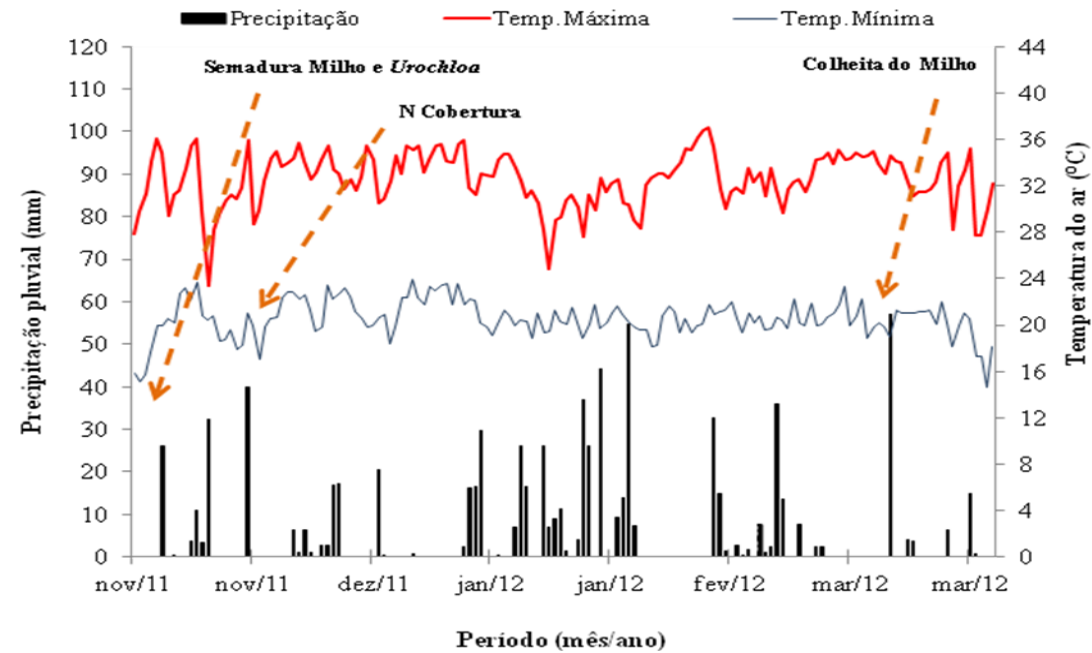
Profundidade	P _{resina}	S- SO ₄ ⁻¹	M.O	pH	K	Ca	Mg	H + Al	S.B.	CTC	V
(m)	(mg dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)	-----	-----	-----	mmol _c dm ⁻³	-----	-----	(%)
0,00 - 0,20	22	9	19	5,1	3,1	20	15	33	38	71	54
0,20 - 0,40	16	15	15	4,7	1,9	16	12	29	30	59	50

Nota: ⁽¹⁾ Método de análise do Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Laboratório de Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (UNESP – Câmpus de Ilha Solteira).
Fonte: Elaboração do autor.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DADOS CLIMÁTICOS

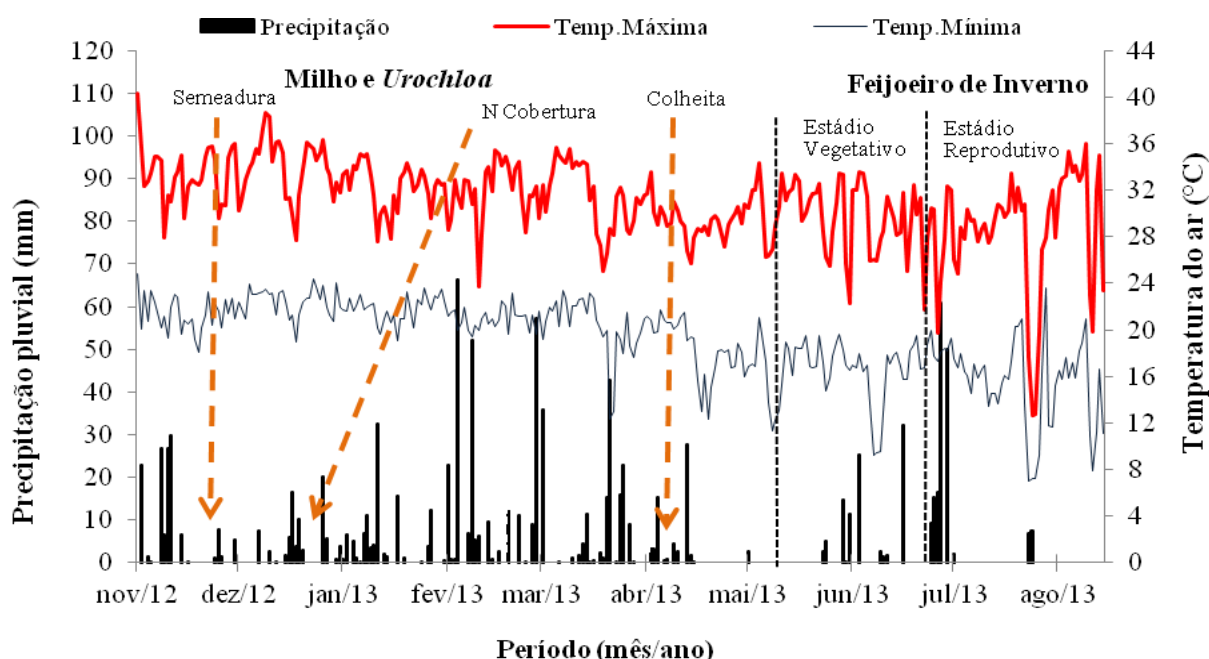
O clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo a classificação Köppen. Apresenta temperatura média anual de aproximadamente 25° C, precipitação total anual de 1.330 mm e umidade relativa média de 66% conforme citado por Centurion (1982). Os valores diários de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima do ar, registrados durante o período de condução dos experimentos de milho e *Urochloa* (2011/12, 2012/13 e 2013/14) e feijão (2013 e 2014) estão apresentados nas Figuras 1, 2 e 3 respectivamente.

Figura 1. Precipitação pluvial (mm dia⁻¹), temperatura máxima e mínima (°C), obtidas em área experimental durante o desenvolvimento do milho e *Urochloa* no período de novembro a março de 2011/12. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul.



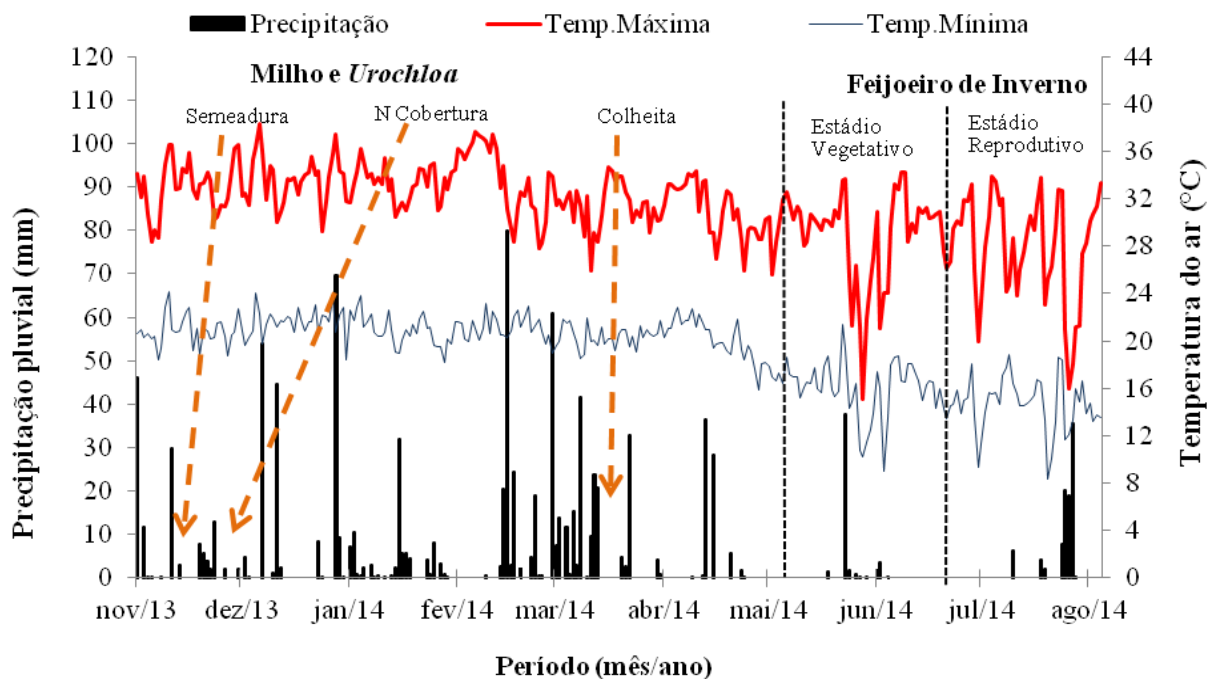
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 2. Precipitação pluvial (mm dia^{-1}), temperatura máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), obtidas em área experimental durante o desenvolvimento do milho e *Urochloa* e feijoeiro de inverno no período de novembro a agosto de 2012/13. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 3. Precipitação pluvial (mm dia^{-1}), temperatura máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), obtidas em área experimental durante o desenvolvimento do milho e *Urochloa* e feijoeiro de inverno no período de novembro a agosto de 2013/14. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul.



Fonte: Elaboração do autor.

A precipitação pluvial total registrada na condução dos experimentos de milho e *Urochloa* nos anos agrícolas 2011/12, 2012/13 e 2013/14 foi de 683, 651 e 738 mm respectivamente. Já para os experimentos de feijão de inverno, a precipitação pluvial total registrada foi de 266 e 143 mm para o cultivo no ano de 2013 e 2014 respectivamente. Os dados climáticos foram coletados na Estação Meteorológica da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, localizada a aproximadamente 1.000 m da área experimental.

3.4 PROJETOS DESENVOLVIDOS

3.4.1 Inoculação de *Azospirillum brasilense* no milho e/ou *Urochloa ruziziensis* solteiros ou consorciados em sistema plantio direto.

3.4.1.1 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições e 8 tratamentos assim constituídos: (T1 - milho, T2 - milho + *Azospirillum brasilense*, T3 – *Urochloa ruziziensis* cv. Comum, T4 – *Urochloa ruziziensis* + *Azospirillum brasilense*, T5 - milho + *Urochloa ruziziensis*, T6 - milho - *A. brasilense* + *U. ruziziensis*, T7 - milho + *U. ruziziensis* - *A. brasilense*, T8 - milho – *A. brasilense* + *U. ruziziensis* – *A. brasilense*). As parcelas de milho solteiro foram constituídas por dez linhas com 10 m de comprimento espaçadas de 0,90 m e as consorciadas com a *U. ruziziensis* semeada na entrelinha do milho (0,45 m). Já as parcelas de *U. ruziziensis* solteira foram constituídas por vinte linhas com 10 m de comprimento no espaçamento de 0,45 m. Dessa forma todas as parcelas experimentais apresentaram uma área de 90 m² (9,0 x 10 m), considerando-se como área útil para as avaliações as 8 linhas centrais de milho, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade. Na avaliação de produtividade da cultura do milho, foram utilizadas as duas linhas centrais, constituindo em área útil de 16,2 m².

3.4.1.2 Implantação e condução dos experimentos

O experimento foi avaliado em três anos consecutivos e as informações encontram-se descritas separadamente a seguir para os anos agrícolas de 2011/12, 2012/13 e 2013/14.

3.4.1.2.1 Ano agrícola 2011/12

Na área em questão no dia 17/08/2011, 10 dias antes da semeadura do milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown], foi realizada a dessecação das plantas daninhas presentes na área, na qual predominavam o apaga-fogo [*Alternanthera tenella* (Colla)], a corda-de-viola [*Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donell], o leiteiro [*Euphorbia heterophylla* (L.)], o picão-preto [*Bidens pilosa* (L.)], trapoeraba [*Commelina benghalensis* (L.)] e a nabiça [*Raphanus raphanistrum* (L.)] com glifosato e 2,4-D amina nas doses 1.560 + 800 g ha⁻¹ do i.a respectivamente, objetivando propiciar o bom desenvolvimento das culturas. O herbicida foi aplicado com pulverizador tratorizado de barras regulado para aplicação de 220 L ha⁻¹ de calda.

No dia 24/08/2011, realizou-se a aplicação de 1.500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico [CaCO₃. MgCO₃ (PRNT: 85%; CaO: 36 a 39% e; MgO: 12 a 15%)] com distribuidor a lanço e sem incorporação ao solo na área total com a finalidade de corrigir a acidez do solo e proporcionar maior eficiência na disponibilização dos nutrientes à cultura.

A semeadura do milheto cultivar ADR 300 com ciclo precoce, maior resistência às doenças, grande produção de massa verde (RODRIGUES; PEREIRA FILHO, 2010) com objetivo de formação de boa palha para o plantio direto e auxílio na supressão de plantas invasoras ocorreu no dia 29/08/2011. Para a implantação foi utilizada uma semeadora específica para o sistema plantio direto e mecanismo de distribuição de sementes com fluxo contínuo com espaçamento de 0,17 m e densidade de 110 sementes m⁻¹ totalizando 20 kg ha⁻¹ de sementes. Após a condução do milheto por aproximadamente 45 dias, realizou-se a dessecação, com glifosato e 2,4-D amina nas doses 1.560 + 640 g ha⁻¹ do i.a respectivamente e a passagem do desintegrador mecânico (triton) para a distribuição da palha e facilitar a implantação do experimento de milho e *U. ruziziensis*.

O tratamento das sementes de milho foi feito com o inseticida fipronil (25 g do i.a. ha⁻¹) visando o controle de insetos praga, especialmente lagarta-elasma [*Elasmopalpus lignosellus* (Zeller)], percevejo-barriga verde [*Dichelops melacanthus* (Dallas)], cigarrinha-das-pastagens [*Deois flavopicta* (Stal)] e cupim [*Promayzeitermes striatus* (Hagen)] na fase inicial de desenvolvimento.

Após a secagem do tratamento de sementes, a inoculação foi realizada com a dose recomendada de *Azospirillum brasilense* (200 g do inoculante para cada 25 kg de semente) e

para facilitar a adesão do inoculante nas sementes foi utilizada solução açucarada a 10%. As estirpes utilizadas para a inoculação de *A. brasilense* foram AbV₅ e AbV₆ com 2×10^8 Ufc (unidades formadoras de colônia)/g obtidas de produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária. A inoculação das sementes foi realizada à sombra e após uma breve secagem (para evitar danos às sementes) foi feita a semeadura.

O milho foi semeado no dia 03/11/2011 mecanicamente com espaçamento de 0,90 m entrelinhas e 5,4 plantas por metro de sulco com objetivo de alcançar uma população de 60.000 plantas ha⁻¹. Utilizou-se semeadora específica para o sistema plantio direto, equipada com mecanismo sulcador de hastes e sistema de distribuição de sementes pneumático (vácuo por discos perfurados). No mesmo dia, a *Urochloa ruziziensis* solteira foi semeada manualmente utilizando semeadora do tipo matraca com espaçamento de 0,45m, na quantidade de 20 kg de sementes ha⁻¹. Da mesma forma, a *Urochloa* em consórcio foi semeada manualmente no espaçamento de 0,45m nas entrelinhas do milho, porém na quantidade de 10 kg de sementes ha⁻¹ (VC=36%).

Utilizou-se o híbrido de milho AG 8088 PRO, geneticamente modificado que confere resistência ao ataque da lagarta-do-cartucho [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)]. Além disso, é caracterizado por apresentar ciclo precoce (870 graus dia), porte médio de planta, bom stay-green, grão tipo duro alaranjado, tolerante a altas temperaturas e recomendados para regiões com altitudes abaixo de 700 m (CRUZ; PEREIRA FILHO; SILVA, 2011; AGROCERES, 2015). Na adubação mineral de semeadura foram aplicados 12, 90 e 30 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, utilizando-se 300 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K (04-30-10), conforme as características químicas do solo e as recomendações propostas por Sousa e Lobato (2004). A emergência ocorreu 5 dias após a semeadura (DAS) em todas as parcelas de forma homogênea.

O nitrogênio em cobertura foi aplicado somente no milho, na fase V5 (quinta folha expandida) no dia 24/11/2011 (16 DAE), e a aplicação foi realizada manualmente, distribuindo o fertilizante sobre a superfície do solo (sem incorporação), ao lado e aproximadamente 5 cm das fileiras, a fim de evitar o contato do fertilizante com as plantas, o que poderia provocar a desidratação e morte das células (OLIVEIRA, 1995), utilizando 30 kg ha⁻¹ de N, a qual foi definida, levando em consideração à rotação com a cultura da soja e em função da expectativa de produtividade (8.000 kg ha⁻¹), conforme recomendações propostas por Sousa e Lobato (2004) na forma de sulfato de amônio (21% de nitrogênio).

O manejo fitossanitário foi realizado com produtos adequados para cada situação, objetivando manter a cultura em condições adequadas sem comprometer seu desenvolvimento e estabelecimento. No dia 25/11/2011 (17 DAE) foi realizado o manejo de plantas daninhas utilizando a aplicação de 1,5 L ha⁻¹ do herbicida 2,4-D amina (1.206 g ha⁻¹ do i.a.), quando 50 % das plantas apresentavam seis folhas totalmente expandidas (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003). A aplicação foi realizada com pulverizador de barras tratorizado com pontas do tipo jato plano (“leque”) e regulado para aplicar 200 L ha⁻¹ de calda.

No mesmo dia realizou-se a aplicação das misturas deltametrina + triafós (6,0 + 210 g ha⁻¹ do i.a.) e imidacloprido + beta-ciflutrina (50 + 6,25 g ha⁻¹ do i.a.) pelo fato do atípico ataque de cochonilha da raiz [*Dysmicoccus brevipes* (Cockerell)]. É uma espécie relativamente nova associada a milho e apresenta capacidade de reduzir o número de plantas, em consequência de sua alimentação na plântula, além da planta atacada apresentar amarelecimento e enfraquecimento devido ao dano causado nas raízes (CRUZ, 2009). O ataque desse inseto-praga ocorre com maior incidência em híbridos geneticamente modificados com o gene Bt em relação ao convencional (CRUZ et al., 2008). Como a incidência de doenças fúngicas foliares foi baixa, não houve a necessidade de realizar a aplicação de fungicidas.

O fornecimento de água, nos períodos de estiagem, foi realizado por sistema de irrigação do tipo pivô central, com lâmina de água de aproximadamente 13 mm e turno de rega de três dias, especialmente nas fases de pendoamento e enchimento de grãos.

O florescimento pleno da cultura ocorreu no dia 29/12/2011 aos 50 DAE. A colheita das espigas foi realizada manualmente, no dia 12/03/2012, totalizando 125 dias após a emergência, momento no qual os grãos apresentavam-se em média, com 18% de umidade. Na sequência as espigas foram submetidas à análise dos componentes de produção e à trilha mecânica, para cálculo de produtividade. Após a colheita do milho, no dia 16/04/2012, foi realizada a dessecação total da área com glifosato (1.920 g ha⁻¹ de i.a) e passagem do desintegrador mecânico.

3.4.1.2.2 Ano agrícola 2012/13

No dia 28/09/2012, na mesma área, realizou-se a semeadura do milheto cultivar BRS 1501, com ciclo médio e adaptada para produção de massa seca (6-8 t ha⁻¹) em sistema plantio

direto (RODRIGUES; PEREIRA FILHO, 2010), utilizando a mesma semeadora específica para o sistema plantio direto, mesmo espaçamento e densidade de sementes do ano agrícola 2011/2012, e, logo em seguida, aplicado o glifosato (1.560 g ha^{-1} do i.a) para manejo das plantas daninhas presentes na área. Após a condução do milheto ao longo dos meses de outubro e novembro, no dia 21/11/2012, realizou-se a dessecação com glifosato (1.560 g ha^{-1} do i.a), para no dia 26/11/2012 ocorrer a passagem do desintegrador mecânico (triton) objetivando a distribuição da palha e facilitar a implantação do experimento de milho e *U.ruzizensis* no dia seguinte.

O tratamento das sementes de milho foi realizado com o mesmo inseticida e dose da safra anterior, visando o controle de insetos praga no início de desenvolvimento da cultura. Após a secagem do tratamento de sementes, foi aplicado o inoculante e homogeneizado diretamente nas sementes, conforme especificações do fabricante. foi realizada com as doses recomendadas de *Azospirillum brasilense* (100 ml do inoculante líquido para cada 25 kg de semente com garantia de $2,0 \times 10^8 \text{ ufc ml}^{-1}$) e para facilitar a adesão nas sementes foi utilizada solução açucarada 10%. Esse procedimento foi realizado à sombra e após uma breve secagem (para evitar danos às sementes) foi feita a semeadura. As estirpes utilizadas para a inoculação de *A. brasilense* foram AbV₅ e AbV₆ obtidas de produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária.

O milho foi semeado no dia 27/11/2012 mecanicamente com espaçamento de 0,90 m entrelinhas e 5,4 plantas por metro de sulco com objetivo de alcançar uma população de 60.000 plantas ha^{-1} . Utilizou-se a mesma semadora do ano agrícola 2011/12 e procedeu-se da mesma forma (espaçamento e densidade de semeadura), descrita anteriormente, a implantação da *U. ruziziensis solteira* e em consórcio com o milho.

Utilizou-se o híbrido simples de milho DKB 390 YG, geneticamente modificado que confere resistência ao ataque da lagarta-do-cartucho, broca-do-colmo e a supressão da lagarta-da-espiga. Além disso, é caracterizado por apresentar ciclo precoce (845 graus dia), porte médio de planta, bom stay-green, grão tipo semiduro alaranjado. Além do alto teto produtivo, apresenta excelente qualidade de colmo e raiz (conferindo alta resistência ao quebramento), sendo recomendados para regiões com altitudes abaixo de 700 m (DEKALB, 2015). A emergência ocorreu 6 dias após a semeadura (DAS) em todas as parcelas de forma homogênea. Na adubação mineral de semeadura foram aplicadas as mesmas quantidades da

safrá anterior de N, P_2O_5 e K_2O , utilizando-se do formulado N-P-K, conforme as características químicas do solo e as recomendações propostas por Sousa e Lobato (2004).

O nitrogênio em cobertura foi aplicado na fase V_5 (quinta folha expandida) do milho no dia 19/12/2012 (16 DAE), a aplicação foi realizada manualmente, distribuindo o fertilizante sobre a superfície do solo (sem incorporação), ao lado das fileiras, utilizando 60 kg ha^{-1} de N a qual foi definida, em função da expectativa de produtividade (8.000 kg ha^{-1}), conforme recomendações propostas por Sousa e Lobato (2004) na forma de sulfato de amônio (21% de nitrogênio). Da mesma forma que descrito na safra anterior, as *Urochloas* não foram adubadas. No dia 20/12/2012 (17 DAE) foi realizado o manejo de plantas daninhas utilizando a aplicação de $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ do herbicida 2,4-D amina (1.206 g ha^{-1} do i.a.), quando 50 % das plantas apresentavam seis folhas totalmente expandidas (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003). A aplicação foi realizada com pulverizador de barras tratorizado com pontas do tipo jato plano (“leque”) e regulado para aplicar 200 L ha^{-1} de calda. Devido à baixa incidência de ataque de insetos praga e doenças fúngicas foliares, para o ano agrícola de 2012/2013, não houve a necessidade de realizar a pulverização de inseticidas e fungicidas.

O fornecimento de água, nos períodos de estiagem, foi realizado por sistema de irrigação do tipo pivô central, com lâmina de água de aproximadamente 13 mm e turno de rega de três dias, especialmente nas fases de pendoamento e enchimento de grãos.

O florescimento pleno da cultura ocorreu no dia 22/01/2013 aos 50 DAE. No dia 15/03/2013 realizou-se a aplicação de glifosato (1.920 g ha^{-1} de i.a) nas parcelas da *U. ruziziensis* para cessar o desenvolvimento e facilitar a colheita. A colheita das espigas foi realizada manualmente, no dia 05/04/2013, totalizando 123 dias após a emergência, momento no qual os grãos apresentavam-se em média, com 19% de umidade. Na sequência as espigas foram submetidas à análise dos componentes de produção e à trilha mecânica, para cálculo de produtividade. Após a colheita do milho, no dia 23/04/2013, foi realizada a dessecação total da área com glifosato (1.920 g ha^{-1} de i.a) e dia 26/04/2013 a passagem do desintegrador mecânico (triton).

3.4.1.2.3 Ano agrícola 2013/14

Na mesma área dos anos agrícolas de 2011/12 e 2012/13, no dia 27/08/2013, foi realizada a dessecação das plantas daninhas presentes na área, na qual predominava o apaga-

fogo [*Alternanthera tenella* (Colla)], o picão-preto [*Bidens pilosa* (L.)], a trapoeraba [*Commelina benghalensis* (L.)] e a nabiça [*Raphanus raphanistrum* (L.)] com glifosato e carfentrazona-etílica nas doses $1.920 + 20 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a respectivamente.

No dia 09/09/2013, realizou-se a aplicação de 1.500 kg ha^{-1} de calcário dolomítico [CaCO_3 , MgCO_3 (PRNT: 85%; CaO: 36 a 39% e; MgO: 12 a 15%)] com distribuidor a lanço em área total da mesma forma descrita para o ano agrícola 2011/2012 e semeado o milho cultivar BRS 1501, utilizando a mesma semeadora (2011/12 e 2012/13), porém, com espaçamento de 0,34 m, densidade de 110 sementes m^{-1} totalizando 20 kg ha^{-1} . Após a condução do milho por aproximadamente 45 dias, realizou-se a dessecação, com glifosato e carfentranzona-etílica nas doses $1.560 + 24 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a e a passagem do desintegrador mecânico já descrita para os dois anos anteriores.

O tratamento e a inoculação das sementes com o *Azospirillum brasilense* foram realizados com os produtos e doses recomendadas de acordo com o ano agrícola 2012/13. Logo em seguida, o milho foi semeado no dia 13/11/2013 mecanicamente com espaçamento de 0,90 m entrelinhas e 5,9 plantas por metro de sulco com objetivo de alcançar uma população de 65.555 plantas ha^{-1} . Utilizou-se a mesma semadora dos anos agrícolas 2011/12 e 2012/13 e procedeu-se da mesma forma (espaçamento e densidade de semeadura), descrita anteriormente, a implantação da *U. ruziziensis solteira* e em consórcio com o milho.

Utilizou-se o híbrido simples de milho DKB 390 YG e a emergência ocorreu 5 dias após a semeadura (DAS) em todas as parcelas de forma homogênea. Na adubação mineral de semeadura foram aplicadas as mesmas quantidades das safras anteriores de N, P_2O_5 e K_2O , utilizando-se do formulado N-P-K.

No dia 04/12/2013 (16 DAE) foi realizado o manejo de plantas daninhas utilizando a aplicação de $0,8 \text{ L ha}^{-1}$ do herbicida 2,4-D amina (640 g ha^{-1} do i.a.), quando 50 % das plantas apresentavam seis folhas totalmente expandidas (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003).

O nitrogênio em cobertura foi aplicado na fase V5 (quinta folha expandida) do milho no dia 06/12/2013 (18 DAE), a aplicação foi realizada conforme descrito nos anos anteriores (2011/12 e 2012/13), utilizando 60 kg ha^{-1} de N a qual foi definida, em função da expectativa de produtividade (8.000 kg ha^{-1}), conforme recomendações propostas por Sousa e Lobato (2004) na forma de sulfato de amônio (21% de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio). Da mesma forma que nas safras 2011/12 e 2012/13, as *Urochloas* não foram adubadas. Devido à baixa incidência de ataque de insetos praga e doenças fúngicas foliares, para os anos agrícolas

de 2012/2013 e 2013/2014, não houve a necessidade de realizar a pulverização de inseticidas e fungicidas.

O fornecimento de água, nos períodos de estiagem, foi realizado por sistema de irrigação do tipo pivô central, com lâmina de água de aproximadamente 13 mm e turno de rega de três dias, especialmente nas fases de pendoamento e enchimento de grãos.

O florescimento pleno da cultura ocorreu no dia 06/01/2014 aos 50 DAE. No dia 24/02/2014 realizou-se a aplicação de glifosato (1.920 g ha^{-1} de i.a) nas parcelas da *U. ruziziensis* para cessar o desenvolvimento e facilitar a colheita e posterior semeadura da cultura em sucessão. A colheita das espigas foi realizada manualmente, no dia 26/03/2014, totalizando 128 dias após a emergência, momento no qual os grãos apresentavam-se em média, com 18% de umidade. Na sequência as espigas foram submetidas à análise dos componentes de produção e à trilha mecânica, para cálculo de produtividade. Após a colheita do milho, no dia 08/04/2014, foi realizada a dessecação total da área com 1.920 g ha^{-1} de i.a de glifosato + $24 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ de carfentrazone-ethyl e dia 17/04/2014 a passagem do desintegrador mecânico para fragmentar e distribuir de forma uniforme os resíduos das culturas na área de cultivo, seguindo o mesmo procedimento que descrito anteriormente.

