



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

LETÍCIA ZYLMENNITH DE SOUZA SALES

**MOMENTOS DE REINOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* NO
FEIJOEIRO NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Ilha Solteira

2020

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LETÍCIA ZYLMENNITH DE SOUZA SALES

**MOMENTOS DE REINOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* NO
FEIJOEIRO NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Orivaldo Arf

Orientador

Ilha Solteira

2020

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S163m Sales, Leticia Zylmennith de Souza.
Momentos de reinoculação de *Rhizobium tropici* no feijoeiro na implantação de sistema plantio direto / Leticia Zylmennith de Souza Sales. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
61 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2020

Orientador: Orivaldo Arf
Inclui bibliografia

1. *Phaseolus vulgaris* (L). 2. Fixação biológica de nitrogênio. 3. Reinoculação. 4. Coinoculação. 5. Feijão de inverno.


Raiane da Silva Santos

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: *Momentos de reinoculação de Rhizobium tropici em feijoeiro na implantação do sistema plantio direto*

AUTORA: LETICIA ZYLMENNITH DE SOUZA SALES

ORIENTADOR: ORIVALDO ARF

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra 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 - UNESP



Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

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



Prof. Dr. LEANDRO BARRADAS PEREIRA

Coordenadoria do Curso de Agronomia / Fundação Educacional de Andradina - FEA

Ilha Solteira, 27 de fevereiro de 2020

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

LETÍCIA ZYLMENNITH DE SOUZA SALES – Filha de Marli Sousa e Domingos Sousa Filho, nasceu em 17 de agosto de 1993 na cidade de Imperatriz, estado do Maranhão, Brasil, onde cursou o ensino fundamental e ensino médio. Em agosto de 2017 obteve o título de Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Acreditando que a educação sempre será o melhor investimento que alguém pode fazer por si e pela sociedade, iniciou em março de 2018 o curso de Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção, vinculado ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, concluindo-o em fevereiro de 2020.

Deus, minha bússola, mentor e protetor.

Aos meus pais pelo suporte, apoio e amor incondicional.

Ao meu noivo Igor Lopes pelo amor, paciência, zelo e total apoio em minhas metas.

Aos verdadeiros amigos que me incentivaram a continuar e comemoram comigo minhas
conquistas como se fossem deles.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar sempre a Deus, pois a Ele atribuo a minha existência, a minha saúde e a minha força de vontade. Agradeço por me permitir chegar até aqui e concluir mais uma etapa de seu projeto para minha vida, por todas as pessoas, escolhidas a dedo, que colocou em meu caminho para que essa conquista fosse alcançada, a Ti agradeço meu Pai.

Aos meus pais Marli Sousa e Domingos Sousa Filho que, desde a minha infância, frisaram que a educação era o único bem que eles poderiam me dar e ninguém seria capaz de me roubar. A eles que sempre me apoiaram e incentivaram, não apenas financeiramente, mas me impulsionando a continuar e fazer o melhor que estivesse ao meu alcance. A eles que são dois exemplos para mim, pelas suas respectivas histórias de vida, e a quem desejo proporcionar uma velhice confortável.

Ao meu noivo e melhor amigo Igor Lopes pelo amor, paciência e por sempre me incentivar a sonhar e voar mais alto, sei que muitas vezes renunciou minha presença ou algum desejo pessoal para me ajudar realizar o meu sonho.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (SP), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – FEIS/UNESP, pela oportunidade de fazer parte dessa instituição e por essa conquista profissional, o título de Mestre em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Sistemas de Produção).

Ao professor Dr. Orivaldo Arf, porque acreditou em mim, antes mesmo de me conhecer, pela paciência, pelo apoio em campo, por ser esse exemplo de ser humano e de profissional em quem hoje me espelho e espero ser um dia para com meus futuros orientados, um agradecimento especial por ser um profissional melhor do que imaginei quando o sugeri, no processo seletivo, como orientador.

Aos convidados Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho e Prof. Dr. Leandro Barradas Pereira, que irão compor a banca examinadora, pelas suas disponibilidade, contribuições e sugestões quanto ao trabalho apresentado.

A todos os professores que fazem/fizeram parte do programa de Sistemas de Produção da UNESP/FEIS, pois contribuíram grandemente na minha formação acadêmica, também pela dedicação e disponibilidade àqueles que puderam contribuir, também, com o meu trabalho, um agradecimento especial: Dr. Edson Lazarini, Dra. Ana Maria R. Cassiolato, Dr. Marcos Eustáquio de Sá, Dr. Marcelo Andreotti, MSc. Evandro Pereira Prado, Dra Liliane Santos de Camargo e Dra Glaucia Amori Faria.

Aos funcionários do departamento DFTASE e da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da FEIS/UNESP, pelo auxílio nos trabalhos de campo, pois também foram fundamentais para realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001, à concessão de bolsa de estudo no primeiro ano de mestrado.

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – processo nº 2018/16996-1 , pela bolsa de estudo concedida.

À Fazenda de Ensino e Pesquisa e Extensão, assim como a todos os funcionários, pela concessão da área experimental e condições para a realização do trabalho.

Aos meus amigos Juliane, Andréa, Nathália, Paulo, Gabriela, Gabriele, Pâmela, Jerlane, Camila, Eva, Renatha, Shellry e Vaniele que, mesmo distantes fisicamente, sempre torceram por mim e me incentivaram em meus sonhos.