3.4.1.3 Avaliações fitotécnicas

3.4.1.3.1 Milheto

3.4.1.3.1.1 Matéria seca do milheto

Após a passagem do desintegrador mecânico, os restos vegetais foram coletados, utilizando-se um quadrado de 0,50 m de lado e área de $0,25 \text{ m}^2$, em dez pontos na área total; essas amostras foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas para o laboratório para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65°C até ponto de equilíbrio. A produção da matéria seca do milheto na aérea foi obtida, dessa maneira, pela média aritmética entre os dez pontos amostrados, com os valores médios extrapolados para kg ha^{-1} .

3.4.1.3.2 *Milho e Urochloa*

Durante o período de desenvolvimento e na colheita das espigas da cultura, nos três anos agrícolas, foram mensuradas características morfológicas e nutricionais de plantas, características de espiga, componentes de produção e produtividade da cultura do milho.

3.4.1.3.2.1 População inicial e final de plantas

As populações inicial e final de plantas foram determinadas aos 5 dias após a emergência das plantas e durante a colheita das espigas da cultura, respectivamente, mediante a contagem das plantas presentes na área útil das parcelas (duas linhas centrais – 16,2 m²). Os valores obtidos foram extrapolados em plantas ha⁻¹.

3.4.1.3.2.2 Altura de plantas

A determinação da altura média de planta foi realizada quando 50% das plantas apresentavam espigas com grãos pastosos (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003). Foi obtida pela medição do comprimento do colmo (distância entre a superfície do solo e a base da folha “bandeira”) com auxílio de régua graduada. Foram avaliadas cinco plantas contínuas na linha de semeadura e representativas da área útil de cada parcela, com os resultados expressos em metros.

3.4.1.3.2.3 Altura de inserção da espiga

A altura média de inserção de espiga foi obtida pela distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga principal com o colmo, com auxílio de régua graduada. Vale ressaltar que tal determinação foi realizada quando a maioria das plantas apresentava espigas com grãos pastosos (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003), considerando as mesmas plantas utilizadas na determinação da altura média de planta, com os resultados expressos em metros.

3.4.1.3.2.4 Massa seca de parte aérea

A produção de massa seca de parte aérea foi mensurada quando 50% das plantas apresentavam-se no estágio de florescimento pleno (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003), coletando-se, de maneira contínua na linha de semeadura, cinco plantas representativas na área útil de cada parcela. As plantas foram cortadas rentes à superfície do solo, sendo posteriormente fragmentadas em desintegrador forrageiro (modelo DPM-1/Nogueira®) e submetidas à secagem em estufa com renovação e circulação forçada de ar à temperatura de 60 ± 5 °C, até atingir massa constante. Os resultados obtidos foram expressos em g planta⁻¹ de massa seca de parte aérea.

3.4.1.3.2.5 Teor de N nas folhas

Na ocasião do florescimento pleno (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003), foram coletados os terços centrais dos limbos de dez folhas situadas opostamente e abaixo da espiga principal (MALAVOLTA, 1992; OLIVEIRA, 2004) de plantas presentes na área útil de cada parcela, para avaliação do estado nutricional da cultura. Em seguida, foram submetidos à secagem em estufa com renovação e circulação forçada de ar à temperatura de 60 ± 5 °C, até atingir constância em massa. Após a secagem, os limbos foliares foram moídos em moinho de facas do tipo Wiley, com peneira de 1,0 mm. A determinação do nutriente foi realizada conforme metodologias descritas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), com os resultados expressos em g kg⁻¹ de N. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos (UNESP – Câmpus de Ilha Solteira).

3.4.1.3.2.6 Massa do sabugo

Foram debulhadas dez espigas em cada parcela, após a colheita e antes da trilha dos grãos. Logo em seguida, pesou-se e determinou-se em gramas a massa média do sabugo.

3.4.1.3.2.7 Massa de grãos por espiga

Após a debulha das 10 espigas colhidas na área útil das parcelas, determinou-se a massa média dos grãos por espiga, a qual foi submetida à pesagem em balança de precisão (0,001 g) e à determinação de umidade, possibilitando calcular a massa dos grãos corrigida para 13% de umidade (base úmida – b.u.).

3.4.1.3.2.8 Massa de cem grãos

Após a debulha das espigas colhidas na área útil das parcelas, foi coletada uma subamostra de 100 grãos por parcela, a qual foi submetida à pesagem em balança de precisão (0,001 g) e à determinação de umidade, possibilitando calcular a massa dos grãos corrigida para 13% de umidade (base úmida – b.u.). Cabe salientar que a umidade dos grãos foi obtida pelo método elétrico não-destrutivo indireto, mediante o uso do aparelho portátil modelo *Multi- Grain* (Dickey-John®), o qual propicia leitura direta em display digital.

3.4.1.3.2.9 Produtividade de grãos

A produtividade foi obtida a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos das espigas colhidas na área útil das parcelas (duas linhas centrais – 18,0 m²). Após a secagem, as mesmas foram submetidas à trilha mecânica e determinada a massa dos grãos e os dados transformados em kg ha⁻¹ (umidade de 13% base úmida). A umidade dos grãos foi obtida pelo uso do aparelho portátil modelo *Multi- Grain* (Dickey-John®).

3.4.1.3.2.10 Massa seca da cobertura vegetal

Nas coberturas vegetais foram mensuradas a produção de massa seca após a colheita. Primeiramente realizou-se a dessecação na área e uma operação com desintegrador mecânico, logo em seguida foi realizada a avaliação da produção de massa seca da cobertura vegetal, por meio de amostragens ao acaso com quadrante de 0,25 m² (0,50 x 0,50 m). A coleta do material vegetal foi realizada de maneira aleatória em quatro pontos de cada parcela. Após a

secagem, em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65C°, foi realizada a pesagem e os dados transformados em kg ha⁻¹.

3.4.1.4 Análise estatística dos dados

Os dados foram avaliados por meio da análise de variância pelo teste F e quando constatada a significância do valor de F ao nível de 5% de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias. A análise estatística foi realizada através do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.4.2 Efeito residual de coberturas vegetais inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense* associados a adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro de inverno inoculado com *Rhizobium tropici* em sistema plantio direto.

3.4.2.1 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 4 repetições em um esquema fatorial 8x4 com 32 tratamentos constituídos pela combinação de restos culturais de milho e/ou braquiária inoculados ou não (1- milho exclusivo, 2 - milho + *Azospirillum brasilense*, 3 – *Urochloa ruziziensis*, 4 – *Urochoa ruziziensis* + *Azospirillum brasilense*, 5 - milho + *Urochloa ruziziensis*, 6 - milho - *A. brasilense* + *U. ruziziensis*, 7 - milho + *U. ruziziensis* - *A. brasilense*, 8 - milho – *A. brasilense* + *U. ruziziensis* – *A. brasilense*) e doses de nitrogênio em cobertura (zero, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹). As parcelas experimentais foram constituídas por sete linhas com 5,0 m de comprimento espaçadas de 0,45 m perfazendo área total de 15,75 m² (3,15 m x 5,0 m) e área útil de 11,25 m², uma vez que para a coleta dos dados foram utilizadas as cinco linhas centrais de cada parcela. Na avaliação de produtividade da cultura, foram utilizadas as três linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade

Tabela 6. Descrição dos tratamentos estudados nos experimentos. Selvíria – MS, Brasil (2013/2014).

Tratamento	Cobertura	Dose*	Tratamento	Cobertura	Dose
01	M	0	17	M	80
02	M (I)	0	18	M (I)	80
03	U	0	19	U	80
04	U (I)	0	20	U (I)	80
05	M + U	0	21	M + U	80
06	M (I) + U	0	22	M (I) + U	80
07	M +U (I)	0	23	M +U (I)	80
08	M (I) +U (I)	0	24	M (I) +U (I)	80
09	M	40	25	M	120
10	M (I)	40	26	M (I)	120
11	U	40	27	U	120
12	U (I)	40	28	U (I)	120
13	M + U	40	29	M + U	120
14	M (I) + U	40	30	M (I) + U	120
15	M +U (I)	40	31	M +U (I)	120
16	M (I) +U (I)	40	32	M (I) +U (I)	120

Nota: * Nitrogênio em cobertura (kg ha^{-1}); M – Milho; M(I) – Milho Inoculado com *Azospirillum brasilense*; U – *Urochloa ruziziensis*; U (I) - *Urochloa ruziziensis* Inoculada com *Azospirillum brasilense*; M + U – Milho + *Urochloa ruziziensis*; M(I) + U - Milho Inoculado com *Azospirillum brasilense* + *Urochloa ruziziensis*; M + U(I) – Milho + *Urochloa ruziziensis* Inoculada com *Azospirillum brasilense*; M(I) + U(I) - Milho Inoculado com *Azospirillum brasilense* + *Urochloa ruziziensis* Inoculada com *Azospirillum brasilense*.

Fonte: Elaboração do autor.

3.4.2.2. Implantação e condução dos experimentos

O experimento foi realizado em dois anos consecutivos e as informações encontram-se descritas separadamente a seguir para os anos de 2013 e 2014.

3.4.2.2.1. Ano de 2013

Após a colheita do milho, no dia 23/04/2013, foi realizada a dessecação total da área com glifosato (1.920 g ha^{-1} de i.a), dia 26/04/2013 passagem do desintegrador mecânico

(triton), coleta das amostras para a determinação da quantidade e qualidade das coberturas vegetais e semeado o feijoeiro de inverno na área experimental no sistema plantio direto.

O cultivar utilizado foi o Pérola, originado na Embrapa Arroz e Feijão, da seleção da cultivar Aporé, apresenta crescimento indeterminado, hábito do tipo II/III (semi-ereto a prostrado), é resistente ao Mosaico comum, moderadamente resistente a Murcha de *Fusarium*, intermediário para Ferrugem, suscetível ao Mosaico Dourado, Crestamento Bacteriano Comum e Antracnose (EMBRAPA, 1997).

O tratamento das sementes foi feito com o fungicida carbendazin + thiran (45 + 105 g do i.a. 100 kg⁻¹ de sementes), visando o controle de doenças do solo como a antracnose [*Colletotrichum lindemuthianum*] e podridão radicular [*Rhizoctonia solani*] na fase inicial do desenvolvimento do feijoeiro. Após a secagem das sementes tratadas, a inoculação foi realizada à sombra com doses recomendadas de *Rhizobium tropici* (200 g do inoculante para cada 25 kg de semente), para facilitar a adesão do inoculante nas sementes foi utilizada solução açucarada a 10% e após uma breve secagem. A solução açucarada tem a finalidade de contribuir para maior adesão do inoculante a superfície da semente (STRALIOTTO, 2002; STRALIOTTO, TEIXEIRA; MERCANTE, 2003). As estirpes utilizadas para a inoculação foram a SEMIA 4080 com 2x10⁸ Ufc (unidades formadoras de colônia) g⁻¹ obtidas de produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária.

O feijão foi semeado mecanicamente com semeadora-adubadora específica para o sistema plantio direto, equipada com mecanismo sulcador de haste e sistema de distribuição de sementes pneumático (vácuo por discos perfurados) no dia 08/05/2013. O espaçamento foi de 0,45 m entre linhas e 12 sementes por metro, com o objetivo de obter uma população final de aproximadamente 240.000 plantas por hectare, de acordo com recomendação de Dourado Neto e Fancelli (2000). A emergência das plântulas ocorreu no dia 14/05/2013 aos 6 dias após a semeadura (DAS).

Na adubação mineral de semeadura foram aplicados 10, 75 e 25 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, utilizando-se 250 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K (04-30-10), calculada de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração a faixa de produtividade esperada (2,5 – 3,5 t ha⁻¹) e as recomendações de Ambrosano et al. (1997).

Foi realizado o controle de plantas daninhas no dia 27/05/2013 (13 DAE) quando as plantas do feijoeiro estavam com o 2º trifólio completamente desenvolvido, com a aplicação do herbicida fomesafem (250 g ha⁻¹ do i.a.), um herbicida seletivo, indicado para o controle

das plantas infestantes de folhas largas, em pós-emergência e no dia 31/05/2013 realizou-se a aplicação do herbicida fenoxaprope-p-etílico (77 g ha^{-1} do i.a.) que é um herbicida seletivo pós-emergente, indicado para o controle de gramíneas anuais. A aplicação foi realizada com pulverizador de barras tratorizado munido com pontas do tipo jato plano (“leque”) e regulado para aplicar 200 L ha^{-1} de calda.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no estágio V_{4-4} do feijoeiro (quarta folha trifoliada), dia 06/06/2013 aos 25 dias após a emergência das plantas com as doses de 0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de N, utilizando como fonte de nitrogênio a ureia (45% nitrogênio). A aplicação foi realizada manualmente, distribuindo-se o fertilizante sobre a superfície do solo (sem incorporação), ao lado e aproximadamente 5 cm das fileiras, a fim de se evitar o contato do fertilizante com as plantas, o que poderia provocar a desidratação e morte das células (OLIVEIRA, 1995). Após a adubação de cobertura a área foi irrigada por aspersão (lâmina de aproximadamente 13 mm) para minimizar as perdas de N por volatilização da amônia, conforme ressaltado por Costa et al. (2004).

Os tratos fitossanitários foram os recomendados para a cultura na região e de acordo com a avaliação da necessidade ao longo do ciclo da cultura (VIEIRA et al., 2006). No ano agrícola em questão, ocorreu o aparecimento de uma grande quantidade de insetos-praga (principalmente lagartas), levando a aplicação dos seguintes inseticidas: dia 29/05/2013 fenpropatrina (45 g ha^{-1} do i.a.) em V_4 (terceira folha trifoliada), dia 18/06/2013 acefato ($562,5 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a.) em R_5 (botões florais formados), dia 29/06/2013 acefato (1.125 g ha^{-1} do i.a.) em R_7 (formação de vagens), dia 06/07/2013 clorpirifos (384 g ha^{-1} do i.a.) em R_8 (enchimento de vagens) e 13/07/2013 beta-ciflutrina (5 g ha^{-1} do i.a.) em R_8 (enchimento de vagens). Para evitar a entrada na lavoura de doenças causadas por fungos, foi realizado o controle preventivo com duas aplicações do fungicida mancozeb (800 e 1.600 g ha^{-1} do i.a) nas fases de V_4 e R_7 .

O fornecimento de água à cultura, nos períodos de estiagem, foi realizado por sistema de irrigação do tipo pivô central, com lâmina de água de aproximadamente 13 mm e turno de rega de três dias.

O florescimento pleno da cultura (R_6 - 50% das plantas apresentam a primeira flor aberta) ocorreu aos 41 dias após a emergência (DAE). A colheita foi realizada manualmente no dia 13/08/2013, totalizando um ciclo de 91 dias após a emergência das plantas, sendo colhidas as três linhas centrais de 4 m de comprimento de cada parcela e a trilha foi realizada

mecanicamente. Após a colheita do feijão foi realizada dessecação total da área com glifosato (1.920 g ha^{-1} de i.a) e uma operação com desintegrador mecânico, e no dia 20/08/2013 realizou-se a avaliação da cobertura vegetal final.

3.4.2.2.2. Ano de 2014

Após a colheita do milho, no dia 08/04/2014, foi realizada a dessecação total da área com glifosato (1.920 g ha^{-1} de i.a), dia 17/04/2014 passagem do desintegrador mecânico (triton), coleta das amostras para a determinação da quantidade e qualidade das coberturas vegetais e semeado o feijoeiro de inverno na área experimental no sistema plantio direto da mesma forma que executado no ano anterior.

O cultivar utilizado foi o mesmo do ano de 2013 por apresentar-se adaptado à região e características desejáveis à realização do experimento como o tipo de crescimento (indeterminado), hábito (semi-ereto a prostrado) e resistência algumas doenças de grande importância econômica (EMBRAPA, 1997).

O tratamento das sementes foi feito com o inseticida fipronil (50 g do i.a. 100 kg^{-1} de sementes) e o fungicida carbendazin + thiran ($45 + 105 \text{ g}$ do i.a. 100 kg^{-1} de sementes), visando o controle de pragas como vaquinha [*Diabrotica speciosa*] e Tamanadua-da-soja [*Sternechus subsignatus*] e doenças de solo como a antracnose [*Colletotrichum lindemuthianum*] e podridão radicular [*Rhizoctonia solani*] na fase inicial do desenvolvimento do feijoeiro. Da mesma forma que em 2013, após a secagem do tratamento de sementes, a inoculação de sementes foi realizada com a mesma metodologia, dose e estirpes para a inoculação.

O feijão foi semeado mecanicamente com semeadora-adubadora específica para o sistema plantio direto, no dia 07/05/2014 com espaçamento de $0,45 \text{ m}$ entre linhas e 13 sementes por metro, com o objetivo de obter uma população final de aproximadamente 240.000 plantas por hectare, de acordo com recomendação de Dourado Neto e Fancelli (2000). Após a semeadura do feijoeiro foi aplicado o herbicida glifosato (960 g ha^{-1} de i.a) para a dessecação das plantas presentes na área. A emergência das plântulas ocorreu nos dias 12/05/2014 aos 5 dias após a semeadura (DAS).

Na adubação mineral de semeadura foram aplicados $17, 59$ e 34 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, utilizando-se 210 kg ha^{-1} do formulado N-P-K (08-28-16), calculada

de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração a faixa de produtividade esperada ($2,5 - 3,5 \text{ t ha}^{-1}$) e as recomendações de Ambrosano et al. (1997).

As plantas daninhas foram controladas pela aplicação em pós-emergência dos herbicida para folhas largas bentazon (480 g ha^{-1} do i.a.) no dia 27/05/2014 e graminicida fenoxaprope-p-etílico (77 g ha^{-1} do i.a.) no dia 04/06/2014 aos 15 e 23 DAE, respectivamente. A aplicação foi realizada com pulverizador de barras tratorizado munido com pontas do tipo jato plano (“leque”) e regulado para aplicar 200 L ha^{-1} de calda.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada manualmente depositando em filetes ao lado da linha de plantas e incorporado com irrigação (lâmina de aproximadamente 13 mm), tendo a ureia(45% nitrogênio) como fonte no estágio V_{4-4} do feijoeiro (quarta folha trifoliada), dia 02/06/2014 aos 21 dias após a emergência das plantas com as mesmas doses já descritas para o ano de 2013, de acordo com cada tratamento.

Os tratos fitossanitários foram os recomendados para a cultura na região e de acordo com a avaliação da necessidade ao longo do ciclo da cultura (VIEIRA et al., 2006) os seguintes inseticidas: dia 04/06/2014 clorpirifos (720 g ha^{-1} do i.a.) em V_4 (terceira folha trifoliada), dia 17/06/2014 clorantianiliprole (10 g ha^{-1} do i.a.) em R_5 (botões florais formados), dia 27/06/2014 beta-ciflutrina (5 g ha^{-1} do i.a.) em R_7 (formação de vagens), dia 10/07/2014 clorantianiliprole (10 g ha^{-1} do i.a.) em R_8 (enchimento de vagens) e 29/07/2014 imidacloprido (60 g ha^{-1} do i.a.) em R_8 (enchimento de vagens). Para evitar a entrada na lavoura de doenças causadas por fungos, foi realizado o controle preventivo com duas aplicações do fungicida mancozeb (1.125 g ha^{-1} do i.a) nas fases de V_4 e R_8 . O fornecimento de água à cultura, nos períodos de estiagem, foi realizado por sistema de irrigação do tipo pivô central, com lâmina de água de aproximadamente 13 mm e turno de rega de três dias.

O florescimento pleno da cultura (R_6 - 50% das plantas apresentam a primeira flor aberta) ocorreu aos 40 dias após a emergência (DAE). A colheita foi realizada manualmente no dia 12/08/2014, totalizando um ciclo de 93 dias após a emergência das plantas, sendo colhidas as três linhas centrais com 4 m de comprimento de cada parcela e a trilha foi realizada mecanicamente. Após a colheita do feijão foi realizada dessecação total da área com glifosato (1.920 g ha^{-1} de i.a) e uma operação com desintegrador mecânico, e no dia 19/08/2014 realizou-se a avaliação da cobertura vegetal final e as coletas das amostras para as avaliações dos atributos físicos do solo.

3.4.2.3. Avaliações fitotécnicas

3.4.2.3.1 Teor de Nitrogênio das Coberturas Vegetais

O teor de nitrogênio nas coberturas vegetais foi determinado após a avaliação de produção de massa seca das coberturas vegetais presentes na área após a colheita de milho nos anos de 2012/13 e 2013/14, coletando-se, uma subamostra de aproximadamente 30 g de cada parcela. A determinação desse nutriente foi realizada no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos (UNESP – Câmpus de Ilha Solteira), conforme metodologias descritas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), com os resultados expressos em g kg^{-1} de N.

3.4.2.3.2 Nitrogênio Acumulado das Coberturas Vegetais

O nitrogênio, acumulado pelas coberturas vegetais foi obtido pelo produto do teor do nutriente determinados nas subamostras (g kg^{-1}) e a produção de massa seca de parte aérea das coberturas vegetais (kg ha^{-1}), com os resultados estimados em kg ha^{-1} de N.

3.4.2.3.3 População de plantas

Aproximadamente 8 dias após a emergência das plantas e durante a colheita, contou-se o número de plantas em três linhas de quatro metros de comprimento de cada parcela e em seguida calculou-se a população inicial e a população final de plantas ha^{-1} .

3.4.2.3.4 Massa seca de plantas

Por ocasião do florescimento pleno das plantas (R_6), coletou-se 10 plantas em local pré-determinado na área útil e foram retiradas as folhas de 5 plantas. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel e o restante do material em outro saco de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório e submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 60°C , até atingir massa constante. Posteriormente

foram determinadas as massas da matéria seca e somadas (folha + resto do material vegetal) e os valores convertidos em g planta⁻¹.

3.4.2.3.5 *Teor de nitrogênio nas folhas*

As folhas das plantas coletadas para avaliação anterior, na fase de desenvolvimento R₆ (florescimento), após secagem em estufa com circulação forçada de ar 60-70°C, foram moídas em moinho tipo Wiley e em seguida foram submetidas à análise de nitrogênio segundo a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.4.2.3.6 *Componentes de produção*

No momento da colheita, foram amostradas 10 plantas em local pré-determinado na área útil de cada parcela e levadas ao laboratório para determinação do *número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem*. O número de *vagens por planta* foi determinado por meio da contagem do número total de vagens dividido pelo número de plantas. Obteve-se o número de *grãos por planta* mediante a relação entre número total de grãos e o número total de plantas. Determinou-se o número de grãos por vagem pela relação entre número total de grãos e o número total de vagens.

3.4.2.3.7 *Massa de cem grãos*

A massa de cem grãos foi obtida pela pesagem de duas amostras, de cem grãos cada uma, em cada parcela experimental. Os dados obtidos da massa de cem grãos foram corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

3.4.2.3.8 *Produtividade de grãos*

As plantas de três linhas com quatro metros de comprimento da área útil de cada parcela foram arrancadas e colocadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as plantas foram submetidas à trilha mecânica, os grãos pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ (13% base úmida).

3.4.2.3.9 *Massa seca final da cobertura vegetal*

Após a colheita do feijão foi realizada dessecação total da área com glifosato (1.920 g ha⁻¹ de i.a) e uma operação com desintegrador mecânico. A avaliação da produção de massa seca da cobertura vegetal, ocorreu por meio de amostragens em quatro pontos por parcela em uma área de 0,25 m². Após a secagem em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65C°, realizou-se a pesagem e os dados foram transformados em kg ha⁻¹.

3.4.2.3.10 *Atributos físicos do solo*

Antes do cultivo de milho (caracterização inicial) em agosto de 2011 foram coletadas amostras indeformadas de solo em 12 pontos aleatórios na área, nas profundidades: 0 – 0,10 m; 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m. No mês de setembro em 2014, foram coletadas amostras indeformadas de solo em 3 pontos aleatórios dentro de cada parcela, nas profundidades: 0 – 0,10 m; 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m, sendo realizadas quatro repetições por tratamento. Os atributos físicos do solo avaliados em 2011 e 2014 foram: *microporosidade* pelo método da mesa de tensão, com coluna de água de 0,60 m, e a *macroporosidade* obtida pela diferença entre a *porosidade total* e a microporosidade, *porosidade total* pela saturação do volume da amostra, a *densidade do solo* pelo método do anel volumétrico. Ademais a *Resistência do solo à penetração* e *umidade gravimétrica* foram avaliadas em três pontos aleatórios dentro de cada parcela, utilizando-se um penetrógrafo modelo Penetrographer^{pat} SC – 60 e coletando amostras de solo, nas camadas estratificadas supracitadas (EMBRAPA, 1997).

3.4.2.4. *Análise estatística dos dados*

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância e constatada a interação significativa entre as fontes de variação, procedeu-se o desdobramento, comparando as médias das coberturas vegetais pelo teste Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade, de acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002). O efeito das doses de nitrogênio foi analisado por regressão polinomial, ajustando-se modelos de equações lineares e quadráticas significativas pelo teste F. Para essa análise estatística foi utilizado o software SISVAR desenvolvido por Ferreira (2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Inoculação de *Azospirillum brasilense* no milho e/ou *Urochloa ruziziensis* solteiros ou consorciados em sistema plantio direto.

4.1.1 MILHETO

Constatou-se que o milheto semeado na primavera forneceu ao solo, antes da implantação do experimento de milho e *Urochloa*, cerca de 10.210, 11.320 e 8.140 kg ha⁻¹ de matéria seca em 2011/12, 2012/13 e 2013/14, respectivamente. Vale ressaltar que a quantidade adequada de cobertura vegetal para o sistema plantio direto varia de acordo com a especificidade de cada região, já que a produção de fitomassa e a taxa de decomposição do material estão relacionadas com as condições edafoclimáticas. O presente trabalho como realizado em uma região que apresenta altas taxas de mineralização pelas elevadas temperaturas, o obtido apresentou-se satisfatório para o sistema de manejo adotado. As produções médias de massa seca de parte aérea do milheto assemelharam-se as obtidas por outros pesquisadores (PERIN et al., 2010)

Em mesmas condições da presente pesquisa, Kappes (2013), estudando coberturas vegetais, manejos de solo e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho, pode observar produção de massa seca de parte aérea com valores de 7.765 e 9.323 kg ha⁻¹ para os anos de 2009/10 e 2010/11 respectivamente.

Contudo, a maior parte das áreas agrícolas cultivadas no Cerrado em sistema plantio direto, permanece em sem culturas na entressafra (inverno/primavera), por diversos fatores, dentre eles, o desconhecimento dos benefícios das coberturas vegetais para a manutenção do potencial produtivo (CALEGARI, 2004), produção de cobertura vegetal e manejo de plantas daninhas.

Apesar do maior potencial de aporte de nutrientes oriundos das leguminosas, sobretudo de nitrogênio, nas regiões de Cerrado, as poáceas têm sido mais utilizadas como plantas de cobertura, com destaque para o milheto (SALTON; KICHEL, 1998), devido a sua maior resistência ao déficit hídrico, elevada produção de matéria seca, bom desenvolvimento em solos do Cerrado (SANTOS et al., 2010a) e baixo custo de aquisição de sementes.

De acordo com Francisco et al. (2011), avaliando coberturas vegetais antecedendo o cultivo do milho em Latossolo Vermelho distrófico de textura muito argilosa, observaram maiores quantidades de massa seca de parte aérea no milheto em relação à crotalaria.

Aliado a isso, como o clima do Cerrado é caracterizado pelas elevadas temperaturas associadas às altas precipitações no verão, ocorre rápida decomposição dos resíduos vegetais de baixa relação C/N (LARA CABEZAS et al., 2004), no caso das de utilização de leguminosas para produção de cobertura vegetal.

Como o milheto foi semeado anteriormente à cultura do milho com a finalidade de promover uma boa cobertura do solo, um eficiente controle de plantas daninhas, manutenção da palha e do sistema plantio direto no Cerrado, deve-se avaliar qual o melhor momento de realizar a dessecação e não esperar a cultura produzir sementes (nesse caso).

No presente estudo, o milheto foi dessecado aos 45 DAE por se tratar de uma prática na região e, lembrando que nas parcelas onde a *Urochloa* foi consorciada não ocorreu esse problema. Vale ressaltar que a rebrota do milheto foi predominante em relação às demais espécies, o que demonstra um eficiente controle das plantas daninhas com a utilização da *Urochloa* para formação de palha no sistema plantio direto e esse controle alternativo torna-se importante principalmente visando à diminuição a médio e longo prazo do banco de sementes do solo.

Experimentos de campo, com produção dos resíduos vegetais na área, são extremamente complexos, pois se trata da somatória do manejo adotado no período de verão, com a manutenção das culturas para produção de palha, e os efeitos propriamente ditos dessa palha depositada sobre o solo. Assim, estudos relacionados a alguns gargalos encontrados, como: forma de semeadura da forrageira, densidade de semeadura da *Urochloa*, escolha de uma semente de qualidade, período de desenvolvimento do milheto antes da dessecação, além do objetivo do agricultor, devem ser colocados em questão para melhorar ainda mais a qualidade das pesquisas dos atuais sistemas de produção.

4.1.2 MILHO E UROCHLOA

Verifica-se na Tabela 7 que não houve diferença significativa na população inicial para nenhum tratamento avaliado (safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14). Alguns autores, como Chioderoli et al. (2012) encontraram resultados semelhantes quando avaliaram o desempenho no consórcio de *Urochloas* com milho em sistema plantio direto não observando diferenças na

população inicial de plantas de milho. Esses resultados corroboram com os obtidos por Mello et al. (2004), que trabalhando com consorciação de milho com *Urochloa*, em dois espaçamentos e diferentes modalidades de semeadura, não observaram diferenças significativas nos valores de população de plantas de milho em função das modalidades de semeadura.

Vale ressaltar que o trabalho foi desenvolvido em sistema plantio direto e é provável que o bom estabelecimento de plantas de milho, esteja relacionado com a condição do solo no momento da semeadura, como por exemplo, atributos físicos, permitindo bom atrito entre os mecanismos da semeadora responsável pela movimentação do sistema de distribuição de sementes e o solo.

Segundo Kappes et al. (2013), ao comparar sistemas de manejo de solo no desempenho da cultura do milho, destacou outra característica relacionada à população inicial e final de plantas no sistema plantio direto, sendo esta, relacionada às melhores condições de germinação e emergência proporcionada pelo sistema, pois os resíduos culturais sobre a área podem ter promovido maior proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva, durante o período que antecede a emergência das plântulas. Além disso, a cobertura vegetal pode ter promovido menor perda de água e menores variações de temperatura do solo, favorecendo o estabelecimento da cultura (BORTOLUZZI; ELTZ, 2000).

Já para a população final de plantas, o milho solteiro inoculado diferiu do consórcio entre milho e *Urochloa ruziziensis* sem a inoculação, e pode-se observar que o milho inoculado apresentou maior número de plantas ao final do ciclo produtivo na safra 2011/12 (Tabela 8). Porém, Novakowski et al. (2011), avaliando o efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense*, obtiveram uma população final de plantas de milho inferior ao controle quando foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de N e quando se fez a inoculação com *Azospirillum brasilense*. Os autores citam esse comportamento encontrado no estudo, contrário ao obtido por Campos, Theisen e Gnatta (2000) que não verificaram diferenças significativas para número de plantas em trabalho onde foi testado o inoculante comercial Graminate® individualmente e em associação com adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura na cultura do milho. Portanto nota-se ser uma variável relacionada principalmente no que se diz respeito ao manejo da cultura ao longo do ciclo, assim a população final apresenta maior influência do que a população inicial. No presente estudo, na safra 2011/12 o híbrido utilizado foi diferente das outras duas safras (2012/13 e 2013/14) e

por esse motivo a população final pode ter apresentado sensibilidade ao consórcio nos tratamentos sem à inoculação.

Da mesma forma, Garcia et al. (2013), avaliando o desempenho agrônômico da cultura do milho e espécies forrageiras em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado, não observaram influência significativa pelo consórcio com as forrageiras na população final de plantas.

Tabela 7. Valores médios da população inicial do milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Tratamentos	População Inicial ----- (plantas ha ⁻¹) -----		
	2011/12	2012/13	2013/14
Milho	56.250	56.944	56.667
Milho - Inoculado (I)	57.778	54.444	57.778
Milho + <i>Urochloa</i>	56.250	56.389	56.389
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	57.361	55.000	57.778
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	57.222	55.278	56.944
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	56.389	56.944	57.222
F	1,57 ^{ns}	2,47 ^{ns}	0,56 ^{ns}
DMS	--	--	--
CV (%)	1,86	2,44	2,69

^{ns} não significativo. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.
Fonte: Elaboração do autor.

Os mesmos resultados dessa pesquisa foram encontrados por Costa et al. (2012), em que a população final de milho não apresentou interferência do consórcio com duas espécies de *Urochloas* (*U. ruzizensis* e *U. brizantha*) e da adubação nitrogenada, nas duas safras em estudo, diferentemente dos resultados obtidos por Borghi e Crusciol (2007), que verificaram diminuição na população final de plantas para o mesmo espaçamento entrelinhas utilizado no presente trabalho (0,90 m), em razão da maior competição exercida pela forrageira, principalmente no período inicial de desenvolvimento do milho, e da maior população de *U. brizantha* 'Marandu' proporcionada pelo consórcio simultâneo na entrelinha da cultura produtora de grãos. Entretanto, no presente trabalho, não houve competição inicial das *Urochloas* com a cultura do milho, o que pode ser explicado pela excelente germinação e emergência da cultura do milho, que ocorreu 7 dias antes das plantas de *Urochloas*, semeadas na mesma profundidade que o milho.

Tabela 8. Valores médios da população final do milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Tratamentos	População Final ----- (plantas ha ⁻¹) -----		
	2011/12	2012/13	2013/14
Milho	54.028 ab	53.056	53.889
Milho - Inoculado (I)	55.278 a	51.667	55.556
Milho + <i>Urochloa</i>	51.250 b	53.611	53.889
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	53.333 ab	51.944	54.722
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	53.472 ab	53.333	55.556
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	52.639 ab	53.888	55.278
F	2,80*	1,49 ^{ns}	1,42 ^{ns}
DMS	3.705	--	--
CV (%)	3,02	2,81	2,39

Nota: Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey; ^{ns} não significativo; *significativo a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

Na Tabela 9, nota-se que não houve diferença na variável altura de plantas para as três safras estudadas (2011/12, 2012/13 e 2013/14). De acordo com Kaneko (2013), ao avaliar o efeito da inoculação de *Azospirillum* em duas regiões do Cerrado (baixa e alta altitude) não foi constatado efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* para a altura de planta tanto dos experimentos com milho “primeira safra” quanto com milho “segunda safra” para as duas localidades diferindo dos dados obtidos por Braccini et al. (2012). Os resultados encontrados na presente pesquisa vão ao encontro com os descritos por Tsunanuma (2004), que, trabalhando com *U. brizantha*, *U. decumbens* e *U. ruzizienses* semeadas entre as linhas no mesmo dia da semeadura do milho, entre as linhas na época de adubação de cobertura do milho e testemunha, não verificou diferenças estatísticas na altura de planta para os tratamentos estudados, mostrando a inexistência da influência da presença das *Urochloas*, em qualquer modalidade de implantação (mesmo dia ou adubação de cobertura). Segundo Cobucci e Portela (2003), não há competição devido à baixa taxa de desenvolvimento inicial das espécies da forrageira estudada, e que se pode observar nos resultados encontrados nesse trabalho.

Arf (2013) observou que na safra 2011/12 o milho cultivado solteiro e/ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis* apresentaram maiores alturas de plantas quando comparado com o milho cultivado em consórcio com *Crotalaria spectabilis*. O autor justifica que o fato pode ter ocorrido provavelmente pela *Crotalaria spectabilis* competir em maior intensidade com a

cultura do milho e com isso a planta de milho ter apresentado maior dificuldade em desenvolvimento pela menor quantidade de luz solar absorvida para a realização de fotossíntese e superar as condições adversas que estão sendo propostas.

De acordo com Pariz et al. (2011), em estudo para avaliar produtividade de grãos de milho e massa seca de *Urochloa* em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária, observaram que a *U. ruziziensis* e a *U. híbrido* cv. ‘Mulato II’ proporcionaram maior competição quando semeadas a lanço, resultando em plantas de milho de menor porte em relação ao tratamento com *U. decumbens*.

A altura de plantas é uma variável que apresenta grande importância visto que plantas maiores acumulam mais nutrientes, translocando-os para as espigas na época de enchimento dos grãos, bem como, após a colheita, depositam maior quantidade de palha no solo.

Tabela 9. Valores médios da altura de plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Tratamentos	Altura de Plantas		
	----- (m) -----		
	2011/12	2012/13	2013/14
Milho	2,40	2,65	2,50
Milho - Inoculado (I)	2,44	2,75	2,45
Milho + <i>Urochloa</i>	2,40	2,68	2,44
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	2,40	2,66	2,48
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	2,43	2,69	2,48
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	2,39	2,65	2,49
F	0,98 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,62 ^{ns}
DMS	--	--	--
CV (%)	1,66	1,91	2,28

Nota: ^{ns} não significativo. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

Na Tabela 10, nota-se que não houve diferença significativa na variável altura de inserção de espiga para as três safras estudadas (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Em uma pesquisa realizada sob as mesmas condições, Kaneko (2013) concluiu que a inoculação com *Azospirillum brasilense* não influenciou esta variável em Selvíria nas duas épocas de cultivo, da mesma forma que o uso da ureia revestida com Policote® não se diferiu da ureia convencional. Além disso, não foi verificado ajuste para as doses de N em cobertura

e o autor justifica tal feito por, possivelmente, esta variável ser pouco influenciada pelas condições ambientais, sendo o fator genético o mais expressivo para tal característica.

Resultados para alturas de plantas e espigas nas Tabelas 9 e 10 que discordam de Kappes et al. (2013) que desenvolvendo estudo com inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho, observaram que nos tratamentos de milho inoculado, obteve-se maior altura de plantas e de inserção de espiga. Os autores atribuíram os resultados à produção de substâncias promotoras de crescimento pelas bactérias. De acordo com Freitas et al. (2013), avaliando população de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*, observaram aumento linear na altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga, com o aumento da população de plantas atribuindo tal fato à competição intraespecífica. Estas variáveis, normalmente, estão relacionadas às características morfológicas, fisiológicas e fenológicas inerentes a cada genótipo (SANGOI et al., 2001).

Autores como Penariol et al. (2003), Marchão et al. (2005), Alvarez et al. (2006) e Calonego et al. (2011) relataram incremento na altura de plantas e da inserção da espiga, com as maiores populações de plantas de milho. Nos resultados encontrados por esses autores, pode-se observar que o aumento da população de plantas de milho ha^{-1} proporciona incrementos na altura de plantas e de inserção da primeira espiga, independentemente da época de implantação da cultura e do espaçamento utilizado. Demétrio et al. (2008) justifica que, a maior população de plantas pode aumentar a competição entre as plantas e proporcionar o seu estiolamento resultando nesse incremento em altura das plantas quando em competição. De acordo com o relatado, nota-se relação no presente trabalho que no geral não apresentou diferenças quanto à população de planta ao ponto de inferir sobre a altura de plantas e altura de inserção de espiga.

Segundo Freitas et al. (2013), plantas com maior altura de inserção da espiga, favorecem a colheita mecanizada, reduzindo o percentual de espigas não colhidas pela plataforma da colhedora e o aumento da inserção da espiga, no sistema consorciado, pode ser benéfico, pois acarreta em aumento na altura da plataforma de corte, com ceifa mais alta e, conseqüentemente, menor quantidade de forragem e, portanto, com menor tempo de vedação da área (CRUSCIOL et al., 2010).

Pariz et al. (2011) puderam observar que ao avaliar que o consórcio de milho com algumas espécies da forrageira como a *U. ruziziensis* proporcionou menor altura de inserção

da espiga semeada (lanço) da mesma forma que para a altura de plantas. Já o consórcio da *U. decumbens* proporcionou maior altura de inserção de espigas da cultura do milho (lanço) e também foi superior na altura de plantas em relação a *U. ruziziensis* e a *Urochloa* híbrido cv. ‘Mulato II’. Já o consórcio com *U. ruziziensis* reduziu altura de inserção de espiga na comparação entre as espécies, bem como, por ocasião da semeadura a lanço, esse consórcio foi o que proporcionou menores valores (94cm), podendo prejudicar a colheita mecanizada, aumentando as perdas de espigas não colhidas pela plataforma da colhedora.

Tabela 10. Valores médios da altura de inserção da espiga nas plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Tratamentos	Altura de Inserção da Espiga		
	----- (m) -----		
	2011/12	2012/13	2013/14
Milho	1,34	1,39	1,46
Milho - Inoculado (I)	1,35	1,44	1,47
Milho + <i>Urochloa</i>	1,31	1,42	1,42
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	1,36	1,37	1,46
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	1,32	1,39	1,44
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	1,33	1,40	1,38
F	1,32 ^{ns}	1,35 ^{ns}	2,28 ^{ns}
DMS	--	--	--
CV (%)	2,75	3,10	3,19

Nota: ^{ns} não significativo. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

Os valores de massa seca de plantas de milho não diferiram entre os tratamentos avaliados na safra de 2011/12 (Tabela 11). Já para o valor de massa seca de plantas nas safras 2012/13 e 2013/14 houve diferença entre os tratamentos estudados, sendo que o milho inoculado apresentou maior massa seca de plantas em relação aos demais tratamentos (Tabela 11).

De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2004), a produção de massa seca do milho além de ser influenciada pelo genótipo, é também dependente das condições edafoclimáticas, sendo importante, pois os fotoassimilados que são armazenados no colmo da planta poderão ser translocados para os grãos durante a fase de enchimento.

Estudos demonstraram que os efeitos proporcionados pelo *Azospirillum* são derivados de alterações morfológicas e fisiológicas nas raízes das plantas inoculadas, acarretando

incremento na absorção de água e nutrientes. Dessa forma, a maior produção de matéria seca pode ser atribuída à produção de substâncias promotoras de crescimento pelas bactérias (REIS, 2007; REIS JUNIOR et al., 2008).

A produção de massa seca de parte aérea por planta de milho solteiro, nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14, foi influenciada pela inoculação de *Azospirillum* (Tabela 11) e observou-se incremento na massa seca de parte aérea por planta, demonstrando a eficiência do genótipo utilizado (DKB 390) em associar à bactéria nas plantas de milho e consequentemente assimilar os nutrientes para a formação de biomassa. Proporcionar esse acúmulo de maior quantidade de nutrientes poderá favorecer a translocação para as espigas na época de enchimento dos grãos, e, após a colheita, estas depositam maior quantidade de palha na superfície do solo, o que é favorável para o sistema plantio direto. Corroborando com os resultados encontrados, Marini et al. (2015), que estudando dois tipos de híbrido, com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio, verificaram que a inoculação influenciou a massa seca de plantas, com incrementos de 12% em relação aos tratamentos sem inoculação.

Além disso, Quadros (2009), avaliando o desempenho de híbridos inoculados com a mesma bactéria, associados com adubação nitrogenada encontraram valores ainda maiores, acima de 53% de massa de matéria seca, demonstrando benefícios da inoculação para essa variável estudada. O maior valor de massa seca de parte aérea, obtido com a inoculação de *Azospirillum*, representou em relação à ausência de inoculação, incremento de 15 e 12% na biomassa, respectivamente, nas safras 2012/13 e 2013/4. Apesar da altura de plantas não ter apresentado diferenças nos tratamentos utilizados (Tabela 9), essa diferença no acúmulo de massa seca da parte aérea pode estar relacionada ao incremento de biomassa proporcionado pelo *Azospirillum* na produção de hormônios vegetais de crescimento tais como auxinas, giberelinas e ácido indolacético (BASHAN; HOLGUIN, 1997). De acordo com Okon e Labandera - González (1994), estes microrganismos estimulam a densidade e comprimento dos pêlos radiculares, bem como a taxa de aparecimento de raízes laterais, resultando num aumento da superfície de contato da raiz, o que aumenta a absorção e utilização de água e de nutrientes disponíveis no solo (BALDANI et al., 1997) e acúmulos desses fotoassimilados no colmo das plantas de milho.

Segundo resultados descritos por Braccini et al. (2012), avaliando os efeitos da inoculação com *Azospirillum brasilense* na região norte do estado do Paraná, obtiveram

incrementos na massa seca da parte aérea das plantas de milho quando houve inoculação com *Azospirillum brasilense* associado ao uso de biorregulador vegetal aplicado via foliar na fase V4 do milho. Os autores relatam que houve estresse hídrico na fase vegetativa da cultura.

De acordo com Kaneko (2013), para o milho “segunda safra” em Cerrado de baixa altitude em relação à inoculação com *Azospirillum*, houve maior massa seca na presença de inoculação, indo ao encontro dos resultados obtidos por Puente, García e Alejandro (2009), que observaram maior massa seca da parte aérea das plantas em relação ao tratamento em que não houve inoculação; os mesmos autores também constataram maior massa seca e comprimento do sistema radicular para as mesmas condições em dois dos três experimentos.

Verificou-se que os tratamentos em consórcio apresentaram os menores valores de massa seca de plantas, mesmo aqueles em que as sementes foram inoculadas com o *Azospirillum*. A maior competição por água e nutrientes das plantas no consórcio, além das interações da microbiota do solo em função de uma maior e mais dinâmica rizosfera, podem ter interferido no acúmulo de matéria seca de plantas. Contrariamente a esses resultados encontrados com a *Urochloa ruziziensis*, Borghi e Crusciol (2007) concluíram que a modalidade de consórcio e os espaçamentos de 0,45 e 0,90 m entre linhas não comprometem a absorção de nitrogênio pelo milho e pela *Urochloa brizantha*.

Tabela 11. Valores médios da massa seca de parte aérea das plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Tratamentos	Massa Seca de Parte Aérea		
	(g)		
	2011/12	2012/13	2013/14
Milho	141,21	204,28 cd	185,45 b
Milho - Inoculado (I)	173,37	235,31 a	207,38 a
Milho + <i>Urochloa</i>	176,23	198,24 d	173,25 c
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	159,22	208,12 c	172,10 c
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	164,11	199,05 d	176,10 c
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	156,10	222,53 b	170,68 c
F	2,48 ^{ns}	64,98 ^{**}	67,03 ^{**}
DMS	--	8,39	7,88
CV (%)	9,99	10,73	11,90

Nota: Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey; ^{ns} não significativo; ^{**}significativo a 1% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

Contudo Sousa et al. (2015) puderam observar que a inclusão de forrageiras associadas ao cultivo do milho diminui a produção de massa seca da parte aérea, sem que a mesma comprometa a produção das espigas de milho. Além disso, os autores relataram que a semeadura das espécies de *Urochloa* consorciada com o milho permite que o solo tenha um bom material de cobertura e dos métodos de implantação, o milho consorciado com *U. decumbens* e subdose de herbicida aos 20 dias de emergência, proporcionou os melhores resultados em produção de massa seca.

A avaliação do teor de N foliar torna-se importante mecanismo para auferir o nível do nutriente na planta na fase de maior demanda nutricional e por essa razão é feita por ocasião do florescimento.

Não houve diferenças no teor de N foliar para os tratamentos avaliados no presente estudo (Tabela 12). Relatos descritos por Dotto et al. (2010) apontam resultados semelhantes, onde o teor de N foliar não foi influenciado pela inoculação das sementes de milho com bactérias diazotróficas.

Segundo Marini et al. (2015), a inoculação de milho com *Azospirillum brasilense* não apresentou efeito nos valores de N foliar, porém quando aplicado N em cobertura até a dose de aproximadamente 90 kg ha⁻¹ pode-se observar efeitos quadráticos para o teor de N foliar. Resultados contrários foram encontrados por Dobbelaere et al. (2001), trabalhando com gênero *Azospirillum*, relataram que o maior teor de N encontrado nas plantas inoculadas é resultado da fixação biológica de nitrogênio e dos mecanismos de promoção de crescimento desencadeados por essas bactérias.

Assim sendo, com esses mecanismos, pode ocorrer um incremento da capacidade das plantas em absorver com maior eficiência esse nutriente. Nota-se que os benefícios da inoculação das sementes de milho com bactérias diazotróficas dependem de fatores como genótipo da planta, estirpes selecionadas, inter-relação entre ambos e o meio ambiente (SALA et al., 2007).

O presente trabalho, embora o estudo tenha sido realizado em área sob SPD, que apresenta lenta taxa de decomposição dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo e maior taxa de imobilização microbiana do nitrogênio aplicado e do solo (AITA et al., 2001), os tratamentos apresentaram valores dentro dos recomendáveis por Cantarella et al. (1996), para a cultura do milho, enquadrando-se na faixa de 27-35 g kg⁻¹ (Tabela 12).

Fato este que pode ser atribuído ao histórico dos cultivos antecessores de soja no verão de 2010/11 e feijão no inverno nas duas safras (2012, 2013), proporcionando ao milho nitrogênio oriundo da mineralização dos resíduos vegetais, disponibilizando este nutriente, de maneira satisfatória, ao desenvolvimento da cultura produtora de grãos e das plantas forrageiras.

Esses resultados reforçam que possivelmente para o teor de N foliar não houve competição entre a espécie forrageira e o milho, e isso pode ser atribuído pela ocupação controlada das espécies de *Urochloa* na entrelinha do milho, em um espaçamento adequado, minimizando a competição por nutrientes, água e luminosidade.

Além disso, para a condição em questão, mesmo estando em região de cerrado de baixa altitude (330 m), em virtude da adoção de práticas culturais como correção de solo, adubação de implantação e de cobertura, sistema plantio direto e manejo da irrigação, formou-se um ambiente em que foi possível para as plantas, extrair altas quantidades de N, expressando condições mais propícias à inserção de novas tecnologias como consórcio com forrageiras e inoculação com bactérias diazotróficas.

Tabela 12. Valores médios do teor de N foliar das plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Tratamentos	Teor de N foliar		
	----- (g kg ⁻¹) -----		
	2011/12	2012/13	2013/14
Milho	28,54	31,06	32,92
Milho - Inoculado (I)	28,28	31,99	34,07
Milho + <i>Urochloa</i>	26,88	31,57	31,97
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	27,09	29,28	32,55
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	31,63	29,31	32,08
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	27,52	29,96	32,60
F	2,22 ^{ns}	2,96 ^{ns}	1,31 ^{ns}
DMS	--	--	--
CV (%)	11,31	4,46	4,06

Nota: ^{ns} não significativo. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

A massa de sabugo é um componente importante para avaliar a capacidade da espiga em disponibilizar seus fotoassimilados para os grãos formados. A massa de sabugo, não foi influenciada pelos consórcios nem pela inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*

(Tabela 13), obtendo-se valores semelhantes em todos os tratamentos. Segundo Reis et al. (2000), em muitos casos, a ausência de resposta à inoculação de bactérias diazotróficas em gramíneas tem sido atribuída ao uso de linhagens inadequadas. Contudo, há consenso de que o genótipo da planta é o fator-chave para a obtenção dos benefícios oriundos da FBN, aliado à seleção de estirpes eficientes.

Portanto, mais estudos em condições de campo com a cultura do milho envolvendo esta espécie de bactéria devem ser realizados para verificar o potencial de FBN. Seguindo a mesma tendência dos resultados obtidos, Cunha et al. (2015) observaram que a inoculação de *A. brasilense* também não promoveu efeito significativo no diâmetro de espiga e na massa de sabugo e concluíram que, portanto, de maneira abrangente, esses dois componentes demonstraram ter baixa correlação e colaboração no rendimento total final no caso do híbrido estudado.

Porém quando avaliada a dose de N em cobertura, Cunha et al. (2015) observaram que essa prática influenciou significativamente a massa de espiga, sendo esse acréscimo de aproximadamente 35,25%, quando comparado à testemunha. Na pesquisa realizada nos três anos consecutivos, o suprimento de N via cobertura mineral provavelmente foi o suficiente para atender às necessidades de todos os tratamentos avaliados, não apontando nenhuma diferença quanto ao suprimento desse nutriente ao ponto de influenciar os resultados.

Dotto et al. (2010), da mesma forma, ao avaliar produtividade de dois híbridos de milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio pode observar que nenhuma dessas variáveis estudadas apresentou resultados significativos para a massa de sabugo das plantas de milho.

A importância em conhecer os valores das frações da planta e qualidade dessas frações, além de identificar os cultivares mais adaptados pela expressão de seu potencial produtivo, também permite estabelecer correlações entre estas variáveis e a produtividade e qualidade do milho (PAZIANI et al., 2009).

Através de resultados encontrados na literatura, nota-se que é um componente de produção que não apresenta relação direta com os tratamentos estudados, porém torna-se de importante valor quando relacionado à produção de grãos por espiga, que será apresentado na sequência deste trabalho.

Tabela 13. Valores médios da massa de sabugo das plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Tratamentos	Massa do sabugo		
	----- (g) -----		
	2011/12	2012/13	2013/14
Milho	30,56	35,09	27,82
Milho - Inoculado (I)	28,38	36,54	29,66
Milho + <i>Urochloa</i>	27,69	34,38	27,00
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	26,25	34,59	27,79
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	27,38	36,60	27,28
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	24,56	35,38	26,09
F	0,85 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,36*
DMS	--	--	--
CV (%)	15,92	7,03	7,40

Nota: Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey ; ^{ns} não significativo; *significativo a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

Os valores de massa seca de grãos por espiga não diferiram entre os tratamentos avaliados na safra de 2011/12 (Tabela 14). Entretanto em relação às safras 2012/13 e 2013/14, observou-se que os tratamentos com o milho solteiro (com e sem inoculação) apresentaram maiores valores que os tratamentos em consórcio (todas as modalidades). Segundo Mazzuchelli, Sossai e Araújo (2014) ao avaliar a inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho, puderam concluir que a bactéria proporcionou maiores valores para o peso da espiga comparado ao tratamento controle. Esse fatos são justificados por Roesch et al., (2007), ao relatarem que a utilização de rizobactérias promotoras de crescimento em plantas, promovem uma colonização das raízes e estimulam diretamente beneficiando o crescimento e desenvolvimento de diversas plantas.

A mudança de híbrido do primeiro ano agrícola (2011/12) para os anos seguintes (2012/13 e 2013/14) demonstrou a influência do híbrido de milho quanto à competição (água, luz e nutrientes) no consórcio com a *Urochloa*. Por outro lado, um estudo feito por Ikeda et al. (2013) pôde concluir que os consórcios realizados na pesquisa não afetaram os componentes de produção do milho (fileiras por espiga, grãos por fileira, espigas por metro, estande e massa de 1000 grãos), tornando-se assim uma excelente opção de sistema de produção.

De acordo com Silva et al. (2013) pode-se observar que a redução da massa por espiga (sabugo e grãos) de acordo com o aumento da população de *U. ruziziensis* é devido à competição intra e interespecífica entre as espécies consorciadas, principalmente na fase

crítica de desenvolvimento do milho, o que estimula a dominância apical, aumentando a esterilidade feminina e limitando a produção de grãos por área (DOURADO NETO et al., 2003).

Conforme resultados encontrados no trabalho em questão, Borghi e Crusciol (2007), estudando a produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Urochloa brizantha* no Sistema Plantio Direto, observaram que número de grãos e a massa de grãos por espiga foram influenciados pelas modalidades de cultivo, sendo que o cultivo do milho com *Panicum maximum* cv. “Mombaça”, ao mesmo tempo da semeadura do milho, proporcionou os menores valores quando comparados àqueles consorciados com a *Urochloa*, justificado pela maior competitividade ocasionada durante o período de desenvolvimento das espécies, comprometendo esse componente de produção.

Segundo Cruz et al. (2008), a produção do milho é confirmada entre o florescimento e grão leitoso, período em que poderá haver reduções no número de grãos, dessa forma torna-se desejável que até esta fase do desenvolvimento do milho, a *Urochloa* não tenha uma produção de massa tão expressiva, exercendo menor pressão competitiva à cultura produtora de grãos.

Tabela 14. Valores médios da massa de grãos por espiga das plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Tratamentos	Massa grãos por espiga		
	(g)		
	2011/12	2012/13	2013/14
Milho	188,19	183,67 a	173,25 a
Milho - Inoculado (I)	173,17	184,19 a	179,10 a
Milho + <i>Urochloa</i>	175,13	161,01 bc	153,44 b
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	171,35	157,72 c	154,55 b
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	180,86	168,73 b	153,03 b
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	187,40	168,81 b	150,72 b
F	1,43 ^{ns}	29,23 ^{**}	40,49 ^{**}
DMS	--	9,47	8,81
CV (%)	7,08	2,41	2,39

Notas: Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey; ^{ns} não significativo; ^{**}significativo a 1% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

Na Tabela 15 encontram-se os valores médios da massa de 100 grãos da cultura do milho para as três safras. A importância na determinação da massa do grão vem do fato, de que, segundo Kappes (2012) a partir de um mesmo número de óvulos fecundados (que darão

origem aos grãos), pode-se obter maior produtividade apenas com o aumento das reservas acumuladas individualmente nos grãos. Assim sendo tem-se que a massa de grãos é o último componente a ser definido e depende da duração do período de enchimento de grãos (WANG; KANG; MORENO, 1999).

Nota-se que houve diferenças estatísticas significativas na massa de 100 grãos somente na safra 2011/12. No tratamento em que o milho foi consorciado com *Urochloa ruziziensis* e esta inoculada com *Azospirillum brasilense* apresentou maiores valores (32,87 g), comparado ao tratamento onde o milho e a *Urochloa ruziziensis* foram inoculados (30,89 g). Vale ressaltar que além do híbrido utilizado nesse ano (AG 8088) diferir dos outros anos 2012/13 e 2013/14 (DKB 390) na safra de 2011/12 o milho foi implantado em rotação com a soja tendo ocorrido, possivelmente, alguma mineralização de N pelos resíduos vegetais, o que forneceu este nutriente, de maneira satisfatória, ao desenvolvimento da cultura produtora de grãos e das plantas forrageiras.

Segundo Cunha et al. (2015) a massa de 1000 grãos não foi influenciada pela inoculação de *Azospirillum brasilense*, porém quando avaliada a aplicação de N em cobertura, notou-se que os melhores resultados foram obtidas na dose de 100% (70,0 kg ha⁻¹). Segundo Ohland et al. (2005), a massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos, portanto no ano em que houve essa diferença entre os tratamentos pode-se atribuir esse comportamento à uma dessas variáveis. Kappes (2012) observou que a massa de mil grãos, aumentou linearmente com a elevação da dose de nitrogênio quando as culturas antecessoras foram o milheto e o milheto + crotalária, fato esse que se relaciona com as condições dentro das possíveis descritas por Ohland et al. (2005).

Outros resultados como esse estão descritos na literatura e auxiliam a compreensão dos encontrados nessa pesquisa os quais verificaram aumento na massa de grãos do milho com o incremento na dose de nitrogênio em cobertura (LANA et al., 2009; SANTOS et al., 2010; KAPPES et al., 2011; COSTA et al., 2012), considerando-se que o N exportado nos grãos corresponde a 75% do que é extraído pela cultura (VITTI et al., 2003).

Já para as diferenças estatísticas encontradas na safra 2011/12, discordam de Kappes et al. (2013), que ao estudarem inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho, relataram que a massa de mil grãos, não foi influenciada pela inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e aplicações de

nitrogênio em cobertura e ureia foliar, corroborando com os resultados obtidos por Souza e Soratto (2006), Cruz et al. (2008) e Kappes et al. (2009), que estudando o manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho cultivado em sistema plantio direto não observaram efeito significativo na massa de 100 grãos. Notadamente, no primeiro ano da pesquisa, os tratamentos, apesar de apresentarem valores muito semelhantes, destacaram indícios negativos com relação à inoculação com *Azospirillum* no milho quando consorciado com a *Urochloa ruziziensis*, apontando que nesses tratamentos houve menor conversão do nitrogênio para esse componente produtivo.

Esse comportamento encontrado nos tratamentos pode estar relacionado ao efeito da inoculação do milho quando consorciados com a *Urochloa*, ressaltando que o período de maior atividade microbiológica concentra-se na fase de florescimento da cultura, aumentando a competição por alguns recursos disponíveis no ambiente. De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2000), a massa de 100 grãos, pode ser afetada por qualquer tipo de estresse que a planta sofra após o florescimento de ordem nutricional ou competição exercida por planta forrageira, sendo que o potencial produtivo do milho é definido precocemente, principalmente em função do amadurecimento dos órgãos sexuais masculinos ocorrer primeiro do que os femininos nos principais genótipos utilizados.

De acordo com Chioderoli et al. (2012), ao avaliarem o melhor sistema de cultivo de duas espécies forrageiras (*U. brizantha* e *U. ruziziensis*) em consórcio com o milho, observaram para massa de 1000 grãos os maiores valores no consórcio de milho com *Urochloa* na linha de plantio (apesar da maior competição proporcionada pelas forrageiras semeadas na linha) diferindo significativamente do milho em consórcio com a implantação da *Urochloa* na adubação de cobertura, fato este justificado pelo maior acúmulo de nutrientes nos grãos, provocado pela competição interespecífica nesse sistema de cultivo.

Pariz et al. (2011) constataram que a massa de 100 grãos foi influenciada pelos consórcios das forrageiras semeadas simultaneamente com o milho, atribuindo tal fato à maior competição entre as espécies nessa modalidade de consórcio. Nesse sentido, Garcia et al. (2013) relatam que em sua pesquisa o *Panicum maximum* cv “Mombaça” semeado simultaneamente pela sua maior exigência, principalmente em fertilidade do solo, foi a espécie que mais reduziu os valores desse componente em relação aos demais consórcios. Entretanto, Pariz et al (2011) ressalta que as condições climáticas em seu trabalho foram de pluviosidade inferior no período de desenvolvimento das culturas, quando comparado com o

de Garcia et al. (2013), que teve pluviosidade muito superior durante o desenvolvimento das plantas, o que pode ter amenizado o efeito de competição.

Tabela 15. Valores médios da massa de 100 grãos de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Tratamentos	Massa de 100 grãos		
	(g)		
	2011/12	2012/13	2013/14
Milho	32,66 ab	29,61	31,36
Milho - Inoculado (I)	32,22 ab	31,76	29,89
Milho + <i>Urochloa</i>	32,61 ab	29,09	30,60
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	30,96 ab	28,71	29,38
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	32,97 a	29,03	31,88
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	30,89 b	28,82	29,32
F	4,04*	2,94 ^{ns}	1,82 ^{ns}
DMS	2,09	--	--
CV (%)	2,84	4,54	5,16

Nota: Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey ; ^{ns} não significativo; *significativo a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

Paralelo a esse fato, os valores encontrados no presente estudo encontram-se de acordo com o que Paes (2008) descreve sobre a variável. O mesmo sugere que a massa individual do grão de milho varia, em média, de 250 a 300 mg, sendo a composição média de 72% de amido, 9,5% de proteínas, 9% de fibra e 4% de óleo.

Para a produtividade de grãos não foi verificada diferenças nos tratamentos avaliados, observou-se que no primeiro ano da pesquisa (2011/12), mesmo utilizando apenas 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura, alcançou-se resultados satisfatórios (9.000 kg ha⁻¹) para uma região de Cerrado de baixa altitude (Tabela 16).

Deve-se salientar que no verão anterior (2010/11), na área em questão, foi conduzida a cultura da soja que pode ter proporcionado um aporte de nitrogênio suficiente para o bom desenvolvimento do milho, resultante da mineralização do material vegetal ao longo do ciclo subsequente. Em um trabalho desenvolvido por Marini et al. (2015), onde os autores avaliaram o crescimento e produção de híbridos de milho em resposta a associação com *Azospirillum brasilense* e doses de adubação nitrogenada, também não foi observada influência da bactéria para o aumento na produtividade de grãos.

De acordo com Kaneko (2013), ao avaliar a inoculação com *Azospirillum brasilense*, fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho em duas épocas de semeadura para o milho primeira safra cultivado em Selvíria, somente houve respostas a doses de N em cobertura, nas parcelas em que não foi realizada inoculação com *Azospirillum*. Além disso, quando não foi efetuada adubação com N, a inoculação com *Azospirillum* proporcionou significativamente maior produtividade de grãos, na ordem de 2.700 kg ha⁻¹ a mais em relação ao tratamento sem inoculação. Em contrapartida, o autor observou que quando se aplicou 135 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura, houve uma inversão no comportamento, sendo que as áreas sem inoculação com *Azospirillum* as produtividades foram 18 e 16% maiores em relação às parcelas inoculadas e adubadas com 135 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura respectivamente. De encontro a esses resultados, Cunha et al. (2015) relatam que a diferença de produtividade entre as doses de N do milho com e sem inoculação, levando também em consideração que na dose de 100% o efeito da bactéria é afetado, verifica-se que a dose ideal de N em cobertura para o milho com inoculação é de aproximadamente 89% da dose recomendada, valor no qual se encontra a produtividade máxima.

Tabela 16. Valores médios da produtividade de grãos das plantas de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Tratamentos	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		
	2011/12	2012/13	2013/14
Milho	9.113	8.484 b	7.672 b
Milho - Inoculado (I)	9.186	9.164 a	8.233 a
Milho + <i>Urochloa</i>	9.424	7.508 c	6.987 c
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	9.410	7.530 c	6.805 c
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	9.926	8.234 b	7.048 c
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	9.764	8.186 b	6.864 c
F	1,05 ^{ns}	33,43 ^{**}	32,06 ^{**}
DMS	--	495	459
CV (%)	6,57	12,63	12,75

Nota: Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey ; ^{ns} não significativo; ^{**} significativo a 1% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

Resultados como esses são constantemente encontrados na literatura e Bracchini et al. (2012) também puderam verificar benefícios da inoculação com *Azospirillum brasilense* com menores doses de nitrogênio para a cultura do milho, do que as normalmente recomendadas

para a obtenção de altas produtividades. Portanto, uma recomendação visando a integração das técnicas, desde às comumente utilizadas (adubação mineral) e as recentemente incorporadas aos sistemas de produção (inoculação de sementes de gramíneas com bactérias diazotróficas), tornou-se o foco das pesquisas atuais para uma maximização dos resultados esperados.

Ainda na Tabela 16 verifica-se diferença na produtividade de grãos entre tratamentos estudados nos anos de 2012/13 e 2013/14. O tratamento com o milho inoculado apresentou maior produtividade nesses dois anos agrícolas apresentando aumentos de 8,0 e 7,3% em relação ao milho sem inoculação respectivamente. Os resultados apresentados corroboram com Kappes et al. (2013) que constataram que a produtividade de grãos foi maior quando as sementes de milho foram inoculadas com *Azospirillum brasilense*, representando, em comparação a ausência de inoculação, acréscimo de 9,4% na produtividade da cultura e, concluíram que, a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* favoreceu os componentes de produção e a produtividade de grãos do milho. Além disso, citam que resultados de aumento de produtividade com o uso de *Azospirillum* também são relatados por Sala et al. (2007), na cultura do trigo. Outros trabalhos como de Mazzuchelli, Sossai e Araújo (2014) apontam que o uso de *Azospirillum brasilense* nas sementes aumentou em 21,9% a produtividade do milho, quando comparados ao tratamento controle.

Da mesma forma Cunha et al. (2015) concluíram que a alta produtividade do híbrido, juntamente com o ganho proveniente da inoculação tanto em sacas (5,5) quanto em redução na aplicação de N em cobertura (até 16%), gera ganhos socioeconômicos e ambientais, tornando, assim, a adoção dessa tecnologia bastante viável, bem como mais positiva a sua relação custo / benefício. Além disso, os autores observaram que a produtividade esperada de milho tendeu a ser mais facilmente alcançada em milho inoculado do que não inoculado, apontando um melhor aproveitamento dos nutrientes pela planta, o que pode ter corroborado para uma melhoria no processo fotossintético.

Estudos desenvolvidos há quase 15 anos já relatavam indícios de benefícios dessa bactéria em associação com o milho, pois Cavallet et al. (2000) verificaram, na presença de aplicação de nitrogênio em cobertura, aumento de 30% na produtividade do milho quando as sementes foram inoculadas com *Azospirillum* spp. Da mesma forma Portugal et al. (2013), em um estudo mais recente, com objetivo de avaliar a inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense* associada a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho safrinha,

concluíram que a inoculação aumenta a produtividade de grãos em 12,82%. Além desse resultado, Portugal et al. (2012), utilizando doses de N (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) e inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense* em milho de safra verão, verificaram incremento de 868 kg ha⁻¹ na produtividade de grãos, ou seja, aumento de 14,75% quando as plantas foram inoculadas.

A maior produtividade no tratamento de milho com a inoculação do *Azospirillum* seguiu a mesma tendência das variáveis massa seca de plantas para o ano de 2013/14 (Tabela 11) e massa de grãos por espiga para os anos 2012/13 e 2013/14 (Tabela 14). Resultados contrários foram relatados por Repke et al. (2014), que concluíram que a aplicação da bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* via solução nas sementes, acompanhada ou não de doses de nitrogênio mineral, não interfere no desenvolvimento de plantas e na produtividade da cultura do milho e sugerem que a adoção desta prática não substitui o uso de fertilizantes nitrogenados e tampouco permite a redução da dose de nitrogênio aplicada. Torna-se evidente os efeitos do *Azospirillum brasilense* na cultura do milho para a presente pesquisa e aponta uma influência com relação à escolha dos genótipos e as condições edafoclimáticas, sendo estes fatores fundamentais para o sucesso na adoção dessa técnica.

Deve-se destacar que na presente pesquisa foram utilizados genótipos diferentes (AG 8088 – 2011/12 e DKB 390 – 2012/13 e 2013/14), objetivando a utilização de híbridos mais adaptados a região. Fato este que pode ter influenciado os resultados obtidos, justificando a diferença dos dados obtidos nesses três anos consecutivos no que se diz respeito à inoculação com *Azospirillum*, visto que a interação entre genótipo da planta e estirpes eficientes de bactérias é um dos maiores desafios encontrados para o sucesso da fixação biológica de N com gramíneas (LANA et al., 2012; SCHULTZ et al., 2012). Além de considerarem o genótipo da planta um fator chave para o benefício de interação planta-bactérias, Marini et al. (2015), destacam a grande influência do ambiente sobre a sobrevivência e a atividade de bactérias fixadoras de nitrogênio. Torna necessário desenvolver mais estudos a fim de combinar a inoculação de *Azospirillum* spp. no milho com genótipos promissores em diferentes regiões de cultivo. Kaneko et al. (2015) verificaram que a inoculação com *Azospirillum brasilense* foi economicamente viável para o milho cultivado na primeira safra, principalmente quando não se realizou adubação nitrogenada em cobertura; todavia, diminuiu a rentabilidade econômica quando na presença das maiores doses de N.

No ano de 2011/12, o consórcio do milho com *Urochloa* não apresentou influência negativa para a produtividade de grãos, em nenhum dos tratamentos avaliados, demonstrando que o Híbrido AG 8088 foi mais competitivo do que o DKB 390. a produtividade de grãos no tratamento em que o milho foi consorciado com a *Urochloa ruziziensis* inoculada com *Azospirillum brasilense* apresentou incremento em 813 kg ha⁻¹ em relação ao milho solteiro, possivelmente seguindo a mesma tendência da massa de 100 grãos (Tabela 15). Resultados semelhantes ao encontrado por Chioderoli et al. (2012), que estudando consórcio de *Urochloas* com milho em sistema plantio direto, observaram que não houve efeito significativo na produtividade de grãos em função dos tratamentos utilizados, mostrando que o milho solteiro, assim como os tratamentos em consórcio, apresentaram valores semelhantes, justificando a utilização do consórcio, pois, além de obter produtividades semelhantes, é possível aumentar a quantidade de palha exigida para manutenção do SPD, sem afetar de maneira significativa a produtividade, sendo o sistema de cultivo e a forrageira a ser utilizada dependente do ponto de vista gerencial e operacional. Da mesma forma Ikeda et al. (2013), avaliando as possíveis interferências do consórcio entre milho e *Urochloas* spp não encontraram efeitos negativos no consórcio nos componentes de produção como altura e produtividade do milho.

O contrário pode ser observado para os anos seguintes, que para o ano de 2012/13, os tratamentos consorciados com *Urochloa* sem inoculação e com inoculação apenas no milho demonstraram menores valores comparados àqueles ambos inoculados e com a inoculação na *Urochloa*. Já para o ano 2013/14 os tratamentos de milho consorciados foram aqueles que apresentaram menores valores de produtividade e não apresentaram diferenças entre si, contudo, quando comparados ao milho solteiro (inoculado ou sem inoculação) o consórcio apresentou diferença significativa com valores de até 1.428 kg ha⁻¹ (Tabela 16).

Resultados contrários foram encontrados por Chioderoli et al. (2010), que avaliando o consórcio de milho com três espécies forrageiras semeadas em três sistemas de cultivo, verificaram que a maior produtividade de grãos de milho foi obtida no consórcio de milho com *Urochloa* semeada no cultivo (V₄), sendo que os tratamentos com *U. ruzizienses* apresentaram maiores valores de produtividade de grãos.

Nota-se que na presente pesquisa o consórcio exerceu efeito negativo para a produção de grãos em dois anos agrícolas consecutivos (2012/13 e 2013/14), o que, segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), pode ser explicado pelo fato de qualquer estresse que o milho seja

submetido após o florescimento, de ordem nutricional ou competição exercida por planta forrageira implique nessa diminuição no desempenho produtivo. Da mesma forma Silva et al. (2014) puderam concluir que os monocultivos da *Urochloa* e do milho propiciaram maiores crescimento e rendimento do que os sistemas consorciados, quando não foi adotada nenhuma medida de controle das plantas daninhas e a aplicação de atrazine + nicosulfuron, no consórcio, possibilita rendimento de grãos de milho similar ao obtido no monocultivo.

O experimento da presente pesquisa contou com a semeadura simultânea da forrageira, o que pode ter influenciado de forma negativa na produtividade de grãos, além de terem sido utilizados híbridos diferentes nos dois anos em que ocorreu essa tendência. De acordo com Ceccon et al. (2014), o consórcio proporciona aumentar a quantidade de palha necessária para manutenção do SPD (CHIODEROLI et al., 2012) mesmo em espaçamento reduzido, com rendimento de grãos semelhante ao do milho em cultivo solteiro, conforme o ajuste na população de plantas, mostrando-se uma alternativa viável de ser utilizada para cultivo em plantio direto.

De maneira geral pode-se observar que o AG 8088 é mais competitivo quando adotado o consórcio com forrageiras, porém menos responsivo à inoculação com *Azospirillum brasilense*. O oposto ocorre quando avaliado o Híbrido DKB 390 que demonstrou ser menos competitivo em consórcio com a *Urochloa ruziziensis* porém mais responsivo à inoculação com a bactéria.

Observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos na produção de massa seca das coberturas vegetais após colheita do milho e posterior dessecação da área para os três anos agrícolas estudados (Tabela 17).

Para a safra 2011/12 entre os tratamentos com as culturas solteiras, as maiores quantidades de palha foram obtidas nos tratamentos com *Urochloa ruziziensis*, com destaque para a *Urochloa ruziziensis* inoculada que produziu mais de 11 t ha⁻¹ de palha e ambas diferiram significativamente dos tratamentos com milho. Já para as safras 2012/13 e 2013/14 os tratamentos que apresentaram maiores quantidades de palha foram os com *Urochloa* solteira (com e sem inoculação) e os em consórcio. De acordo com Pacheco et al. (2011), as espécies *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* + *C. cajan* destacaram-se na produção de matéria seca, taxa de cobertura do solo e acúmulo de nutrientes no final do período de entressafra e a *U. ruziziensis* despontou como promissoras na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes para o arroz em plantio direto cultivado em sucessão.

Ainda na Tabela 17, verifica-se que o milho solteiro inoculado produziu em média 25% em 2011/12, 20% em 2012/13 e 30% em 2013/14 a mais de cobertura vegetal em relação ao tratamento sem inoculação, sendo este, o tratamento que produziu menor quantidade de cobertura vegetal em todas as safras. Já os tratamentos com consórcio apresentaram incrementos que chegam a 50% quando comparados ao milho sem inoculação.

Vale ressaltar que as bactérias diazotróficas fixadoras de N_2 atualmente são estudadas com muita frequência, pois além de incrementos de produtividade, há evidências de uma contribuição na produção de fitohormônios, aumento do volume radicular e consequentemente exploram de forma mais abrangente o substrato. Hungria et al. (2010), avaliando a inoculação com estirpes selecionadas de *Azospirillum brasilense* e *A. lipoferum* na melhoria do rendimento de milho no Brasil, comprovaram a absorção de vários macro e micronutrientes pelas plantas inoculadas, e um aumento na eficiência do uso desses nutrientes disponíveis.

De acordo com Quadros (2009), estudando a inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul, verificou que houve aumento no volume de raízes nos cultivares avaliados, além de aumentar o rendimento de matéria seca na parte aérea de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense*, o que parece estar relacionado com o aumento das atividades das enzimas fotossintéticas. Outro trabalho que comprovou o aumento de matéria seca e o acúmulo de nutrientes por planta inoculada foi o desenvolvido por Reis Júnior et al. (2008) ao estudarem a inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes manejos de nitrogênio.

Já os tratamentos com consórcio apresentaram incrementos que chegam a 50% quando comparados ao milho sem inoculação para os anos de 2012/13 e 2013/15 (Tabela 17). Estudos desenvolvidos por Chioderoli et al. (2012), verificando consórcio de *Urochloa* com milho em sistema plantio direto, constataram que a palha da *Urochloa ruziziensis*, associada aos restos da cultura do milho, apresentou massa de matéria seca de aproximadamente $11,0 \text{ t ha}^{-1}$.

De acordo com Souza et al. (2011), o consórcio de milho com *U. brizantha*, no período da safrinha, proporcionou acúmulos de massa de matéria seca, de $15,4$ e $16,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, nos anos agrícolas de 2008/2009 e 2009/2010, respectivamente e para o consórcio milho e *U. ruziziensis* $13,7$ e $16,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa de matéria seca, respectivamente, nos anos agrícolas de 2008/2009 e 2009/2010, sendo que em ambos os consórcios foi proporcionada boa cobertura do solo durante todo o ciclo do feijoeiro implantado em sucessão.

Tabela 17. Valores médios da massa seca das coberturas vegetais de milho e *Urochloa* em cultivo solteiro ou em consórcio, na região de Selvíria – MS, Brasil (2011/12, 2012/13 e 2013/14).

Tratamentos	Cobertura Vegetal Final		
	----- (kg ha ⁻¹) -----		
	2011/12	2012/13	2013/14
Milho	7.459 e	8.025 c	7.984 d
Milho - Inoculado (I)	9.289 cd	10.498 b	9.457 c
<i>Urochloa</i>	10.884 ab	13.377 a	10.573 bc
<i>Urochloa</i> – Inoculada (I)	11.272 a	13.805 a	11.151 ab
Milho + <i>Urochloa</i>	10.422 abc	13.596 a	11.028 ab
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	9.654 bcd	13.276 a	11.356 ab
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	9.140 cd	13.196 a	11.693 ab
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	8.691 de	13.315 a	11.999 a
F	16,63*	26,94**	21,23**
DMS	1.448	1.871	1.337
CV (%)	6,36	6,37	5,41

Nota: Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey ; ^{n.s} não significativo; *significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

Estudos desenvolvidos por Aidar et al. (2000) constataram que a palha da *Urochloa brizantha*, associada aos restos da cultura do milho, apresentou massa de matéria seca de 16,0 t ha⁻¹, quantidade esta que foi suficiente para proteção plena do solo por mais de 107 dias (ciclo do feijão). Segundo Hungria (2011), apesar da fixação biológica de nitrogênio por *Azospirillum* em gramíneas ter sido o principal destaque e o maior objetivo pelo estudo da bactéria desde a década de 60, existem evidências de que parte da contribuição de bactérias deste gênero para as plantas deve-se à produção de hormônios como o AIA (ácido indol acético).

Brambilla et al. (2009) concluíram que, em função dos diferentes arranjos espaciais de milho e da forrageira, a presença da *Urochloa* consorciada com o milho interfere de maneira significativa na produtividade de grãos. Porém os autores reforçam que mesmo comprometendo a produtividade da cultura granífera, o consórcio de milho safrinha com *Urochloa* na linha e na entrelinha proporcionou a maior produtividade de massa seca, favorecendo a cobertura do solo, garantindo assim a sustentabilidade do SPD para a safra seguinte.

4.2. Efeito residual de coberturas vegetais inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense* associados a adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro de inverno.

Nota-se que o teor de nitrogênio (N) nas coberturas vegetais após a colheita do milho diferiu entre os tratamentos utilizados apenas no ano agrícola de 2012/13 (Tabela 18 e 19). O tratamento que apresentou maior teor do nutriente foi aquele em que o milho encontrava-se consorciado com a *Urochloa* ($11,92 \text{ g kg}^{-1}$) comparado ao tratamento de menor valor, o da *Urochloa* solteira sem inoculação ($8,07 \text{ g kg}^{-1}$).

Já para os resultados de N acumulado para a safra 2012/13, como é levado em consideração à produção de massa seca da cobertura vegetal, há uma alteração nesses valores (Tabela 18). O tratamento com o milho na ausência de inoculação, para o teor de N não diferia estatisticamente do milho inoculado. Porém, o N acumulado no milho com inoculação, em virtude da maior produção de cobertura vegetal, esse nutriente apresentou-se em maiores quantidades ($113,49 \text{ kg ha}^{-1}$) comparado ao sem inoculação ($82,71 \text{ kg ha}^{-1}$). Apesar da *Urochloa* solteira não ter apresentado diferenças entre as modalidades inoculadas e sem inoculação, a associação da bactéria proporcionou diferenças significativas do nutriente acumulado ($124,98 \text{ kg ha}^{-1}$) comparado ao milho sem a inoculação.

Ainda na Tabela 18 pode-se observar que o consórcio sem a inoculação apresentou os resultados mais expressivos ($161,73 \text{ kg ha}^{-1}$), explicitando o quanto benéfico para a ciclagem de nutrientes esse sistema pode contribuir, principalmente quando levado em consideração a elevada produção de material vegetal residual.

Para o teor de N na massa seca das coberturas vegetais no ano agrícola de 2013/14 não foram encontradas diferenças entre os tratamentos descritos (Tabela 19), apesar dessa tendência não ter sido observada no N acumulado. Quando avaliado esse acúmulo, pode-se observar que o tratamento em que o milho não foi inoculado com *Azospirillum brasilense* apresentou o menor valor ($84,46 \text{ kg ha}^{-1}$) para essa variável, distinguindo-se estatisticamente dos demais tratamentos, ressalvo milho inoculado, *Urochloa* sem inoculação e Milho + *Urochloa*.

Nota-se que esse acúmulo do N na massa seca das coberturas vegetais está relacionado à elevada produção de massa seca das coberturas vegetais, ou seja, em alguns casos, mesmo sem os teores de N apresentarem diferenças estatísticas, para o acumulado por área observou-se alguns que puderam se beneficiar da conjuntura desses fatos. Portanto o maior acúmulo de

N na massa seca das coberturas vegetais nos tratamentos inoculados aponta que a bactéria participou de forma efetiva, proporcionando a promoção de crescimento, através de produção de fitormônios vegetais que podem ter estimulado o desenvolvimento do sistema radicular.

Vale ressaltar que mesmo não diferindo estatisticamente no ano agrícola 2013/14 (Tabela 19), os teores de nitrogênio presentes na palhada poderão fornecer à cultura sucessora contribuição na fertilidade e de acordo com Calonego et al. (2012), pois estudos da quantidade de nutrientes disponibilizados pela palha para a cultura subsequente, bem como a velocidade com que isso ocorre, são importantes para verificar se essa fonte de nutriente, no caso a palha, será suficiente para atender totalmente ou parcialmente a demanda pela cultura seguinte, ou mesmo se há sincronismo entre a época de maior disponibilização do nutriente e de exigência pela cultura sucessora.

Tabela 18. Valores médios da massa seca das coberturas vegetais, teor de nitrogênio (N) e N acumulado na cobertura vegetal após a colheita do milho em cultivo solteiro ou em consórcio, na região de Selvíria – MS, Brasil (2012/13).

Tratamentos	Massa Seca	Cobertura Vegetal	
	Cobertura Vegetal (kg ha ⁻¹)	Teor de N (g kg ⁻¹)	N – Acumulado (kg ha ⁻¹)
Milho	8.025 c	10,31 ab	82,71 e
Milho - Inoculado (I)	10.498 b	10,78 ab	113,49 cd
<i>Urochloa</i>	13.377 a	8,07 c	107,72 de
<i>Urochloa</i> – Inoculada (I)	13.805 a	9,08 bc	124,98 bcd
Milho + <i>Urochloa</i>	13.596 a	11,92 a	161,73 a
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	13.276 a	10,45 ab	138,64 abc
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	13.196 a	9,94 ab	130,80 bcd
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	13.315 a	10,85 ab	144,57 ab
F	26,94**	7,00**	15,87**
DMS	1.871	2,10	29,06
CV (%)	6,37	8,72	9,76

Nota: Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey ; ^{n.s} não significativo; **significativo a 1% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

De maneira geral, os consórcios e a *Urochloa* solteira apresentaram-se com maior capacidade de acúmulo de nutrientes (Tabelas 18 e 19) ao longo do ciclo da cultura (120 dias) comparados apenas a utilização do milho, demonstrando que a presença da forrageira torna-se fator de grande destaque para essa variável.

De acordo com Sousa et al. (2011), as quantidades de N, acumuladas na biomassa, foram de 155,8 e 168,4 kg ha⁻¹, no consórcio milho e *U. brizantha*, e de 148,2 e 145,4 kg ha⁻¹ no consórcio milho e *U. ruziziensis*, respectivamente, nos anos agrícolas de 2008/2009 e 2009/2010. Já Binotti (2009) verificou acúmulo médio em menores proporções, sendo esses de 109,5 kg ha⁻¹ de N na biomassa de *U. brizantha* associada ao milho, também na safra de verão.

Autores como Marasca et al. (2011), com o objetivo de determinar a produção de matéria seca, acúmulo de nutrientes e a taxa de decomposição da palhada de *Urochloa ruziziensis* e *brizantha* em Sistema Santa Fé, observaram que quanto ao acúmulo de N, um valor superior no tratamento *U. ruziziensis* (178,5 kg ha⁻¹) do que no tratamento *U. brizantha* (157,7 kg ha⁻¹). Além disso, Costa et al. (2012) relataram que o acúmulo de N pela massa seca da parte aérea da *U. ruziziensis* (138,5 kg ha⁻¹) foi maior quando comparado com o da *U. brizantha* (106,1 kg ha⁻¹) aos 45 dias após a rebrota sendo o nutriente mais absorvido e acumulado no tecido vegetal das plantas de cobertura.

Tabela 19. Valores médios da massa seca das coberturas vegetais, teor de nitrogênio (N) e N acumulado na cobertura vegetal após a colheita do milho em cultivo solteiro ou em consórcio, na região de Selvíria – MS, Brasil (2013/14).

Tratamentos	Massa Seca	Cobertura Vegetal	
	Cobertura Vegetal (kg ha ⁻¹)	Teor de N (g kg ⁻¹)	N –Acumulado (kg ha ⁻¹)
Milho	7.984 d	10,57	84,46 b
Milho - Inoculado (I)	9.457 c	11,83	111,68 ab
<i>Urochloa</i>	10.573 bc	10,54	105,81 ab
<i>Urochloa</i> – Inoculada (I)	11.151 ab	11,24	126,42 a
Milho + <i>Urochloa</i>	11.028 ab	10,03	110,71 ab
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	11.356 ab	10,53	119,60 a
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	11.693 ab	11,76	137,49 a
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	11.999 a	11,35	136,18 a
F	21,23 **	1,66 ^{ns}	6,10 **
DMS	1.337	--	33,56
CV (%)	5,41	9,24	12,14

Nota: Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey ; ^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

Segundo resultados apresentados por Pacheco et al. (2011), a *U. ruziziensis* e o consórcio entre *U. ruziziensis* + *C. cajan* acumularam valores próximos a 100 kg ha⁻¹ de N na matéria seca no mês de outubro em dois anos de cultivo, além de considerarem que a elevada produção de matéria seca, parece ser fator determinante na capacidade dessas plantas de cobertura de reciclar nutrientes para o solo no Cerrado, fato este que se assemelha aos resultados da presente pesquisa.

Para a cultura do feijão não houve diferenças estatísticas na população inicial e final de plantas nas duas safras e os valores da população estão abaixo do esperado (Tabela 20), visto a regulagem ter sido para aproximadamente 12 e 13 sementes por metro. A qualidade do corte da palha está relacionada às condições do solo, da palha e da semeadora e para que o corte seja realizado com maior eficiência, o solo deve ser um anteparo à ação do disco de corte e as coberturas do solo devem estar verdes ou secas, já que aquelas que se encontram murchas apresentam maior resistência ao corte (SIQUEIRA; CASÃO JÚNIOR, 2004).

O presente estudo encontra-se em área com irrigação do pivô central o que dificulta a secagem adequada dessa cobertura vegetal residual, e mesmo realizando a semeadura na parte da tarde nas duas safras, não foi o suficiente para dar condições à semeadora romper com maior eficiência a volumosa camada de palha, ocorrendo o envelopamento de parte das sementes. Operacionalmente, Silva et al. (2012) relataram que, quanto maior a quantidade de cobertura vegetal a demanda de forças horizontais e verticais aplicadas também é maior, e que quanto maior a carga vertical aplicada maior também a área de solo mobilizado, e dessa forma a semeadora deve ser regulada com a carga mínima para que haja o corte adequado da palha sem que prejudique os princípios do sistema plantio direto. Outro fator que contribuiu com a baixa densidade da população final de plantas em 2013 foi o ataque severo de alguns tipos de lagarta, dentre elas a *Helicoverpa armigera*, e mesmo com a pulverização de produtos recomendados para a cultura, houve grande influência negativa sobre essa variável.

A massa seca de plantas de feijão não foi influenciada pelas coberturas vegetais antecessoras e doses de nitrogênio nas duas safras agrícolas (Tabela 21). Nota-se que o valor da matéria seca de plantas no ano de 2013, foi menor do que em 2014, resultado esse que evidencia o prejuízo causado pelo ataque severo das lagartas, relatado anteriormente. Com a inoculação em área total do *Rhizobium tropici* variáveis como esta não apresentaram resposta ao aumento das doses de N, muito provavelmente por essa bactéria suprir em partes a necessidade de nitrogênio relacionada à produção de matéria seca.

Tabela 20. Valores médios da população inicial e população final de plantas em função das coberturas vegetais e doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2013 e 2014).

Tratamentos	População inicial (plantas ha ⁻¹)		População final (plantas ha ⁻¹)	
	2013	2014	2013	2014
Cobertura vegetal (C)				
Milho	219.965	180.410	133.854	153.240
Milho Inoculado (I)	223.611	187.499	135.937	158.950
<i>Urochloa</i>	218.924	186.574	139.236	165.123
<i>Urochloa</i> Inoculada (I)	222.222	186.574	137.152	160.339
Milho + <i>Urochloa</i>	221.874	193.672	136.458	167.129
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	222.569	193.672	134.548	164.814
Milho+ <i>Urochloa</i> (I)	219.965	182.870	137.499	158.950
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	221.875	188.888	136.631	162.499
Doses de N (kg ha⁻¹) (D)				
0	219.878	189.274	137.152	165.123
40	222.309	193.055	135.937	165.663
80	222.222	183.641	136.718	157.021
120	221.093	184.104	135.850	157.716
Teste F				
C	0,58 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,82 ^{ns}	1,24 ^{ns}
D	0,60 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,23 ^{ns}	2,67 ^{ns}
CxD	0,54 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,37 ^{ns}
DMS (C)	-	-	-	-
Média geral	221.376	187.519	136.414	161.381
CV (%)	3,77	10,60	5,46	9,94

Nota: ^{ns} não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

De acordo com Soratto et al. (2013), a prática da adubação nitrogenada aumenta a produção de massa seca (MS) da parte aérea do feijoeiro e os autores atribuem o fato pelo nitrogênio aumentar os níveis de fotossíntese líquida, o que resulta em maior acúmulo de MS. Da mesma forma, Sabundjian et al. (2013), observaram incremento linear na MS de plantas de feijão até a dose 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado em cobertura, porém no estudo, não houve aplicação em área total do *Rhizobium tropici*.

Quanto ao teor de nitrogênio foliar os resultados apresentaram interação significativa entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio apenas para o ano de 2014 (Tabela 22). Na presente pesquisa, mesmo nos tratamentos onde não foi realizada a adubação nitrogenada em cobertura, observou-se que os teores médios de nitrogênio foliar encontravam-se na faixa recomendada para a cultura, isto é, entre 30 e 50 g kg⁻¹ (AMBROSANO et al., 1996). Ao longo de dois anos, Soratto et al. (2013) observaram que, tratamentos sem aplicação de N, os

teores foliares de N foram maiores nas plantas de feijão cultivadas em sucessão ao consórcio em relação ao milho solteiro.

Tabela 21. Valores médios da massa seca de plantas e do teor de N foliar em função das coberturas vegetais e doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2013 e 2014).

Tratamentos	Massa seca (g planta ⁻¹)		Teor N foliar (g kg ⁻¹)	
	2013	2014	2013	2014
Cobertura vegetal (C)				
Milho	8,01	14,35	36,36	49,00c
Milho Inoculado (I)	8,05	13,98	39,62	49,98bc
<i>Urochloa</i>	8,09	14,24	38,17	51,71abc
<i>Urochloa</i> Inoculada (I)	8,08	14,37	37,99	52,25ab
Milho + <i>Urochloa</i>	7,64	13,78	36,84	53,82abc
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	8,16	14,61	38,48	55,27 a
Milho+ <i>Urochloa</i> (I)	7,36	13,88	37,44	49,77 c
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	7,23	13,14	39,58	51,62abc
Doses de N (kg ha⁻¹) (D)				
0	7,41	13,43	37,44	50,79
40	7,62	13,62	38,87	52,59
80	8,39	15,10	37,06	52,43
120	7,89	14,01	38,84	50,94
Teste F				
C	0,65 ^{ns}	0,41 ^{ns}	2,20 ^{ns}	4,10 ^{**}
D	1,72 ^{ns}	2,47 ^{ns}	2,79 ^{ns}	1,65 ^{ns}
CxD	1,21 ^{ns}	1,60 ^{ns}	1,52 ^{ns}	3,64 ^{**}
DMS (C)	-	-	-	4,59
Média geral	7,83	14,04	38,06	51,69
CV (%)	23,40	19,19	8,32	8,11

Notas: ** e ^{ns} – significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

De acordo com os desdobramentos das coberturas vegetais, dentro das doses de N, observou-se que na ausência de aplicação de nitrogênio o tratamento em consórcio, com o milho inoculado, propiciou maiores teores do que àqueles sem inoculação (Tabela 22).

Alguns autores, como Yadegari et al. (2010), constataram que a associação do *Azospirillum* com o *Rhizobium* pode melhorar a eficiência da fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro. Na presença do *Azospirillum*, observou-se nodulação precoce, aumento no número de nódulos e melhora geral no desenvolvimento do sistema radicular, proporcionando condições favoráveis para melhor atuação de *Rhizobium* spp., e consequente fornecimento adequado de N pela FBN. Para a dose 40 kg ha⁻¹ os tratamentos em consórcio foram

superiores aos solteiros, demonstrando que a inclusão da *Urochloa* contribuiu com a ciclagem e disponibilidade de N para o feijoeiro. Na dose 120 kg ha⁻¹ de N, os tratamentos com milho inoculado e o consórcio inoculado apresentaram menores valores de teor de N foliar em relação aos demais tratamentos.

De acordo com Souza e Soratto (2012), mesmo havendo disponibilidade de N, oriundos dos restos culturais de milho + *U. brizantha* e milho + *U. ruziziensis*, a aplicação de N em cobertura aumenta o teor desse nutriente nas folhas do feijão. Os resultados dessa interação entre doses e coberturas vegetais no teor de N nas folhas, sugere uma forte relação entre esses dois fatores, o que deve ser levado em consideração no momento da escolha de um manejo de adubação adequado à cultura do feijoeiro.

Nota-se que no desdobramento em 2014, houve efeito linear crescente em relação à aplicação de N em cobertura nos tratamentos com consórcio milho + *Urochloa* ambos sem inoculação (Figura 4). Já para o consórcio com inoculação e naquele em que apenas a *Urochloa* encontrava-se inoculada verificou-se efeito quadrático com os pontos máximos em 30 e 95 kg ha⁻¹ (Figura 4).

Tabela 22. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao teor de N foliar no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2014).

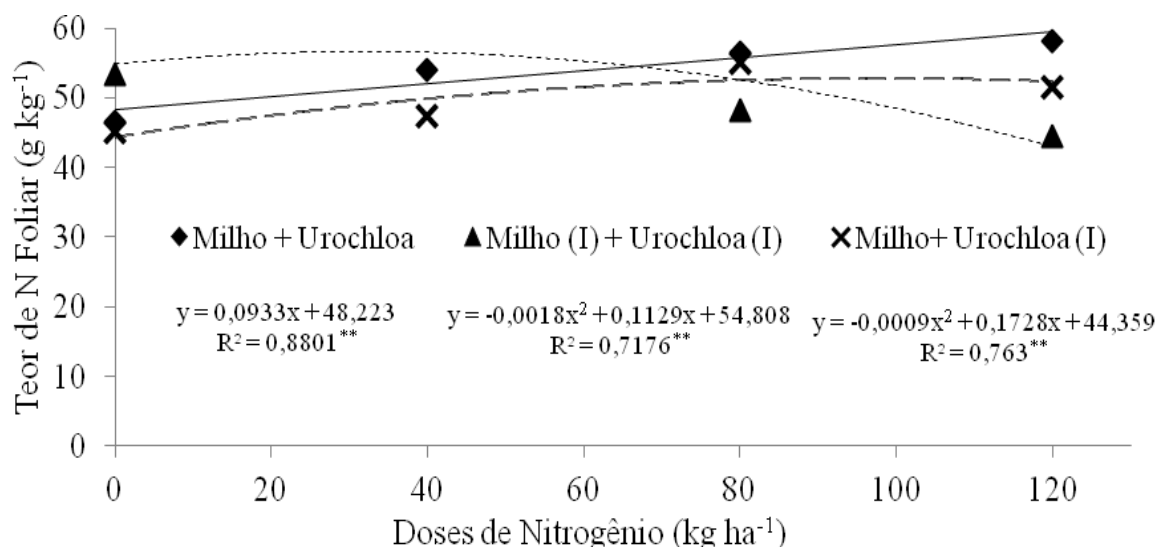
Coberturas	Doses de N (kg ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Milho	49,77 abc	45,85 c	50,64	49,73 abc
Milho Inoculado (I)	50,54 abc	51,39 bc	50,99	47,02 bc
<i>Urochloa</i>	52,58 ab	53,69 abc	49,56	49,00 abc
<i>Urochloa</i> Inoculada (I)	49,47 abc	51,85 abc	53,58	54,08 ab
Milho + <i>Urochloa</i>	46,55 bc	54,02 abc	56,57	58,15 a
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	56,94 a	55,65 ab	54,91	53,58 abc
Milho+ <i>Urochloa</i> (I)	45,18 c	47,39 bc	54,98	51,52 abc
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	53,38 abc	60,91 a	48,16	44,45 c
DMS	9,19			

Notas: Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaboração do autor.

Diferente o ocorrido na cobertura sem a inoculação, esse comportamento relacionado à bactéria, pode ser explicado ao ponto de compensação desse nutriente na planta, visto que o *Azospirillum* poderá fornecer benefícios tanto para o enriquecimento do solo como para o *Rhizobium*. Assim, a aplicação de N em cobertura apresenta resposta diferente nas coberturas que foram inoculadas no teor de N foliar.

Figura 4. Desdobramento da interação significativa de doses de nitrogênio dentro de coberturas vegetais para o teor de N foliar 2014 no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2014).



Fonte: Elaboração do autor.

Trabalhos como este relatam as dificuldades encontradas pelos pesquisadores ao longo dos anos, pois o nitrogênio é muito dinâmico dentro do sistema produtivo e essa diferença encontrada nos resultados apresentados é cada vez mais recorrente na literatura.

Na Tabela 23, verifica-se que o número de vagens por planta não diferiram, em relação às coberturas vegetais e nem entre as doses de nitrogênio nas duas safras estudadas. O contrário foi observado por Souza et al. (2011) já que o número de vagens por planta foi influenciado apenas pela aplicação de N, em ambos os anos agrícolas, quando o feijoeiro foi cultivado em sucessão ao milho e *U. brizantha*, e pela interação inoculação x adubação nitrogenada, no segundo ano do cultivo sobre essa palhada.

Segundo Silva et al. (2009), os acréscimos de vagens por planta, com o incremento de doses de N aplicadas em cobertura, podem ocorrer como consequência da maior altura de plantas e da maior emissão de ramos reprodutivos, verifica-se que a inoculação de rizóbio nas sementes aumentou o número de vagens por planta, na ausência da aplicação de N. Na ausência de inoculação, a aplicação de N incrementou o número de vagens por planta até a dose máxima calculada de 105 kg ha^{-1} . Contudo, na presença de inoculação, as doses de N não tiveram efeito nos valores dessa variável. O autor justifica como sendo uma indicação de

que, no segundo ano, as estirpes utilizadas no tratamento com inoculação foram mais eficientes e podem ter contribuído com o suprimento de N para o feijoeiro, quando esse elemento não foi aplicado via adubação.

De acordo com Crusciol et al. (2007) o maior número de vagens obtido em resposta à aplicação de N está relacionado ao aumento da matéria seca, pois, plantas maiores e com maior quantidade de ramificações produzem maior número de estruturas reprodutivas. Além disso, Silveira et al., (2005), ressaltam que em sucessão à cultura do milho, o feijoeiro deve receber maior quantidade de N, já que pode haver maior competição dos microrganismos pelo nutriente, durante a decomposição da palhada que, por sua relação C/N e tamanho dos resíduos, é mais demorada do que leguminosas.

Tabela 23. Valores médios de vagens por planta e grãos por planta em função das coberturas vegetais e doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2013 e 2014).

Tratamentos	Vagens planta ⁻¹ (número planta ⁻¹)		Grãos planta ⁻¹ (número planta ⁻¹)	
	2013	2014	2013	2014
Cobertura vegetal (C)				
Milho	13,91	16,11	80,04	86,63
Milho Inoculado (I)	15,16	13,60	78,28	74,00
<i>Urochloa</i>	13,61	13,90	76,29	76,00
<i>Urochloa</i> Inoculada (I)	17,89	15,15	94,76	84,82
Milho + <i>Urochloa</i>	15,45	14,78	83,95	78,02
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	17,05	15,68	91,60	84,76
Milho+ <i>Urochloa</i> (I)	15,19	14,54	80,60	76,85
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	17,07	14,82	93,63	79,59
Doses de N (kg ha⁻¹) (D)				
0	15,69	14,58	84,93	75,51
40	17,10	14,68	92,95	82,54
80	15,85	15,39	84,65	83,98
120	14,02	14,63	77,04	78,31
Teste F				
C	1,87 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,03 ^{ns}
D	2,51 ^{ns}	0,39 ^{ns}	2,14 ^{ns}	1,39 ^{ns}
CxD	0,64 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,17 ^{ns}
DMS (C)	-	-	-	-
Média geral	15,66	14,82	84,89	80,08
CV (%)	28,84	23,09	29,53	23,25

Nota: ^{ns} não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor.

Ainda na Tabela 23 pode-se observar que o número de grãos por planta não diferiram, em relação às coberturas vegetais e nem entre as doses de nitrogênio nas duas safras estudadas. O contrário foi observado por Sabundjian et al. (2013) em que o tratamento com

Urochloa inoculada apresentou valor de grãos por planta superior (105,92) ao do tratamento com consórcio de milho + *Urochloa*, ambos sem inoculação (79,38). Os autores relatam que o tratamento com menor número de grãos por planta foi o que apresentou as menores quantidades de nitrogênio foliar. Segundo Lopes et al. (2004), o nitrogênio é o nutriente que mais limita o desenvolvimento da planta, bem como a produtividade e a biomassa da maioria das culturas.

Soratto et al. (2013) observaram que nos tratamentos adubados com N, o cultivo anterior da forrageira em consórcio não afetou o número de vagens do feijoeiro, porque não houve restrição de N para as plantas. Porém, quando não foi aplicado N, o feijoeiro cultivado em sucessão ao consórcio produziu mais vagens. Isso mostra que a presença da forrageira em consórcio com o milho, no cultivo anterior, melhorou a nutrição nitrogenada do feijoeiro em sucessão.

Na Tabela 24 as cobertas vegetais antecessoras não influenciaram o número de grãos por vagem. Porém, pode-se observar que as doses de nitrogênio aplicadas em cobertura tiveram efeito significativo no ano de 2014, com resposta quadrática sobre o número de grãos por vagem e valor de máxima estimado em 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Figura 5). Da mesma forma, Sabundjian et al. (2013) também não houve efeitos significativos de coberturas vegetais anteriores. Entretanto, as doses de nitrogênio aplicadas em cobertura tiveram efeito significativo, com resposta quadrática e valor de máxima estimado em 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio (5,85 grãos por vagem). Soratto et al. (2013), estudando épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com *Urochloa*, observaram que número de grãos por vagem aumentou com a adubação nitrogenada, apenas quando o feijoeiro foi cultivado em sucessão ao milho solteiro.

Apesar de Oliveira et al. (1996) citarem que plantas de feijão deficientes em N produzem poucas sementes por vagem e sementes pequenas, Silva (2002) e Soratto et al. (2004), em estudo semelhante, não observaram efeitos significativos de N em cobertura sobre o número de grãos por vagem.

Alguns resultados de pesquisas indicam que uma melhor nutrição em N pode aumentar o número de óvulos fertilizados por vagem, com os dados se ajustando a equações lineares crescentes (SANTOS et al. 2003, ARF et al. 2004, SORATTO et al. 2006) caracterizando a importância do nutriente para essa fase da planta. Contrariamente, Arf et al. (2011) e Soratto et al. (2013), não verificaram efeito da aplicação de N no número de grãos por vagem e

atribuíram isso ao fato de se tratar de uma característica de alta herdabilidade genética e pouco influenciada pelo ambiente, apresentando maiores diferenças entre cultivares do que dentro de cultivares.

Tabela 24. Valores médios de grãos por vagem e massa de 100 grãos em função das coberturas vegetais e doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2013 e 2014).

Tratamentos	Grãos vagem ⁻¹ (número vagem ⁻¹)		Massa 100 grãos (g)	
	2013	2014	2013	2014
Cobertura vegetal (C)				
Milho	6,04	5,41	24,83	26,94
Milho Inoculado (I)	5,51	5,40	24,99	26,47
<i>Urochloa</i>	5,84	5,48	25,36	25,92
<i>Urochloa</i> Inoculada (I)	5,21	5,62	24,30	25,71
Milho + <i>Urochloa</i>	5,49	5,33	24,49	26,14
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	5,32	5,43	25,11	26,06
Milho+ <i>Urochloa</i> (I)	5,30	5,30	24,74	26,79
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	5,58	5,37	25,20	26,13
Doses de N (kg ha⁻¹) (D)				
0	5,76	5,19	24,71	25,96
40	5,46	5,65	25,00	26,19
80	5,38	5,46	24,79	26,44
120	5,53	5,37	24,97	26,49
Teste F				
C	0,78 ^{ns}	0,59 ^{ns}	1,98 ^{ns}	1,70 ^{ns}
D	0,53 ^{ns}	4,39 ^{**}	0,58 ^{ns}	1,10 ^{ns}
CxD	0,87 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,59 ^{ns}
DMS (C)	-	-	-	-
Média geral	5,53	5,42	24,86	26,27
CV (%)	23,11	9,54	4,13	4,98

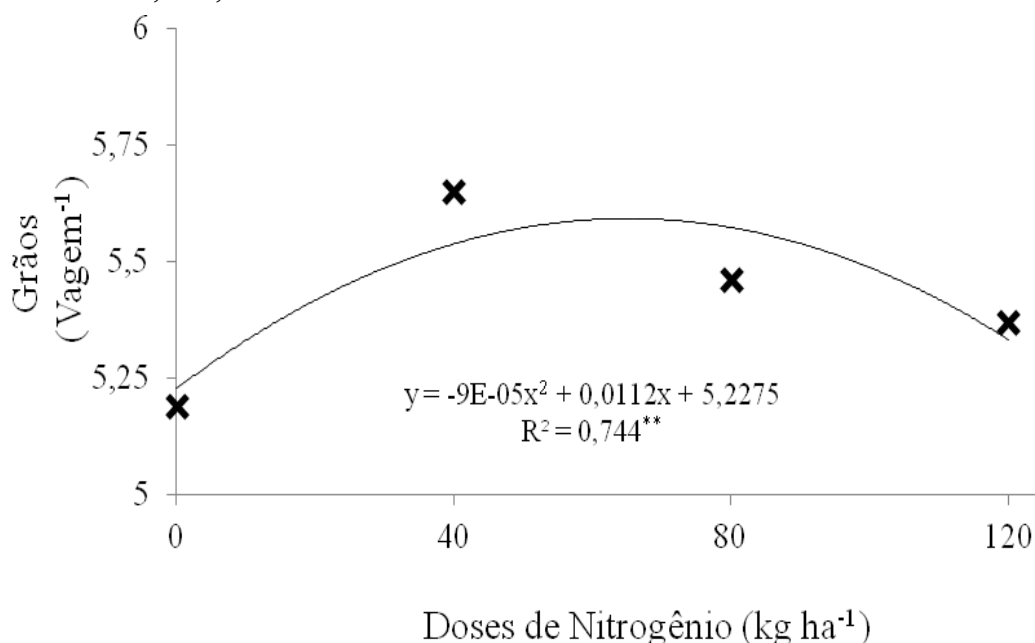
Nota: ** e ^{ns} – significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação

Fonte: Elaboração do autor.

Ainda na Tabela 24, pode-se observar que a massa de 100 grãos de feijão não diferiu dentre os tratamentos avaliados. Da mesma forma Barros et al. (2013) avaliando interação entre inoculação com *Rhizobium* e adubação nitrogenada na semeadura na produtividade do feijoeiro nas épocas “da seca” e “das águas”, não observaram diferenças na massa de 100 grãos. Sabundjian et al. (2013), também observaram que a massa de 100 grãos não foi influenciada pelas coberturas vegetais antecessoras, enquanto que, para as doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N) em cobertura observou-se efeito linear crescente. Da mesma forma Kaneko et al. (2010) relataram aumento linear na massa de 100 grãos, em um dos anos

de condução de experimento e, Arf et al. (2008), em estudo similar, citaram que a massa de cem grãos está mais relacionada com as características genéticas da cultivar utilizada.

Figura 5. Número de grãos por vagem de feijão de inverno em função de doses de nitrogênio. Selvíria, MS, safra 2014.



Fonte: Elaboração do autor.

Quanto à produtividade de grãos, para as duas safras, pode-se observar que não houve interação entre coberturas e doses de N aplicadas em cobertura (Tabela 25). Porém, isoladamente, a cobertura vegetal antecessora apresentou efeito significativo na safra 2013, sendo que os tratamentos que foram inoculados com *Azospirillum brasilense* apresentaram maior produtividade de grãos de feijão comparados aos sem inoculação. No tratamento de milho + *Urochloa* ambos inoculados o feijão apresentou maior produtividade do que no milho solteiro, *Urochloa* solteira e milho + *Urochloa*. Dentre os benefícios apresentados por essa bactéria encontra-se a produção de enzimas como a redutase do nitrato e hormônios de crescimento que beneficiam diversas culturas. Sua presença no solo juntamente com o *Rhizobium tropici* utilizado na cultura do feijão pode ter auxiliado no processo de fixação biológica, sendo sua interação microbiológica ainda pouco conhecida.

A menor produtividade de grãos observada no ano agrícola de 2013 (Tabela 25), independentemente do tratamento utilizado, mesmo com condições climáticas para o desenvolvimento das plantas (Figura 2), está relacionada à elevada infestação da cultura pelas lagartas *Helicoverpa armigera* e lagarta falsa-medideira (*Pseudoplusia includens*), durante as fases de formação das vagens e enchimento de grãos.

Tabela 25. Valores médios da produtividade de grãos e cobertura vegetal final em função das coberturas vegetais e doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil (2013 e 2014).

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)		Cobertura Vegetal Final (kg ha ⁻¹)	
	2013	2014	2013	2014
Cobertura vegetal (C)				
Milho	1.802 b	2.519	8.297	8.829
Milho Inoculado (I)	1.996 ab	2.690	9.073	7.682
<i>Urochloa</i>	1.794 b	2.557	10.108	7.858
<i>Urochloa</i> Inoculada (I)	2.056 ab	2.663	10.795	8.059
Milho + <i>Urochloa</i>	1.823 b	2.591	10.299	8.557
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	2.268 ab	2.651	11.071	7.537
Milho+ <i>Urochloa</i> (I)	2.200 ab	2.620	10.434	7.858
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	2.481 a	2.659	10.087	7.400
Doses de N (kg ha⁻¹) (D)				
0	1.910	2.564	-	-
40	2.223	2.534	-	-
80	2.146	2.610	-	-
120	1.930	2.767	-	-
Teste F				
C	3,93 **	0,30 ^{ns}	0,89 ^{n.s}	0,69 ^{ns}
D	3,08 *	1,86 ^{ns}	-	-
CxD	0,31 ^{ns}	0,91 ^{ns}	-	-
DMS (C)	553	-	-	-
Média geral	2.053	2.619		
CV (%)	24,57	16,43	19,35	14,85

Nota: **, * e ^{ns} – significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação

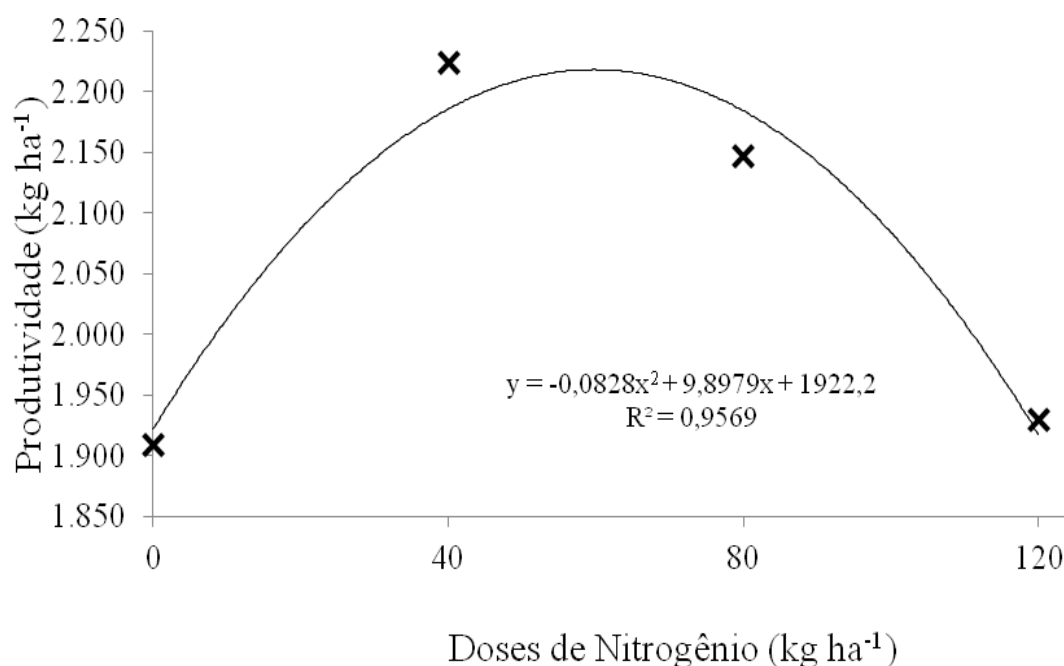
Fonte: Elaboração do autor.

Na Figura 6, observa-se efeito significativo para doses de nitrogênio aplicadas em cobertura sobre a produtividade de grãos em 2013 com efeito quadrático sobre a variável e com ponto de máximo na dose de 60 kg ha⁻¹ de N. Já Soratto et al. (2013) observaram que no cultivo em sucessão ao milho consorciado, o feijão não respondeu à adubação nitrogenada, e resultados na testemunha (sem aplicação de N) de produtividades próximas à 3.000 kg ha⁻¹.

Para a produtividade de grãos na safra 2014, não foi verificada diferenças quando avaliadas coberturas vegetais e as doses de nitrogênio.

Cabe ressaltar que no presente estudo foi realizada a inoculação com *Rhizobium* nas sementes e que, sob condições ambientais adequadas, o N₂ atmosférico fixado por meio da simbiose com *Rhizobium tropici*, pode atender em partes as necessidades de N do feijoeiro. Considerando as principais limitações atuais e potenciais da FBN e os benefícios atribuídos a diversas culturas pela inoculação com *Azospirillum brasilense*, deduz-se que a coinoculação com ambos os microrganismos pode melhorar o desempenho das culturas, em uma abordagem que respeita as demandas atuais de sustentabilidade agrícola, econômica, social e ambiental.

Figura 6. Produtividade do feijão de inverno em função das doses de nitrogênio no feijão de inverno em sistema plantio direto. Selvíria – MS, Brasil, safra 2013.



Fonte: Elaboração do autor.

Contudo, embora existam em outros países estudos que reportem os benefícios da de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, torna-se necessário realizar pesquisas nas condições brasileiras (HUNGRIA et al., 2013). Em alguns casos onde se tem utilizado

Azospirillum brasilense em leguminosas, o efeito benéfico da associação com rizóbio apresenta-se em grande parte da pacidade que a bactéria tem de produzir fitormônio que resulta em maior desenvolvimento do sistema radicular, e, portanto, a possibilidade de explorar um volume mais amplo de solo (BÁRBARO et al., 2008). Segundo Burdman, Kigel e Okon (1997) avaliando o efeito de *Azospirillum* e *Rhizobium* sobre a nodulação e crescimento do feijoeiro em laboratório, observaram que a coinoculação aumentou consideravelmente o número total de nódulos e a fixação de N_2 comparados a inoculação isolada do *Rhizobium*.

Hungria, Nogueira e Araújo (2013) ao conduzir cinco experimentos com feijoeiro em Londrina e Ponta Grossa por três anos de cultivo (2009, 2010 e 2010/11) obtiveram maior produtividade com a co-inoculação e a testemunha não inoculada e adubada em relação à testemunha não inoculada e não adubada, a inoculação com *Rhizobium* e a aplicação de *Azospirillum* no sulco.

Na Tabela 25 pode-se observar que para o ano de 2014 os tratamentos não apresentaram resultados significativos, o que nos leva a considerar que, de acordo com Silva et al. (2011) a ausência de resposta à adubação nitrogenada, quanto à produtividade de grãos de feijoeiro cultivado no SPD e com grande aporte de palhada de *Urochloa*, pode estar relacionada ao fornecimento de N pela fixação simbiótica de estirpes inoculadas em área total e, principalmente, à liberação de N dos resíduos vegetais. Segundo Crusciol et al. (2009), estudando integração lavoura-pecuária e os benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção, observaram que aos 34 dias após o manejo das gramíneas, que aproximadamente 47% do N contido na palhada da *U. brizantha* cv. *Marandu* já havia sido liberado e podia ser utilizado pela cultura em sucessão, enquanto 72% da palhada ainda persistia na superfície do solo.

Apesar da população de plantas ter ficado abaixo da pretendida por ocasião da semeadura (240 mil plantas por hectare), a produtividade de grãos foi elevada em 2014, inclusive no tratamento testemunha (acima de 2.500 kg ha^{-1}), o que se deve à boa capacidade de compensação da cultivar Pérola através do seu hábito de crescimento prostrado, proporcionando o fechamento das entrelinhas na época do florescimento. Esses resultados se assemelham aos encontrados por Arf et al. (2011) e Soratto et al. (2013), que ao utilizar o mesmo cultivar, obtiveram elevadas produtividades de grãos de cultivo de feijão em SPD,

após milho consorciado com *Urochloa*, mesmo com população média de plantas abaixo do esperado.

Em relação ao acúmulo e liberação de N pela palhada das coberturas vegetais no ano agrícola de 2013/14 (Tabela 18) o feijoeiro apresentou menores valores para a produtividade de grãos nas parcelas onde a cultura antecessora foi o milho sem inoculação corroborando com os resultados do N acumulado. Em contrapartida, no ano agrícola de 2013/14 (Tabela 19), pode não ter refletido nos componentes da produção e nem na produtividade de grãos da cultura do feijão em sucessão em função do histórico da área, a qual se encontrava há anos sob SPD o que pode proporcionar a mineralização do N ao invés de imobilização visto que, a partir de cinco anos de SPD, se inicia o acúmulo de matéria orgânica, fósforo e palha na superfície, sendo que a imobilização de N se aproxima da mineralização (ANGHINONI, 2007).

Ainda na Tabela 25, pode-se observar os valores médios das coberturas vegetais após a colheita do feijão nas duas safras não apresentaram diferenças estatísticas, porém as quantidades encontradas estão dentro do recomendado para o plantio direto, que varia de 7.000 a 11.000 kg ha⁻¹ dependendo da região estudada (DENARDIN, 2012).

Na Tabela 26 encontram-se os atributos físicos (Ma, Mi e PT) do solo antes e após 3 anos de cultivo das camadas de 0,00-0,10 m. Dentre os resultados obtidos, apenas observou-se diferenças significativas para a microporosidade, sendo que o tratamento onde o milho foi inoculado apresentou os maiores valores (0,35 m³ m⁻³) comparados aos da *Urochloa* também com a inoculação (0,29 m³ m⁻³). Já para a macroporosidade e porosidade total não apresentaram diferenças entre si nessa camada, porém todos os tratamentos estão com valores de macroporosidade dentro da faixa crítica, que é menor de 0,10 m³ m⁻³, não proporcionando adequada permeabilidade de ar e água para um bom desenvolvimento das plantas cultivadas (GREENLAND, 1981).

Já para a densidade do solo encontrada na camada de 0,00-0,10 m, os tratamentos descritos não apresentaram diferenças significativas apesar de situar-se dentro de uma faixa (1,53 e 1,62 kg dm⁻³) considerada de alto grau de compactação (Tabela 27). Em contrapartida notou-se diferenças na existência à penetração entre os tratamentos, no qual, onde o milho encontrava-se solteiro sem a inoculação, na referida camada, apresentou os maiores valores (1,23 MPa) em relação àqueles em consorciação com a *Urochloa* (0,45 - 0,69 MPa) e à caracterização inicial (0,55 MPa).

Tabela 26. Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,00-0,10 m, antes e após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).

Coberturas Vegetais	Atributos físicos do solo (0,00-0,10 m)		
	Ma	Mi	PT
	----- m ³ m ⁻³ -----		
Milho	0,07	0,31 ab	0,38
Milho - Inoculado (I)	0,07	0,35 a	0,42
<i>Urochloa</i>	0,10	0,31 ab	0,41
<i>Urochloa</i> - Inoculada (I)	0,10	0,29 b	0,39
Milho + <i>Urochloa</i>	0,09	0,31 ab	0,40
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	0,08	0,31 ab	0,39
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	0,09	0,31 ab	0,40
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	0,09	0,31 ab	0,40
C.I.	0,08	0,32 ab	0,40
F	0,71 ^{ns}	1,95*	0,79 ^{ns}
DMS	-	0,05	-
CV (%)	25,80	5,73	6,08

Nota: Macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT); * e ^{ns} – significativo a 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente;. Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. C.I. (Caraterização Inicial): Atributos físicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento.

Fonte: Elaboração do autor.

A densidade do solo e a resistência do solo à penetração são os atributos mais utilizados para avaliar a compactação do solo, sendo correlacionado ao crescimento radicular. Para os Latossolos Vermelhos distroféricos e eutroféricos, em condições naturais, apresentam na superfície que abrange as camadas de 0 a 0,30 m valores de densidade do solo entre 0,98 e 1,13 kg dm⁻³ (OLIVEIRA; MONIZ, 1975) e de RSP em torno de 1,32 MPa (CARNEIRO et al., 2009). De acordo com Kichel et al. (2014) sistemas de cultivo consorciados com forrageiras apresentam melhorias físicas ao solo proporcionando melhor desenvolvimento de sistemas radiculares das plantas em maior profundidade, permitindo utilização de água e nutrientes com maior eficiência, reduzindo, assim, perdas de produtividade na ocorrência de veranicos. Além disso o SPD proporciona camada de cobertura vegetal na superfície, preservando de forma mais eficiente alguns atributos físicos do solo.

Contrário aos resultados encontrados na presente pesquisa, Crusciol et al., (2007) relatam que o cultivo de *Urochloa* semeada em consórcio com o milho na linha de semeadura, tem promovido melhorias nas qualidades físicas e físico-hídricas do solo em profundidade. Provavelmente em decorrência do grande aporte de matéria seca radicular no perfil do solo por essa forrageira perene. Em camadas mais superficiais, como de 0 a 20 cm, o cultivo de

Urochloa não surte tanto efeito na melhoria da qualidade estrutural do solo, devido, provavelmente, à grande colonização das raízes de milho nessa profundidade. Porém vale ressaltar que para o trabalho atual, foi realizada a semeadura da *Urochloa* na entrelinha, favorecendo, portanto, essas regiões do solo não tão amplamente explorada pelas raízes do milho.

Tabela 27. Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,00-0,10 m, antes e após 3 anos de cultivo, Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).

Coberturas Vegetais	Atributos físicos do solo (0,00-0,10 m)		
	Ds	RSP	Ug
	Mg m ⁻³	MPa	kg kg ⁻¹
Milho	1,59	1,23 a	0,21ab
Milho - Inoculado (I)	1,62	1,03 ab	0,21ab
<i>Urochloa</i>	1,53	0,58 b	0,22ab
<i>Urochloa</i> - Inoculada (I)	1,56	0,75 ab	0,21ab
Milho + <i>Urochloa</i>	1,56	0,69 ab	0,23ab
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	1,56	0,62 b	0,21ab
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	1,54	0,45 b	0,24 a
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	1,59	0,57 b	0,21ab
C.I.	1,58	0,55 b	0,20 b
F	1,02 ^{ns}	4,67 ^{**}	3,25 [*]
DMS	-	0,59	0,04
CV (%)	3,28	28,38	6,38

Nota: Densidade do solo (Ds), resistência do solo à penetração (RSP) e umidade gravimétrica (Ug) do solo; **, * e ^{ns} – significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente;. Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. C.I. (Caraterização Inicial): Atributos físicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento.

Fonte: Elaboração do autor.

Em relação à umidade gravimétrica, os resultados na camada de 0,00-0,10 m (Tabela 27), constatou-se que no momento da caracterização inicial (0,20 kg kg⁻¹) apresentou menor valor de umidade na avaliação de RSP em relação ao cultivo anterior com o consórcio milho + *Urochloa* sem a inoculação do *Azospirillum brasilense* (0,24 kg kg⁻¹) em SPD por 3 anos consecutivos. De encontro aos resultados obtidos, indica-se o potencial deste consórcio como prática de manejo de solo interessante para o SPD implantado em um Latossolo de textura argilosa em curto, médio e longo prazo haja vista a tendência de compactação com o tempo após as operações de tráfego de máquinas agrícolas em SPD implantado, em razão da reajuste natural das partículas do solo (REICHERT et al., 2009).

Na camada de 0,10-0,20 m não houve diferenças significativas para nenhum dos tratamentos avaliados sobre a macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo (Tabela 28). Verificou-se que, da mesma forma para a camada anterior (0,00 – 0,10 m), os valores da macroporosidade encontram-se com valores ($0,07 - 0,09 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) abaixo daqueles ideais para o desenvolvimento radicular ($>0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) além disso, na Tabela 29 notou-se que a densidade manteve-se elevada em todos os tratamentos, da mesma forma que para a camada mais superficial (Tabela 28) com valores entre 1,52 a $1,58 \text{ Mg m}^{-3}$. Segundo Camargo e Alleoni (1997), estudando sobre a compactação e desenvolvimento das plantas em um solo argiloso, o valor da densidade do solo de $1,55 \text{ kg dm}^{-3}$ torna limitante o desenvolvimento vegetativo e sua influência, além de estar associado a textura e estrutura do solo, também é dependente do cultivo e do manejo adotado no sistema produtivo.

Da mesma forma Montanari et al. (2010), relataram que os valores médios da densidade do solo na faixa que abrange 1,36 a $1,41 \text{ kg dm}^{-3}$ proporcionaram substancial queda da produtividade de grãos de feijão apontando decréscimo de produtividade em 36% do potencial produtivo da cultura estudada. Segundo Carneiro et al. (2009), nos primeiros anos de plantio direto, ocorreu aumento na densidade do solo pelo rearranjo das partículas de solo, no entanto, com a consolidação do sistema, houve aumento nos teores de material orgânico e, com isso, diminuição na densidade do solo (MACHADO; BRUM, 1978; TORMENA et al., 1998).

Apesar dos valores altos de densidade do solo, os valores de RSP apresentaram-se abaixo do considerado limitante ao desenvolvimento pleno das culturas vegetais para o solo estudado ($< 2,00 \text{ MPa}$). O valor de RSP igual ou acima de 2 MPa tem sido amplamente usado como crítico para o crescimento das plantas em diferentes sistemas de manejo (TORMENA et al., 1998). Já Petean et al. (2010) utilizaram o valor de $2,5 \text{ MPa}$ para solos sob sistema de integração lavoura-pecuária e Tormena et al. (2007) o de $3,5 \text{ MPa}$ em solo sob plantio direto, sustentados pelo argumento da presença de material orgânico efetivo obtido nesse sistema de manejo. Com a adoção dos sistemas conservacionistas que visem o acúmulo de material orgânico residual, posterior mineralização e produção de matéria orgânica, pode-se observar ao longo de anos resultados positivos relacionados aos atributos físicos do solo. De acordo com Andrade et al. (2009), as características físicas do solo apresentaram melhorias pelo conteúdo de matéria orgânica, tendo a densidade diminuído e a porosidade total e a macroporosidade aumentado com o aumento desse conteúdo no solo.

Manter esses valores abaixo do nível crítico que comprometa o desenvolvimento das plantas ao longo dos 3 anos de cultivo sob SPD é um desafio para os produtores, portanto a escolha das culturas para rotação e sucessão devem ser feitas levando-se em consideração a preservação ou melhorias dos fatores físicos do solo.

Tabela 28. Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,10-0,20 m, antes e após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).

Coberturas Vegetais	Atributos físicos do solo (0,10-0,20 m)		
	Ma	Mi	PT
	----- m ³ m ⁻³ -----		
Milho	0,08	0,30	0,38
Milho - Inoculado (I)	0,08	0,30	0,38
<i>Urochloa</i>	0,08	0,30	0,38
<i>Urochloa</i> - Inoculada (I)	0,08	0,32	0,40
Milho + <i>Urochloa</i>	0,07	0,31	0,38
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	0,09	0,32	0,41
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	0,09	0,29	0,38
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	0,08	0,28	0,36
C.I.	0,08	0,31	0,39
F	0,34 ^{ns}	1,93 ^{ns}	1,14 ^{ns}
DMS	-	-	-
CV (%)	21,29	5,87	6,24

Nota: Macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT); ^{ns} – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. C.I. (Caraterização Inicial): Atributos físicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento.

Fonte: Elaboração do autor.

Vale salientar que a utilização de algumas plantas com sistemas radiculares agressivos, bem como a diversificação desse sistema radicular ao longo dos anos proporciona melhorias positivas nos atributos físicos do solo, ou mantém as mesmas características, sendo uma excelente alternativa em SPD com intenso tráfego de maquinários agrícolas na dessecação, semeadura, colheita e tratos culturais aliados à ausência de preparo do solo como aração e gradagem.

O presente estudo pôde apresentar alguns resultados que relacionam o manejo de solo como peça chave à adoção de práticas agrícolas favoráveis à preservação dos atributos físicos do solo. De acordo com Andrade et al. (2009), culturas de cobertura como as gramíneas, favoreceram a agregação do solo na camada superficial, as culturas de cobertura em plantio direto, modificam a estrutura do solo em comparação à condição original, aumentando a densidade e reduzindo a macroporosidade, porosidade total e qualidade física do solo.

Tabela 29. Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,10-0,20 m, antes e após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).

Coberturas Vegetais	Atributos físicos do solo (0,10-0,20 m)		
	Ds	RSP	Ug
	Mg m ⁻³	MPa	kg kg ⁻¹
Milho	1,58	1,43	0,20
Milho - Inoculado (I)	1,55	1,25	0,20
<i>Urochloa</i>	1,56	1,14	0,20
<i>Urochloa</i> - Inoculada (I)	1,52	1,40	0,21
Milho + <i>Urochloa</i>	1,58	1,56	0,20
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	1,54	1,41	0,21
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	1,53	1,12	0,19
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	1,55	1,46	0,21
C.I.	1,56	1,16	0,20
F	0,38 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,44 ^{ns}
DMS	-	-	-
CV (%)	3,43	19,37	3,92

Nota: Densidade do solo (Ds), resistência do solo à penetração (RSP) e umidade gravimétrica (Ug) do solo; ^{ns} – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. C.I. (Caraterização Inicial): Atributos físicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento (Caraterização Inicial): Atributos químicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento.

Fonte: Elaboração do autor.

De acordo com Kichel et al. (2014), em um estudo realizado em áreas sob plantio direto implantado há três anos, pode-se verificar que a ação das raízes não foi suficiente para alterar os atributos físicos estudados, porém, Segundo Sato et al. (2012) a inserção de forrageira em um sistema influencia a velocidade de infiltração de água no solo o que pode gerar benefícios à cultura e proporcionar maior eficiência de utilização da água.

Além disso, Campos et al. (1999) e Wohlenberg et al. (2004) verificaram que a sequência de culturas com a sucessão de gramíneas com leguminosas (como feito no presente estudo) favoreceu a maior agregação do solo. Atribuíram este comportamento ao sistema radicular da gramínea e à taxa de decomposição da leguminosa, criando ambiente favorável à agregação pela ação das raízes, cobertura do solo, fornecimento de material orgânico e conservação da umidade favorável à ação dos microrganismos. Diante desses benefícios gerados pela escolha das espécies vegetais em um sistema contínuo no plantio direto, bactérias como o *Azospirillum brasilense* e o *Rhizobium tropici* inoculados às sementes das plantas, em ambientes como esses, poderão auxiliar com maior eficiência a produtividade das culturas. Entretanto, esses valores de resistência à penetração não são considerados impeditivos ao crescimento e desenvolvimento de plantas, que podem variar de 3 a 5 MPa,

dependendo do tipo de solo, manejo e uso do solo, culturas, umidade, entre outros (ARSHAD et al., 1996; SOUZA; ALVES, 2003).

Não houve diferenças estatísticas para a Ma, Mi e PT (Tabela 30) para a camada de 0,20 a 0,30m, Apesar das variações na macroporosidade não terem apresentados significância nas três camadas estudadas (Tabela 26, 28 e 30) para as culturas utilizadas, houve indícios de melhorias nesse atributo do solo quando a *Urochloa* estava presente na camada de 0,00-0,10 m. As alterações promovidas no solo de forma homogênea para todos os tratamentos pelo tráfego durante o processo de dessecação, plantio, pulverizações e colheita podem ter contribuído para essa falta de resultados significativos, visto que todos os tratamentos encontram-se com espécies que apresentam sistemas radiculares semelhantes (gramíneas).

Tabela 30. Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,20-0,30 m, antes e após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).

Coberturas Vegetais	Atributos físicos do solo (0,20-0,30 m)		
	Ma	Mi	PT
	----- m ³ m ⁻³ -----		
Milho	0,09	0,31	0,40
Milho - Inoculado (I)	0,10	0,31	0,41
<i>Urochloa</i>	0,08	0,30	0,38
<i>Urochloa</i> - Inoculada (I)	0,10	0,27	0,37
Milho + <i>Urochloa</i>	0,09	0,31	0,40
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	0,08	0,28	0,36
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	0,08	0,31	0,39
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	0,09	0,31	0,40
C.I.	0,09	0,32	0,41
F	0,88 ^{ns}	1,63 ^{ns}	1,27 ^{ns}
DMS	-	-	-
CV (%)	14,91	7,76	6,74

Nota: Macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT); ^{ns} – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. C.I. (Caraterização Inicial): Atributos físicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento.

Fonte: Elaboração do autor.

Na Tabela 31 pode-se observar que a Ds, RSP e Ug não diferiram entre si para a camada estudada (0,20-0,30m), porém notou-se um aumento na RSP de forma a demonstrar que de acordo com a profundidade, esse atributo pode apresentar restrições quanto ao desenvolvimento radicular de algumas espécies. Contudo, esses valores de resistência à penetração não são considerados impeditivos ao crescimento radicular, porém ocorreu aumentos de densidade do solo ao longo do perfil, que poderiam indicar sua degradação física.

Andrade et al. (2009) concluíram que os atributos físicos do solo foram afetados favoravelmente pelo seu conteúdo de matéria orgânica, tendo o cultivo do solo reduzido esse conteúdo em relação à mata nativa e entre as culturas de cobertura estudadas o milho consorciado com *Urochloa*, foi um dos que mantiveram a camada superficial do solo cultivado com boa qualidade física. De encontro ao observado ao longo do estudo realizado, Pott e De Maria (2003) verificaram que em diferentes solos sob sistema de plantio direto a densidade do solo diminuiu e a porosidade total aumentou com o aumento da profundidade do solo.

Tabela 31. Valores médios dos atributos físico do solo, na camada de 0,20-0,30 m, antes e após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).

Coberturas Vegetais	Atributos físicos do solo (0,10-0,20 m)		
	Ds	RSP	Ug
	Mg m ⁻³	MPa	kg kg ⁻¹
Milho	1,51	1,73	0,21
Milho - Inoculado (I)	1,56	1,63	0,22
<i>Urochloa</i>	1,52	1,86	0,21
<i>Urochloa</i> - Inoculada (I)	1,50	1,82	0,22
Milho + <i>Urochloa</i>	1,50	2,08	0,22
Milho (I) + <i>Urochloa</i>	1,55	1,74	0,22
Milho + <i>Urochloa</i> (I)	1,46	1,65	0,21
Milho (I) + <i>Urochloa</i> (I)	1,47	1,98	0,22
C.I.	1,48	1,58	0,21
F	2,12 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,27 ^{ns}
DMS	-	-	-
CV (%)	2,75	18,93	4,01

Nota: Densidade do solo (Ds), resistência do solo à penetração (RSP) e umidade gravimétrica (Ug) do solo; ^{ns} – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. C.I. (Caraterização Inicial): Atributos físicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento.

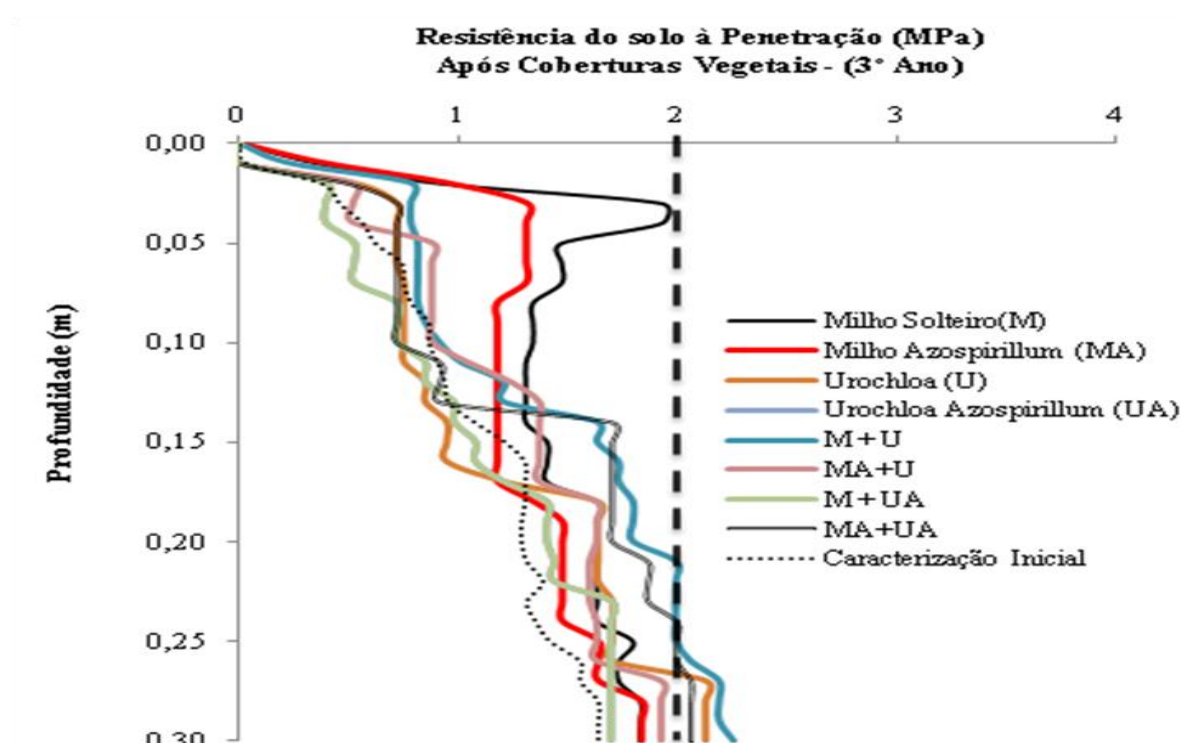
Fonte: Elaboração do autor.

Analisando os resultados da RSP do solo inicialmente e cerca de 3 anos após a implantação das culturas no verão (Figura 7), verificou-se comportamento homogêneo entre as culturas utilizadas com exceção do milho sem a inoculação que na camada de 0,00-0,05m apresentou-se com um valor próximo a zona de compactação. Acredita-se que apesar do manejo inadequado do Latossolo de classe argilosa com intenso tráfego de máquinas e equipamentos na superfície do solo em momentos inadequados de umidade, aliado ao não preparo do solo com aração (há 10 anos) para romper a camada compactada, o solo pode-se

beneficiar-se desse sistema mantendo algumas de suas características físicas adequadas aos cultivos ao longo desses anos.

Nota-se ainda na Figura 7 que o comportamento da RSP, quando avaliado o milho solteiro (com e sem inoculação), difere-se dos demais que apresentam a *Urochloa* como integrante. A partir da camada 0,05m os valores da RSP para os tratamentos com o milho são diminuídos para esse atributo, indo de encontro aos demais. Nota-se que a partir da camada de 0,15 m os valores aumentam de forma homogênea, demonstrando aumento nos valores até a profundidade de 0,30 m.

Figura 7. Médias do comportamento da RSP para os oito tratamentos estudados, em 12 repetições por tratamento, até a profundidade de 0,30 m em SPD no Cerrado Sul-Matogrossense, após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).



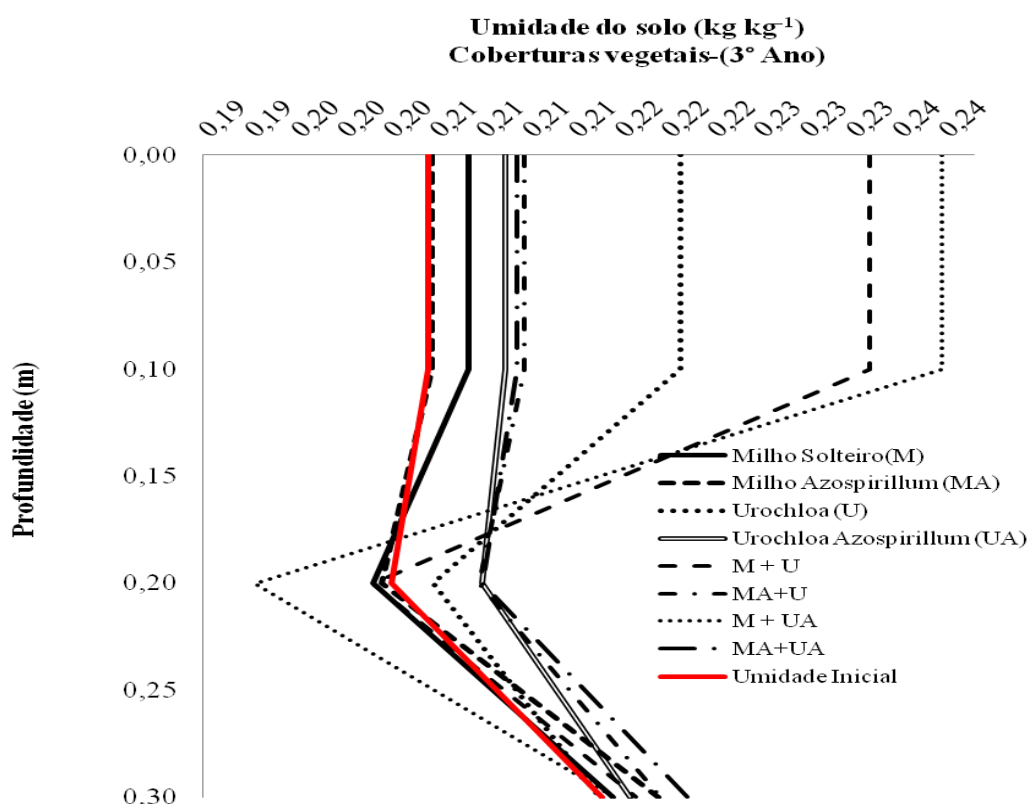
Fonte: Elaboração do autor.

Com relação ao comportamento da umidade gravimétrica no perfil do solo até profundidade de 0,30 m (Figura 8), observou-se que independente das culturas conduzidas ao longo do verão dos anos de 2011/12, 2012/13 e 2013/14, todos os tratamentos apresentaram comportamento homogêneo no perfil do solo na avaliação de umidade gravimétrica, não interferindo na avaliação de RSP, oscilando entre 0,21 a 0,24 kg kg⁻¹, correspondente a 84% a 96% da capacidade de campo (CC) do solo (0,250 kg kg⁻¹) de acordo com Montanari et al.

(2010), apresentando-se dentro do valor limite de 1/3 ou 33% abaixo da CC do solo, segundo Kiehl (1979) considerado adequado para avaliação de RSP.

Entretanto, vale salientar que, de acordo com Montanari et al.(2010), quando a coleta dos dados de RSP é realizada no momento em que a umidade do solo equivaler a dois terços da sua microporosidade (solo friável), trata-se do ponto ideal para fins de trabalhos científicos, visto que a grande maioria deles também é realizada nessas mesmas condições.

Figura 8. Médias do comportamento da umidade gravimétrica do solo no momento da avaliação da RSP os oito tratamentos estudados, em 12 repetições por tratamento, até a profundidade de 0,30 m em SPD no Cerrado Sul-Matogrossense, após 3 anos de cultivo. Selvíria – MS, Brasil (2011 e 2014).



Fonte: Elaboração do autor.

Os resultados encontrados nos atributos físicos do solo fazem inferência aos obtidos para a matéria seca de cobertura vegetal final das gramíneas (Tabela 17), visto que os maiores valores de palhada corroboram com os encontrados para os parâmetros físicos, demonstrando que manter ou melhorar a parte física do solo através da adoção de práticas agrícolas como o consórcio de culturas, inoculação com bactérias diazotróficas e o plantio direto, poderá garantir maior sustentabilidade aos cultivos agrícolas por mais tempo em virtude dos benefícios intrínsecos gerados.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dos 3 anos de condução do experimento foram encontradas algumas dificuldades, dentre elas pode-se destacar a presença das plantas de milheto que rebrotaram nas parcelas de *Urochloa* no período que antecedeu o florescimento do milho necessitando o arranquio. Com o desenvolvimento inicial rápido da *Urochloa*, o banco de sementes do solo apareceria com pouca força, sendo esse o manejo estratégico de controle de plantas daninhas, visto a impossibilidade da aplicação de um herbicida seletivo. A *Urochloa* foi semeada a 0,45m entrelinha do milho com uma densidade de 20 kg ha⁻¹ e mesmo com uma alta densidade e boa cobertura do solo em todos os períodos, ocorreu esse imprevisto. Como o milheto foi semeado anteriormente com a finalidade de promover uma boa cobertura do solo, um eficiente controle de plantas daninhas, manutenção da palha e para o sistema plantio direto, deve-se avaliar qual o melhor momento de realizar a dessecação e não esperar a cultura produzir sementes (nesse caso). No presente estudo, o milheto foi dessecado aos 45 DAE por se tratar de uma prática na região e, lembrando que nas parcelas onde a *Urochloa* foi consorciada não ocorreu esse problema. Vale ressaltar que a rebrota do milheto foi predominante em relação às demais espécies, o que demonstra um eficiente controle das plantas daninhas com a utilização da *Urochloa* para formação de palha no sistema plantio direto e esse controle alternativo torna-se importante principalmente visando à diminuição a médio e longo prazo do banco de sementes do solo. Experimentos de campo, com produção dos resíduos vegetais no local, são extremamente complexos, pois se trata da somatória do manejo adotado no período de verão, com a manutenção das culturas para produção de palha, e os efeitos propriamente ditos dessa palha depositada sobre o solo. Assim, estudos relacionados a alguns gargalos encontrados, como: forma de semeadura da forrageira, densidade de semeadura da *Urochloa*, escolha de uma semente de qualidade, período de desenvolvimento do milheto antes da dessecação, além do objetivo do agricultor, devem ser colocados em questão para melhorar ainda mais a qualidade das pesquisas dos atuais sistemas de produção. A área experimental encontra-se nesse sistema (milho+*Urochloa* verão e feijão no inverno) há 3 safras e por esse motivo o acúmulo de massa seca vem aumentando ao longo dos anos. Além disso, pode-se verificar no experimento de feijão desenvolvido em sucessão que a grande quantidade de cobertura vegetal existente na superfície prejudicou a plantabilidade do sistema, gerando uma população final de plantas inferior ao desejado. Com o excesso de palha na superfície, o disco de corte não foi 100% eficiente, ocasionando

“envelopamento” de algumas sementes, que impede ou dificulta seu contato ao solo e consequentemente falhando as parcelas experimentais. Por esse motivo, nota-se a importância de planejar todas as etapas do sistema produtivo, desde a escolha da planta de cobertura ao momento de semeadura do feijão para que esses entraves diminuam e a produção agrícola torne-se cada vez mais sustentável. Muitas vezes por falta de planejamento, nos deparamos com produtores que necessitam realizar o replantio de algumas linhas falhadas por esse motivo, tornando o custo da semeadura ainda maior. Dentre outros fatores, recomenda-se realizar a rotação de culturas após a implantação do sistema, por exemplo, utilizando o arroz no verão e o trigo em sucessão no inverno, assim, essa diversidade cultural fará com que haja uma menor incidência de pragas, doenças e plantas daninhas sobre a área, além do menor acúmulo de cobertura vegetal comprometendo o cultivo em sucessão. A prática de inoculação de sementes com bactérias que visem promoção de crescimento de plantas e/ou fixação biológica de nutrientes pode ser adotada desde que feita de acordo com as recomendações dos fabricantes evitando assim perdas em sua eficiência. No presente trabalho apontaram-se alguns benefícios relacionados ao incremento de produtividade além de diminuição em quantidade da aplicação de adubo mineral, demonstrando ser uma técnica promissora na economia de adubos minerais (dose R\$ 19,00 ha⁻¹) e que necessita de mais algumas pesquisas que avaliem as cultivares com maior eficiência de inoculação e fixação. Fatores relacionados aos defensivos agrícolas como fungicidas, inseticidas utilizados no tratamento de sementes; sistemas de cultivo que beneficiem esses microrganismos e proporcionem condições químicas, físicas e biológicas para o pleno desenvolvimento dessas bactérias, também devem ser estudados.

5 CONCLUSÕES

- A inoculação de *Azospirillum brasilense* nos anos 2012/13 e 2013/14 proporciona ao milho solteiro aumento da massa seca de plantas e massa de grãos por espiga além de maior incremento de produtividade comparado aos demais tratamentos;
- O consórcio com *Urochloa ruziziensis* afeta a produtividade de grãos do milho, nos anos agrícolas 2012/13 e 2013/14.
- Coberturas vegetais anteriores compostas por *Urochloa ruziziensis* solteira e em consórcio apresentam os maiores valores comparados àqueles somente com milho solteiro, sendo que a inoculação com *Azospirillum brasilense* aumenta o aporte de fitomassa da cultura do milho;
- A aplicação de nitrogênio em cobertura interfere na produtividade do feijoeiro, sendo que no primeiro ano de cultivo (2013), a dose ótima é de 60 kg ha⁻¹ de N;
- A produtividade do feijoeiro é influenciada pela cultura antecessora (2013) e os tratamentos com inoculação de *Azospirillum brasilense* apresentam maiores valores quando comparados àqueles sem inoculação;
- Os atributos físicos como a macroporosidade, porosidade total e densidade do solo apresentam melhores resultados nos tratamentos compostos pela *Urochloa ruziziensis*;
- A resistência do solo à penetração na camada de 0,00-0,10 m é maior no tratamento que o milho foi cultivado solteiro e sem a inoculação de *Azospirillum brasilense*.

REFERÊNCIAS

- AGROCERES. **Seleção de híbridos de milho**: características agrônômicas. São Paulo: Dekalb, 2015. Disponível em: <<http://www.sementesagrocere.com.br/>>. Acesso em: 16 dez. 2015.
- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureiras e pecuária nos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Eds.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 25-58.
- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Crescimento de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 20, n. 2, p. 319-326, 1996.
- ALVARENGA, R.C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; GONTIJO NETO, M. M. **A cultura do milho na integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular Técnica, 80).
- ALVAREZ, C. G. D.; VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D. Avaliação de características agrônômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p.402-408, 2006.
- ALVES, V.B.; PADILHA, N. de S.; GARCIA, R.A.; CECCON, G. Milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, p. 280-292, 2013.
- 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 cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.
- AMBROSANO, J. E. et al. Feijão. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 194-195.
- ANDRADE, F. N. **Avaliação e seleção de linhagens de tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-caupi verde**. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.
- ANDRADE, R.S.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.411-418, 2009.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; V. ALVARES, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTAREUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 873-928.

ANYANGO, B.; WILSON, K.J.; BEYNON, J.L.; GILLER, K.E. Diversity of rhizobia nodulating *Phaseolus vulgaris* L. in two Kenyan soils with contrasting pHs. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 61, n. 11, p. 4016-4021, 1995.

ARAÚJO, R.S. Fixação biológica do nitrogênio em feijão. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.) **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília, DF: Embrapa-SP, 1994, 236 p.

ARAÚJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostra e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 2, p. 456-462, 2008.

ARAÚJO, F. F. de; CARMONA, F. G.; TIRITAN, C. S.; CRESTE, 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, p. 540-540, 2008.

ARF, M. V. **Sistemas de cultivo para o milho de primeira safra e doses de nitrogênio em feijoeiro e trigo em sucessão**. 2013. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

ARF, O.; AFONSO, R. J.; ROMANINI JUNIOR, A.; SILVA, M. G.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, p. 499-506, 2008.

ARF, M.V.; BUZETTI, S.; ARF, O.; KAPPES, C.; FERREIRA, J.P.; GITTI, D. DE C.; YAMAMOTO, C.J.T. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 41, p. 430-438, 2011. DOI: 10.5216/pat.v41i3.9706.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, p. 131-138, 2004.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A. J. (Ed.). Methods for assessing soil quality. [S. l.]: Soil Science Society of America, 1996. p. 123- 141. (SSSA Special Publication, 49)

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. Calagem e adubação. In: _____. **Cultivo do feijoeiro comum**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás, GO: EMBRAPA, 2003. (Embrapa Arroz e Feijão). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/adubacao.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

BALDANI, J. I.; CARUSO, L.; BALDANI, V. L. D.; GOI, S. R.; DOBEREINER J. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 29, n. 5, p.911-922, 1997.

BÁRBARO, I. M.; BRANCALÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. **Técnica alternativa:** co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. [S. l.: s.n.], 2008. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm>. Acesso em: 4 dez. 2015.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N.; Produção de *Brachiaria Brizantha* e *Panicum Maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Revista Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

BARROS, R. L. N.; OLIVEIRA, L. B.; MAGALHÃES, W. B.; MÉDICI, L. O.; PIMENTEL, C. Interação entre inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada de plantio na produtividade do feijoeiro nas épocas da seca e das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1443-1450, 2013.

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

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

BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; MARIA, I. C. de; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, 2011.

BELCHOR, F. C. L. P.; MENDONÇA, V. Z. D.; LEAL, S. T.; ROSSETTO, J. É. Avaliação econômica e do desempenho técnico do milho consorciado com duas espécies forrageiras dos gêneros panicum e brachiaria em sistema de integração lavoura-pecuária. **Agrarian**, Dourados, MS, v. 7, n. 23, p. 157-165, 2013.

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; DA CUNHA, P. C. R. Resposta do feijoeiro de outono-inverno a fontes e doses de nitrogênio em cobertura= Response of dry beans to source and rate of n application topdressing. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p.458-468, 2014.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 1269-1276, 2007.

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.

BORTOLETI JUNIOR, A.; GONÇALVES, L.G.; RIBEIRO, M.A.R; AFONSO, R.O.; SANTOS, R.F; SOUZA, C.S.S. A importância do plantio direto e do plantio convencional e as suas relações com o manejo e conservação do solo. **Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 12, n. 1, p. 1-11, 2015.

BORTOLUZZI, E.C.; ELTZ, F.L. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 449-457, 2000.

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

BRAMBILLA, J.A.; LANGE, A.; BUCHELT, A.C.; MASSAROTO, J.A. Produtividade de milho safrinha no sistema de integração lavoura-pecuária, na região de Sorriso, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 3, p. 263-274, 2009.

BRASIL, M.S; BALDANI, V.L; BALDANI, J.I; MANHAES, S. Efeitos da inoculação de bactérias diazotróficas em gramíneas forrageiras do Pantanal. **Revista Pasturas Tropicais**, Seropédica, v. 27, n. 3, p. 22-33, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Informações sobre a cultura do feijão**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 14 out. 2015.

BURDMAN, S.; KIGEL, J.; OKON, Y. Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 29, n. 5-6, p. 923-929, 1997.

BURDMAN, S.; VOLPIN, H.; KIGEL, J.; KAPULNIK, Y.; OKON, Y. Promotion of nod Gene Inducers and Nodulation in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Roots inoculated with *Azospirillum brasiliense* Cd. Applied and environmental microbiology, **American Society for Microbiology**, Whashington, v. 62, n. 8, p. 3030-3033, 1996.

CALEGARI, A. Alternativas de culturas para rotação em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 80, p. 62-70, 2004.

CALONEGO, J.C.; GIL, F.C.; ROCCO, V.F.; SANTOS, E.A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n.5, p.770-781, 2012.

CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N.; TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.12, p.84-90, 2011.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIAO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação c/n de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n.1, p.77-86, 2010.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Esalq, 1997. 132 p.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 386-391, 1999.

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 (DKB240 variety) inoculated with *Azospirillum brasilense* strain FP2. **European Journal of Soil Biology**, Issy les Moulineaux, v. 58, p 45-50, 2013.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 45-71. (Boletim Técnico, 100).

CARDOSO, F. Plantio direto: ano 2000. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 90, p. 12-13. 2000. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/4193EC96713370F883257AA30069BCF3/\\$FILE/page12-13-90.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/4193EC96713370F883257AA30069BCF3/$FILE/page12-13-90.pdf). Acesso em: 17 out. 2015.

CARMEIS FILHO, A. C. A.; CUNHA, L.; PAGAN, T.; MINGOTTE, C.; LUIZ, F.; AMARAL, C. B.; BORGES, L. L.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2 p. 66-75, 2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237131344008>. Acesso em: 20 jan de 2016.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S. AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 147-157, 2009.

CARVALHO, C.A.B. **Padrões demográficos de perfilhamento e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. manejadas em quatro intensidades de pastejo**. 96f. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

CASTRO, C. R.; CARVALHO, H. W. L. de; CARDOSO, M. J.; PACHECO, C. A. P.; ROCHA, L. M. P.; OLIVEIRA, I. R. de; TABOSA, J. N.; RODRIGUES, C. S.; MENEZES, V. M. M. Comportamento de cultivares de milho no nordeste brasileiro: Safra 2009/2010. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. **Anais...** Búzios: SBMP, 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/41089/1/3607.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

CAVALLET, L.E; PESSOA, A.C.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.

CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 16, n. 97, p. 17-20, 2007.

CECCON, G. **Consórcio milho-braquiária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013.

CECCON, G.; CONCENCO, G. Mass yield and burndown of perennial forages for crop-livestock integration. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, p. 319-326, 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010083582014000200009&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em: 20 jan. 2016.

CECCON, G.; SILVA, J. F.; NETO, A. L. N.; MAKINO, P. A.; SANTOS, A. Produtividade de milho safrinha em espaçamento reduzido com populações de milho e de *Brachiaria*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 326-335, 2014.

CECCON, G.; STAUT, L. A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L. A. NUNES, D. P.; ALVES, V. B. Legumes and forage species sole or intercropped with maize in soybean-maize succession in Midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.37, n.1, p.204-212, 2013.

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

CHAGAS, J. M.; BRAGA, J. M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L. T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G. A. A.; ANDRADE, M. J. B.; LANA, R. M. Q.; RIBEIRO, A. C. Feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. p. 306-307.

CHIODEROLI, C. A.; DE MELLO, L. M. M.; DE HOLANDA, H. V.; FURLANI, C. E. A.; GRIGOLLI, P. J.; DA ROCHA SILVA, J. O.; CESARIN, A. L. Consórcio de *Urochloa* com milho em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n.10, p. 1804-1810, 2012.

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. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000600011>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

COBUCCI, T.; PORTELLA, C. M. O. Manejo de herbicidas no sistema santa fé e na braquiária como fonte de cobertura morta. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa-CNPAF, 2003. 569 p.

COELHO M.; FRANÇA G. E. D. **Nutrição e adubação do milho**. Brasília, DF: Embrapa Milho e Sorgo. 2013. Disponível em : <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/deficiencia/deficiencia.html>>. Acesso em: 30 maio 2014.

COELHO A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja doutor no seu milho: nutrição e adubação**. 2. ed. ampl. Piracicaba: POTAFOS, 1995. 24 p. (POTAFOS. Arquivo do agrônomo, 2).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2015/2016: quarto levantamento, janeiro 2016**/Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, DF: Conab, 2016. 152 p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 23 jan. 2016.

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação= Intercropping of mayze and *Urochloa ruziziensis* and the effect of this system of production in the soybean crop in rotation. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n.1, p. 65-76, 2013.

COSTA, A. C. S.; FERREIRA, J. C.; SEIDEL, E. P.; TORMENA, C. A.; PINTRO, J. C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos argilosos tratados com uréia. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 467-473, 2004.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. de A.; PARIZ, C.M.; BUZETTI, S.; LOPES, K.S.M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, p.1038-1047, 2012. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000800003.

COSTA, N. V.; SONTAG, D. A.; SCARIOT, C. A.; PEREIRA, G. R.; VASCONCELOS, E. S. Doses de paraquat e volumes de calda na dessecação de *Brachiaria ruziziensis* antes do cultivo do milho safrinha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Marechal Rondon n. 13, v.12, p. 143-155, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v13i2.264>. Acesso em: 05 nov., 2015.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; SILVA, L. M.; LEMOS, L. B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 1545-1552, 2007.

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

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.

CRUZ, I. Estratégias de manejo do milho *Bt* em condições de safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 10., Rio Verde. **Anais...** Rio Verde: Universidade de Rio Verde, 2009. p. 154-170.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA R.C.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F.; MATRAGOLO, W. J. R. **Sistema de produção 1**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo Sistema Plantio Direto, 2010.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SILVA, G. H. **Milho**: cultivares para 2011/2012. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>>. Acesso em: 19 dez. 2015.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, H. M. V.; FILHO, I. A. P.; FILHO, M. R. A.; SANTANA, D. P. **Plantio direto**. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html> . Acesso em: 02 nov. 2015.

CUNHA, F. N.; SILVA, N.F.; BASTOS, F.J.C.; CARVALHO, J.J.C.; MOURA, L.M.F.; TEIXEIRA, M.B.; ROCHA, A. F.; SOUCHIE, E. L. Efeito do *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 261-272, 2015.

DAN, H.A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M.; PROCOPIO, S. O.; OLIVEIRA JR, R. S. Supressão imposta pelo mesotrione a *Brachiaria brizantha* em sistema de integração lavoura pecuária. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 4, p. 861-867, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010083582011000400016&script=sci_arttext>. Acesso em: 23 out. 2013. Doi: 10.1590/S0100-83582011000400016.

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 Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n.10, p. 1023-1029, 2013.

DEKALB. **Seleção de híbridos de milho**: características agronômicas. São Paulo: Dekalb, 2015. Disponível em: <<http://www.dekalb.com.br/milho.aspx>>. Acesso em: 12 dez. 2015

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI, D.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Performance of maize hybrids submitted to different row spacing and population densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

DENARDIN, N. D. **Seleção de estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* tolerantes a fatores de acidez e resistentes a antibióticos**. 1991. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SANTI, A.; DENARDIN, N. D.; WIETHÖLTER, S. **Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 15 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 141).

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T. Sustainable crop production intensification—the adoption of conservation agriculture worldwide. In: ISCO CONF., 16., 2010, Santiago. **Proceedings...** Santiago: [s. n.], 2010. p. 265-293.

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

DÖBEREINER, J.; BALDANI, I. J. Bases científicas para uma agricultura biológica. **Ciência e Cultura**, Barretos, v. 34, p. 869-881, 1982.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. **Irrigation and drainage paper**, Lanham, v. 33, p. 257, 1979.

DOTTO, A. P.; LANA, M. DO C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J. F. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 376-382, 2010.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385 p.

DUARTE, A. P.; CANTARELA, H.; BATISTA, K. Manejo de nitrogênio e ciclagem de nutrientes na cultura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 10., 2009, Rio Verde, GO. **Anais...** Rio Verde: Universidade de Rio Verde, 2009. p. 89-105.

DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J. **Cultivo do milho: economia da produção**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistemas de Produção, 1).

EVANS, H.J.; BURRIS, R.H. Highlights in Biological Nitrogen Fixation during the last 50 years. In: STACEY, G.; BURRIS, R.H.; EVANS, H.J eds. **Biological Nitrogen Fixation**, New York, Chapman and Hall, 1992, p.1-42.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivares de feijão recomendados para plantio no ano agrícola 1996/97**. Goiânia, 1997. 24 p. (Informativo Anual das Comissões Técnicas Regionais de Feijão, 4).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Qualidade do solo meio ambiente**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 35p. (Documento, 197)

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agronômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 165-172, 2010.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO NA PALHA – FEBRAPDP. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. Foz do Iguaçu, 2015. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

FERNANDES, M. I. B. M. Domesticar o grão. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 3, n. 17, p. 36-45, 1985.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, A. C. B.; ANDRADE, M. J. B.; ARAÚJO, G. A. A. Nutrição e adubação do feijoeiro. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 61-72, 2004.

FERREIRA, E. D. B.; CARVALHO, T.; KNUPP, A.; WENDLAND, A.; PEREIRA, H.; MELO, L. (2011). Fixação biológica de nitrogênio em germoplasma silvestre de feijoeiro comum. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. **Anais...** Búzios: SBMP, 2011.

FICAGNA, T.; GAI, T. Adubação nitrogenada e inoculante de gramínea em tifton 85. **Cultivando o Saber**, v. 5, n.2, p. 113-119, 2012.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p.2825-2836, 2012.

FONSECA, G. G.; OLIVEIRA, D. P.; SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; TEIXEIRA, C. M.; MARTINS, F. A. D.; MOREIRA, F.M.S.; ANDRADE, M. J. B. Resposta de cultivares

de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio= Common bean cultivars response to seed inoculation with two rhizobium strains. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1778-1787, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAOSTAT. All data. [Rome]: FAO, 2015. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/E>. Acesso em: 22 out. 2015.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

FRANCISCO, E. A. B.; KAPPES, C.; ZANCANARO, L.; FUJIMOTO, G. R. Manejo da adubação nitrogenada no milho safrinha em sucessão à soja e milheto. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 11., 2011, Lucas do Rio Verde. **Anais...** Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2011a. p. 341-351.

FREITAS, R. J.; NASCENTE, A. S.; DE SOUSA SANTOS, F. L. População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, p. 79-87, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632013000100011> >. Acesso em: 29 dez, 2015.

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**, Rio de Janeiro, v. 26, p. 215-221, 2008.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E., FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, p. 819-828, 2014. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2014000700007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 23 out. 2015.

GARCIA, C.M.P; ANDREOTTI, M.; FILHO, M. C. M. T.; CELESTRINO, S. B. T.S.; LOPES, K. S. M. Desempenho agrônômico da cultura do milho e espécies forrageiras em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 44, p. 589-595, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v43n4/a10413cr6763.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2015. Doi: 10.1590/S0103-84782013000400005.

GIMENES, M.J.; PRADO, E. P.; AMARAL, M. H. F.; COSTA, S. Í. A. Interferência da *Brachiaria decumbens* Stapf. sobre plantas daninhas em sistema de consórcio com o milho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 215-220, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/2287/4769>>. Acesso em: 22 nov. 2015.

GRAHAM, P. H.; VANCE, C. P. Legumes: importance and constraints to greater use. **Plant physiology**, Rockville, v. 131, n. 3, p. 872-877, 2003.

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

GREENLAND, D. J. Soil management and soil degradation. **Journal of Soil Science**, Chichester, v. 32, n. 3, p. 301-322, 1981.

GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; GAZOLLA, P. R. Produtividade de milho submetido à aplicação de ureia revestida por polímeros. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 06, n. 02, p. 31-37, 2013.

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, 2011a.

GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; POLIZEL, A. C.; CAMPOS, D. T. da S. Produção de Capim-Marandu inoculado com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 816-826, 2011b.

HIRSCH, P.R.; JONES, M.J.; MC GRATH, S.P.; GILLER, K.E. Heavy metals from past applications of sewage sludge decrease the genetic diversity of *Rhizobium leguminosarum* biovar trifolii populations. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, n. 11, p. 1485-1490, 1993.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Brasília, DF: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Documentos, 395). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/doc325.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2015.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Documentos, 283).

HUNGRIA, M.; THOMAS, R. J.; DÖBEREINER, J.; Efeito do sombreamento na fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 10, p. 1143-1156, 1985.

HUNGRIA, M.; FRANCO, A. A.; SPRENT, J. I.; New sources of high-temperature tolerant rhizobia for *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, Amsterdã, v. 149, n. 1, p. 103-109, 1993.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Circular Técnica)

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v. 39, n. 2, p. 88-93, 2003.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C.; GRAHAM, P. H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in South America. In: SINGH, R. P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P.

K. (Ed.). **Nitrogen nutrition and sustainable plant productivity**. Houston: Studium Press, LLC, 2006. p. 43-93.

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**, Netherlands, v. 331, n. 1/2, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **Tecnologia de fixação biológica de nitrogênio com feijoeiro**: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 32 p.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Efeitos da . **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 170, n. 1, p. 40-41, 2013.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 49, p. 791-801, 2013.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grainlegumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, p. 151-164. 2000.

IKEDA, F. S.; RICTORIA FILHO, R.; MARCHI, G.; TADEU DOS SANTOS DIAS, C.; PELISSARI, A. Interferências no consórcio de milho com *Urochloa* spp. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n.10, p.1763-1770, 2013.

JORNAL AGROCERES. São Paulo, n. 219, 1994.

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.

KANEKO, F. H. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*, fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho em duas épocas de semeadura**. 2013. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia – Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KANEKO, F. H.; SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; FERREIRA, J. P.; GITTI, D. D. C.; NASCIMENTO, V.; GITTI, D.C.; LEAL, A. J. F. Análise econômica do milho em função da inoculação com *Azospirillum*, fontes e doses de n em cerrado de baixa altitude. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 23-37, 2015.

KAPPES, C. **Coberturas vegetais, manejo do solo e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**. 2012. 206f. Tese (Doutorado em Agronomia – Sistemas de Produção) –

Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2012.

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**, Helsinki, v. 34, n. 2, 527-538, 2013.

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; SILVA, J. A. N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 251-259, 2009.

KICHEL, A.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. **Sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)-Experiências no BRASIL**. Embrapa Gado de Corte-Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa v. 71, n. 1, p. 94-105, 2014.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1979.,264p.

KLEIN, C. **Propriedades físico-hídrico-mecânicas de um latossolo vermelho em plantio direto escarificado sobre o rendimento de grãos de milho**. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

KLEIN, V.A.; CÂMARA, R.K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 221-227, 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 499-522, 2003.

KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, P. Benefícios da ILP para a pecuária e desafios no cultivo de grandes culturas em sistemas ILPF no Cerrado com uso de plantio direto na palha. In: SANTOS, L.F.T.; MENDES, L.R.; DUARTE, E.R.; GLÓRIA, J.R.; ANDRADE, J.M.; CARVALHO, L.R. & SALES, N.L.P. (Ed). **Integração lavoura-pecuária-floresta: Potencialidades e técnicas de produção**. Montes Claros, Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2012. p. 21-35.

LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. 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.

LANDAU, E. C.; CRUZ, R. K. da; HIRSCH, A.; PIMENTA, F. M.; GUIMARAES, D. P. **Variação geográfica do tamanho dos módulos fiscais no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 199 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 146).

LARA CABEZAS, W. A. R.; ALVES, B. J. R.; CABALLERO, S. S. U.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1005-1013, 2004.

LARA CABEZAS, W. A. R. Manejo de gramíneas cultivadas em forma exclusiva e consorciada com *Brachiaria ruziziensis* e eficiência do nitrogênio aplicado em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p.130- 145, 2011.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 481-487, 1997

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNODÔRF, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 14, n. 1, p. 363-376, 2000.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 110 p.

MACHADO, J.A.; BRUM, A.C.R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 2, p. 81-84, 1978.

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

MALAVOLTA, E. Adubos nitrogenados. In: _____. **Abc da adubação**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. p. 26-39.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas**: amostragem, interpretação e sugestões de adubação. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124 p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

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

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. **Cultivo do milho**: ecofisiologia. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/ecofisiologia.htm>. Acesso em: 27 dez.. 2015.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). ANEXO à IN SDA 13, de 25/03/2011. **Protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica de cepas, inoculantes e tecnologias relacionado ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/>>. Acesso em: 22 de nov. 2015.

MARASCA, I.; MEDEIROS, L. C.; ARAÚJO, M.J.; PERIN, A.; OLIVEIRA, C.A.A. Teores e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio e decomposição da biomassa de braquiária em sistema Santa Fé. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-9, 2011.

MARCELO, A.V.; CORÁ, J.E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. II. Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, p.1568-1582, 2012.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

MARKS, B. B.; BANGEL, E. V.; TEDESCO, V.; DA SILVA, S. L. C.; FERREIRA, S. B.; VARGAS, R.; SILVA, G. M. Avaliação da sobrevivência de *Bradyrhizobium* spp em sementes de soja tratadas com fungicidas, protetor celular e inoculante. **Revista Internacional de Ciências**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 43-51, 2013.

MARIN, V.A.; BALDANI, V.L.D.; TEIXEIRA, K.R.S.; BALDANI, J.I. **Fixação biológica de Nitrôgeno: Bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura tropical**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 34 p.

MARINI, D.; GUIMARÃES, V. F.; DARTORA, J.; LANA, M. D. C.; PINTO JÚNIOR, A. S. Growth and yield of maize hybrids in response to association with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization. **Revista Ceres**, São Paulo, v. 62, n. 1, p. 117-123, 2015.

MARTINEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, L.; MERCANTE, F.M.; FRANCO, A.A.; GRAHAM, P.; PARDO, M.A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. Trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, London, v. 41, p. 417-426, 1991.

MARTINS, F. A. D.; ANDRADE, A. T.; CONDÉ, A. B. T.; GODINHO, D. B.; CAIXETA, C. G.; COSTA, R. L.; POMELA, A. W. V; SOARES, C. M. S. Avaliação de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 103-110, 2012.

MAZZUCHELLI, R.C. L.; SOSSAI, B. F.; ARAÚJO, F. F. Inoculação de *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 10, n. 2, p. 40-47, 2015.

MELLO, L. M. M.; YANO, E. H.; NARIMATSU, K. C. P.; TAKAHASHI, C. M.; BORGHI, E. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 121-129, 2004.

MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B.; MORAES, C. B.; HUNGRIA, M. **Inoculação do feijoeiro em Unai, MG: cartilha para o produtor rural**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2007. 16p. (Embrapa Cerrados Documentos, 175).

MENDONÇA, V.Z.; MELLO, L.M.M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C.M.; YANO, E.H.; PEREIRA, F.C.B.L.; Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 1, p.183-193, 2015.

MIRANDA, R. A.; LÍCIO, A.M.A. **Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 102p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518- 4277; 168).

MONTANARI, R.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; DLACHIAVON, F. C.; LOVERA, L. H.; HONORATO, M. A. O. Aspectos da produtividade do feijão correlacionados com atributos físicos do solo sob elevado nível tecnológico de manejo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.34, n.6, p.1811-1822, 2010.

MORAES, M.H. **Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e no desenvolvimento do sistema radicular de plantas de soja**. Piracicaba, 1988. 105p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

MOREIRA, S. G.; LUPP, R. M.; LIMA, C. G. D.; MARUCCI, R. C.; RESENDE, Á. V. D.; BORGES, I. D. Massa seca e macronutrientes acumulados em plantas de milho cultivadas sob diferentes espécies de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 218-231, 2014.

MOREIRA, B. L.; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M. B.; BORGES, I.; KONDO, M. K. Desempenho agrônômico do feijoeiro com doses de nitrogênio em semeadura e cobertura. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.8, p.818–823, 2013.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2006. 729 p.

MOSTASSO, L.; MOSTASSO, F.L.; DIAS, B.G.; VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. Selection of bean (*Phaseolous vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.73, p.121-132, 2002.

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.

NICHOLLS, C.; ALTIERI M. Agro-ecological approaches to enhance resilience. **Farming Matters**, Amersfoort, v. 28, p. 14, 2012.

NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Oportunidades e ameaças à contribuição da fixação biológica de nitrogênio em leguminosas no Brasil. In: IBEROAMERICAN CONFERENCE ON BENEFICIAL PLANT-MICROORGANISM-ENVIRONMENT INTERACTIONS, MICROORGANISMS FOR FUTURE AGRICULTURE, 2013, Sevilla. **Anais...** Sevilla: [s. n.], 2013.

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

OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015). **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**. [S. l.]: OECD Publishing, 2015.
DOI:http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en.

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. **ASM News**, Materials Park, v. 63, p. 364-370, 1997.

OLIVEIRA, E. F. Eficiência do modo de aplicação do sulfato de amônio e uréia nas culturas de milho e algodão. In: ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Resultados de pesquisa 1/95**. Cascavel: Ocepar, 1995. p. 40-46.

OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 245-256.

OLIVEIRA, I.P. de; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.169-221.

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S.; Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.

OLIVEIRA, J. B.; MONIZ, A. C. Levantamento pedológico detalhado da estação experimental de Ribeirão Preto, SP. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 34, p. 59-114, 1975.

OLIVEIRA, A. P. P.; OLIVEIRA S. W.; JUNIOR B. W. **Produção de forragem e qualidade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e fertilizada com nitrogênio**. São Carlos: EMBRAPA, 2007.

ORZOLEK, M. D. Establishment of vegetables in the field. **HortTechnology**, Alexandria, v. 1, n. 1, p. 78-81, 1991.

PACHECO, L.P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O. de A.; ASSIS, R.L.; COBUCCI, T.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 17-25, 2011.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n.5, p.1777-1785, 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.

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.

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 219-226, 2009.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 52-60, 2003.

PEREIRA, P. A. A.; BRAIDOTTI, W. Comparação de métodos de melhoramento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para o incremento da fixação simbiótica de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 1, p. 15-21, 2001.

PEREIRA, P. A. A.; DÖBEREINER, J.; NEYRA, C. A. Nitrogen assimilation and dissimilation in five genotypes of *Brachiaria* spp. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 59, n. 6, p. 1050-1055, 1981.

PERES, A.R.; RODRIGUES, R.A.F.; PORTUGAL, J.R.; ARF, O.; FRANCO, A. A. Doses de Inoculante contendo *Azospirillum brasilense* via foliar e doses de nitrogênio em cobertura em milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 22., 2013, Dourados. **Anais...** Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2013. p. 01-06.

PEREZ, A. A. G.; SORATTO, R. P.; MANZATTO, N. P.; SOUZA, E. D. F. C. Extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro adubado com nitrogênio, em diferentes tempos de implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 1276-1287, 2013.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; GUSMÃO, L. A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milho solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 2, p. 274-281, 2010.

PESSOA, A.C.S.; LELLING, C.R.S.; POZZEBON, E.J.; KONIG, O. O. Concentração e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo feijoeiro cultivado sob níveis de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 69-74, 1996.

PETEAN, L. P.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J. Intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 1515-1526, 2010.

PIMENTEL-GOMEZ, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PORTUGAL, J.R.; ARF, O.; LONGUI, W.V. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense* Via Foliar Associada à Doses de Nitrogênio em Cobertura na Cultura do Milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 1413-1419.

PORTUGAL, J.R.; ARF, O.; PERES, A.R. et al.; FRANCO, A. A.; GITTI, D. C. Inoculação Via Foliar com *Azospirillum brasilense* associada a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho safrinha. In: XXII SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 2013, Dourados. **Anais...** Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2013. p. 01-06.

POTT, C. A.; DE MARIA, I. C. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n.1, p.19-27, 2003.

PUENTE, M. L.; GARCÍA, J. E.; ALEJANDRO, P. Effect of the Bacterial Concentration of *Azospirillum brasilense* in the Inoculum and its Plant Growth Regulator Compounds on Crop Yield of Mayze(*Zea mays* L.) In the Field. **World Journal of Agricultural Sciences**, Dubai, v. 5, n. 5, p. 604-608, 2009.

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

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. D.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. v. 285.

RAIMONDI, M. et al. Controle e reinfestação de plantas daninhas com associação de amonio-glufosinate e pyriithiobacsodium em algodão Liberty Link®. **Revista Brasileira Herbicidas**, Viçosa, v. 11, n. 2, p. 159-173. Disponível em: <[http:// www.rbherbicidas.com.br /index.php/rbh/article/view/178](http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/178)>. Acesso em: 22 jul. 2013.

REICHERT, J.M.; KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; RIQUELME, U.F.B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 3, p. 310-319, 2009.

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

REIS, V.M; BALDINI, J.I; BALDINI, V.L.D; DOBEREINER, J. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm Trees. **CRC Criticai Review in Plant Science**, New York, v. 19, p. 227-247, 2000.

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

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

REMANS, R.; RAMAEKERS, L.; SCHELKENS, S.; HERNANDEZ, G.; GARCIA, A.; REYES, J.L.; MENDEZ, N.; TOSCANO, V.; MULLING, M.; GALVES, L.; VANDERLEYDEN, J. Effect of *Rhizobium*–*Azospirillum* coinoculation on nitrogen fixation and yield of two contrasting *Phaseolus vulgaris* L. genotypes cultivated across different environments in Cuba. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 312, p. 25-37, 2008.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J. D.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2014.

REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C.; FRIZZONE, J. A. Função de produção da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade de aplicação de água. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 503-511, 2004.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: POTAFÓS, 2003. 20 p. (Informações Agronômicas, 103).

RODRIGUES, J. A. S.; PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivo do milheto**: cultivares. 2. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistema de Produção, 3).

ROESCH, L. F. W.; PASSAGLIA, L. M. P.; BENTO, F. M.; TRIPLETT, E. W.; CAMARGO, F. A. O. Diversidade de bactérias diazotróficas endofíticas associadas a plantas de milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 1367-1380, 2007.

RUFINI, M.; FERREIRA, P. A. A.; SOARES, B. L.; OLIVEIRA, D. P.; ANDRADE, M. J. B DE; MOREIRA, F. M. DE S. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n.1, p.81-88, 2011.

SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; FERREIRA, J. P. Adubação nitrogenada em feijoeiro em sucessão a cultivo solteiro e consorciado de milho e *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, Goiânia, v. 43, n.3, p. 292-299, 2013.

SABUNDJIAN, M. T.; Arf, O.; TARSITANO, M. A. A.; KANEKO, F. H.; CORSINI, D. C. D. C. Análise econômica da adubação nitrogenada em feijoeiro de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 349-356. DOI: 10.1590/S1983-40632014000400005, 2014.

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

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. Milheto: uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 45, p. 41-43, 1998.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L.; HEBERLE, P.C. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, p. 861-869, 2001.

SANS, L. M. A.; GUIMARÃES, D. P. Cultura do milho: Zoneamento agrícola. (Versão eletrônica). Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. D. C. S.; HERBERT, J.; VIANA, M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no Cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 6, p. 1855-1861, 2014.

SANTOS, F. C.; COELHO, A. M.; RESENDE, A. V.; ASSIS, R. L. **Cultivo do milheto: fertilidade de solos**. 2. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010a. (Sistema de Produção, 3).

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. & MELO, M.L.B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Viçosa, MG, v. 38, n. 11, p. 1265-1271, 2003.

SANTOS, P. A.; SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 123-134, 2010b.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um latossolo vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Viçosa, MG, v. 43, n. 1, p.115-122, 2008.

SATO, J. H.; FIGUEIREDO, C. C. de; LEÃO, T. P.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E.. Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 189–193, 2012.

SCHIAVO, J. A.; COLODRO, G. Agregação e resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 3, p. 406-412, 2012.

SCHULTZ, N.; MORAIS, R. F.; SILVA, J. A.; BAPTISTA, R. B.; OLIVEIRA, R. P.; LEITE, J. M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JUNIOR, J. B.; ALVES, B. J. R.; BALDANI, J. I.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Avaliação agronômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 2, p. 261-268, 2012.

SILVA, T. R. B. **Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema de plantio direto**. 2002. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.

SILVA, P. R. A.; BENEZ S. H.; JASPER, S. P.; SEKI, A. S.; MASIERO, F. C.; RIQUETTI, N. B. Semeadora-adubadora: mecanismos de corte de palha e cargas verticais aplicadas. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 12, p. 1367-1373, 2012.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; TAVARES, C. A. Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 5, p. 739-745, 2006.

SILVA, E.F. da; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F. de; MERCANTE, F.M.; RODRIGUES, E.T.; VITORINO, A.C.T. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada a exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 68, p. 443-451, 2009.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; ESPINAL, F. S. C.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 2853-2861, 2008.

SILVA, J. F. da; NETO NETO, A. L.; SANTOS, A. D.; CECCON, G. Morfofisiologia de milho safrinha em espaçamento reduzido e consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 21, p. 259-267, 2013.

SILVA, P.I.B.; FONTES, D.; MORAES, H.; GONÇALVES, V.; SILVA, D. Crescimento e rendimento do milho e da braquiária em sistema consorciado com diferentes manejos de plantas daninhas. **Planta daninha**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 301-309, 2014.

SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; COSER, R. P.S.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L.; SILVA, A. A. Grain yield and kernel crude protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dresses. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p.4 87- 492, 2005.

SILVEIRA, P.M. da; BRAZ, A.J.B.P.; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Viçosa, MG, v. 40, n. 4, p.377-381, 2005.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JÚNIOR, R. **Trabalhador no cultivo de grãos e oleaginosas: Máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema de plantio direto**. Curitiba: SENAR-PR. 2004. 88 p.

SOARES, A.L. de L.; FERREIRA, P.A.A.; PEREIRA, J.P.A.R.; VALE, H.M.M. do; LIMA, A.S.; ANDRADE, M.J.B. de; MOREIRA, M. de S. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG): II - feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 803-811, 2006.

SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C. de; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 259-266, 2006.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.

SORATTO, R. P. CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. D.; FERRARI NETO, J.; CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, p. 1462-1470, 2012.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; PILON, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v. 48, n. 10, p. 1347-1355, 2013

SOUSA, D.M.G., LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: [s. n.], 2004. 416 p.

SOUSA, J. P. S.; OLIVEIRA, JR. L. F. G.; FAGUNDES, J. L.; SILVA LIMA, T. Métodos de implantação de *Brachiaria* ssp. em consórcio com milho verde = Deployment methods of *Brachiaria* SP. in consortium with green mayze. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 875-882 2015.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 18-23, 2003.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 4, p. 370-377, 2011.

SOUZA, E. de F.C. de; SORATTO, R.P. Adubação nitrogenada no feijoeiro após milho safrinha consorciado com *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis*. **Semina: Ciências Agrárias**, Helsinki, v.33, p.2669-2680, 2012.

SPRENT, J.I.; SPRENT, P. **Nitrogen fixing organisms**. 2. ed. London: Chapman and Hall, 1990. 256 p.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 122-153.

TORMENA, C.A.; ARAUJO, M.A.; FIDALS KI, J.; COSTA, J.M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 211-219, 2007.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, p. 573-581, 1998.

TSUMANUMA, G. M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de brachiarias, em Piracicaba, SP**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **View interactive global map of mayze production and trade**. Washington: USDA, 2015. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/grain/circular/2009/10-09/graintoc.asp>>. Acesso em: 12 out. 2015.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 191-196, 2009.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; 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.

VIEIRA, M. L.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1271- 1280, 2007.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 600 p.

VILHORDO, B. W. Feijão, aspectos nutricionais. **IPAGRO Informa**, The Hague, v. 30, n. 7-8, 1988.

VITTI, G.C.; TEIXEIRA, L.H.B.; BARROS JÚNIOR, M.C. Diagnóstico da fertilidade do solo e adubação para alta produtividade de milho. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). Milho: estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba: Esalq, 2003. p.174-197.

VOGEL; G. F.; MARTINKOSKI, L.; MARTINS, P. J.; BICHEL, A. Desempenho agrônomo de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 6, n. 3, p. 567-578, 2013.

VOGEL, G.; MARTINKOSKI, L.; RUZICKI, M. Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poáceas forrageiras: Importâncias e resultados. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 1, p. 01-06, 2014.

VOLPIN, H.; KAPULNIK, Y. Interaction of *Azospirillum* with beneficial soil microorganisms, p. 111–118. In Y. Okon (ed.), *Azospirillum/plant associations*. **CRC Press, Boca Raton**, Fla. 23, 1994.

WANG, G.; KANG, M. S.; MORENO, O. Genetic analyses of grain-filling rate and duration in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 61, n. 3, p. 211-222, 1999.

WANDER, A. E.; RAMALHO, M. A. P.; ANDRADE, M. J. B. de. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na região sul de Minas Gerais**. Brasília: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 2 out. 2015.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 891-900, 2004.

WOLFF, A.B.; STREIT, W.; KIPE-NOLT, J.A.; VARGAS, H.; WERNER, D. Competitive -ness of *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli strains in relation to environmental stress and plant defense mechanisms. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 12, n.3, p. 170-176, 1991.

YADEGARI, M.; RAHMANI, H.A.; NOORMOHAMMADI, G.; AYNEBAND, A. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 33, p. 1733-1743, 2010.

ZIMMERMANN, M.J.O.; TEIXEIRA, M. G. 1988. Origem e evolução. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M. & YAMADA, T. (Eds.) **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p. 79-85.

APÊNDICE I – FOTOS DA ÁREA EXPERIMENTAL
--Inoculação de *Azospirillum brasilense* no consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis*--

Figura 9. Aspecto geral da área no dia da coleta de solo para análise química e física em agosto de 2011. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 10. Aspecto geral da área no dia da aplicação do calcário aplicado dia 06/09/2013 e semeadura do milheto – 09/09/2013. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 11. Detalhe da cultura do milheto aos 43 dias após a emergência – 28 e 29/10/2013. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 12. Aspecto geral da área durante a passagem do desintegrador mecânico na área – 11/11/2013. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 13. Aspecto geral da área no dia da semeadura de milho (mecanizada) e *Urochloa* (matraca). Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 14. Aspecto geral da área – Parcela consorciada de milho + *Urochloa* – 06/12/2013. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 15. Aspecto geral da área – Parcelas de milho e *Urochloa* solteiros respectivamente – 06/12/2013. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 16. Aspecto geral da coleta de folhas para determinação de N foliar – 06/01/2014. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 17. Aspecto geral da área – Coleta de plantas para determinação de massa seca – 07/01/2014. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 18. Aspecto geral da área – Coleta altura de plantas e altura de inserção de espiga. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 19. Detalhe das plantas secas no galpão e cortadas para colocá-las na estufa 14/01/2014. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 20. Aspecto geral da área parcelas de milho consorciada com *Urochloa* – 11/03/2014. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 21. Detalhe dos sacos com a colheita de milho e a trilha mecânica do material no galpão aos 128 DAE – 26/03/2014. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 22. Detalhe da produção trilhada no campo – 26/03/2014. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 23. Parcela de consórcio entre milho e *Urochloa* após a colheita – 08/04/2014. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 24. Detalhe da área no momento da passagem do desintegrador mecânico. Selvíria – MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 25. Coleta de matéria seca de cada parcela para determinação de massa de cobertura vegetal + N,P,K na cobertura vegetal final. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 26. Detalhe do material coletado nos sacos de papel identificados e levados à estufa para secar e realizar a pesagem. Selvíria - MS



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 27. Coberturas vegetais retiradas da estufa, pesadas e moídas para determinação de macronutrientes. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 28. Amostras moídas são pesadas para digestão sulfúrica (determinação de N). Ilha Solteira (SP).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 29. Destilador (esquerda) e titulador (direita) para determinação de N. Ilha Solteira (SP).



Fonte: Elaboração do autor.

APÊNDICE II – FOTOS DA ÁREA EXPERIMENTAL
--Efeito residual de coberturas vegetais inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense*
associados à adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro de inverno –

Figura 30. Aspecto geral do tratamento de sementes e colocação na semeadura adaptada ao plantio direto – 07/05/2014. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 31. Aspecto geral da área no momento da semeadura do feijão – 07/05/2014 – Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 32. Detalhe da emergência das plantas 15 DAE – 27/05/2014. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 33. Detalhe da emergência das plantas 15 DAE – 27/05/2014. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 34. Detalhe da emergência das plantas 15 DAE – 27/05/2014. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 35. Aspecto geral da adubação nitrogenada na fase V₄₋₄ – 06/2014. Selvíria/MS.



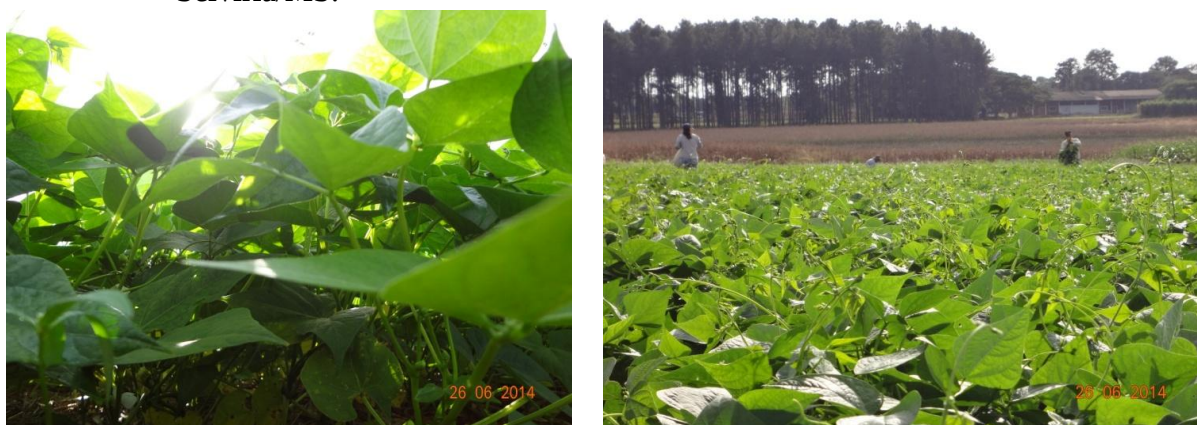
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 36. Aspecto geral do experimento aos 31 DAE – 13/06/2014. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 37. Detalhe da coleta das plantas no florescimento pleno 44 DAE – 26/06/2014. Selvíria/MS.



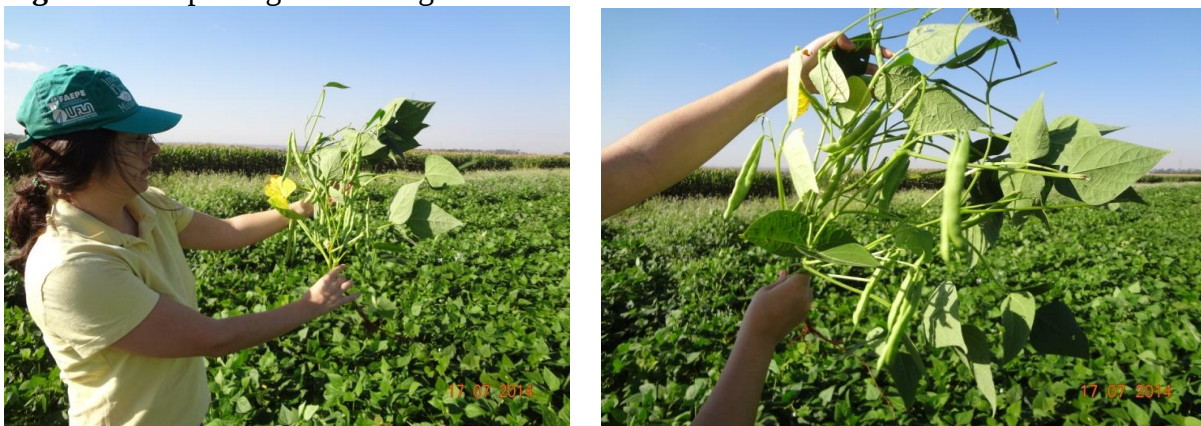
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 38. Detalhe dos sacos com as plantas antes da colocação na estufa. 26/06/2014. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 39. Aspecto geral das vagens aos 65 DAE– 17/07/2014. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 40. Aspecto geral da cultura aos 86 DAE – Detalhe da Maturação das vagens – 07/08/2014. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 41. Detalhe da Palha no solo e grãos na vagem – 07/08/2014. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 42. Aspecto geral da área no dia da colheita aos 93 DAE. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 43. Colheita da cobertura vegetal (após a colheita da área útil) e secagem das plantas de feijão respectivamente 19/08/2014. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 44. Contagem do número de vagens por planta. 18/08/2014. Selvíria (MS).



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 45. Trilha mecânica das parcelas. 25/08/2014. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 46. Determinação de produção, massa de 100 grãos e umidade. Selvíria/MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 47. Contador Mecânico de grãos para determinação de grãos por vagem.



Fonte: Elaboração do autor.