Aos amigos que conheci em Ilha Solteira: Lucas, Nayara, Fernando, Sheury, Izabela, Emariane, Nathalia, Nayane, Lara e Natasha, que me ajudaram e, de diferentes maneiras, contribuíram para realização desde trabalho.

A meu irmão Glaubert, cunhada Bruna, e minha prima Victoria que torceram por mim e acreditaram que esse sonho seria possível, também pelo carinho, amor e dedicação.

A todos que não foram citados e, de maneira direta ou indireta, contribuíram para realização deste trabalho.

Muito obrigada!

Ilha Solteira, São Paulo,

Fevereiro de 2020.

Leticia Zylmennith de Souza Sales

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.”

(Robert Collier)

RESUMO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), no Brasil, é uma cultura de relevância econômica-social que, além de viável a produção em diferentes níveis tecnológicos, compõe a alimentação básica diária brasileira, sendo o estado nutricional das plantas, um dos fatores mais limitantes à produtividade. Para nutrição de plantas, no feijoeiro é possível valer-se da fixação biológica de nitrogênio (FBN), alternativa mais barata e sustentável, permitindo a redução do uso do fertilizante mineral. Porém, em decorrência da menor especificidade bactéria/planta, a FBN não supre toda a demanda nutricional da cultura, sendo necessário a complementação com outras fontes de N. O objetivo do trabalho foi avaliar, em feijão de inverno, a possibilidade de fornecimento de N por um maior período, mediante formação de novos nódulos, por meio da reinoculação de *Rhizobium tropici* em dois estádios de desenvolvimento (V₄ ou R₅) em área de implantação de sistema de plantio direto. O experimento foi conduzido, no período de outono-inverno de 2018 e 2019, no município de Selvíria (MS), em um solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso. Os tratamentos foram dispostos no delineamento experimental de blocos casualizados, em parcelas subdivididas (5x3) com quatro repetições, as parcelas foram constituídas pelas formas de manejo envolvendo adubação nitrogenada, inoculação e coinoculação (Inoculação com *Rhizobium tropici* nas sementes, Inoculação com *Azospirillum brasilense* nas sementes, Coinoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* nas sementes, Ausência de inoculação nas sementes + Adubação em cobertura com 90 kg ha⁻¹ de N “ureia”, Ausência adubação em cobertura + Ausência de inoculação nas sementes) e as subparcelas pelos três momentos de reinoculação com *R. tropici* (Sem reinoculação, Reinoculação em V₄, Reinoculação em R₅). A adubação mineral em cobertura de 90 kg ha⁻¹ de N e inoculação com *A. brasilense* nas sementes incrementou massa seca de parte aérea e massa seca de raiz. Os tratamentos com adubação mineral em cobertura de 90 kg ha⁻¹ de N e coinoculação incrementaram em massa de 100 grãos em 2018. A ausência de reinoculação (testemunha), apresentou maior teor de N nos grãos. A inoculação e coinoculação proporcionaram rendimentos significativos semelhantes à adubação em cobertura de 90 kg ha⁻¹. A adubação mineral de 90 kg ha⁻¹ de N reduziu o número e massa seca de nódulos enquanto a inoculação com *R. tropici* ou *A. brasilense* e coinoculação assegurou maior número de nódulos e massa seca de nódulos em R₅ e R₇.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* (L). Fixação biológica de nitrogênio. Reinoculação. Coinoculação. Feijão de inverno.

ABSTRACT

In Brazil, the common beans (*Phaseolus vulgaris* L.), is a culture of economic and social relevance that, can be viable to produce at different technological levels, is part of the Brazilian basic daily nutrition, and the plants nutritional status is one of the factors more limiting to yield. For plant nutrition, in common beans it is possible to use biological nitrogen fixation (FBN), a cheaper and more sustainable alternative, allowing a reduction in the use of mineral fertilizer. However, due to the lower bacterial / plant specificity, FBN does not meet all the nutritional demand of the crop, being necessary the complementation with other N sources. The work aimed to evaluate, in winter beans, the possibility of supplying N for a longer period, through the formation of new nodules, through the reinoculation of *Rhizobium tropici* in two development stages (V₄ or R₅) in an area of implementation of no-tillage system. The experiment was carried out, in the autumn-winter period of 2018 and 2019, in Selvíria (MS), in a soil classified as a typical clayey dystrophic RED LATOSOL. The treatments were arranged in a randomized block design, in split plot (5x3) with four replications, the plots were constituted by the forms of management involving nitrogen fertilization, inoculation and co-inoculation (Inoculation with *Rhizobium tropici* in the seeds, Inoculation with *Azospirillum brasilense* in the seeds, Co-inoculation with *R. tropici* + *A. brasilense* in the seeds, absence of inoculation in the seeds + topdressing fertilization with 90 kg ha⁻¹ of N "urea", absence of topdressing fertilization + absence of inoculation in the seeds) and the subplots by the three moments of reinoculation with *R. tropici* (Without reinoculation, Reinoculation in V₄, Reinoculation in R₅). Topdressing mineral fertilization of 90 kg ha⁻¹ of N and inoculation with *A. brasilense* in the seeds increased dry mass of aerial part and dry mass of root. The treatments with mineral fertilization in topdressing of 90 kg ha⁻¹ of N and co-inoculation increased in mass of 100 grains in 2018. The absence of reinoculation (control), showed a higher N content in the grains. Inoculation and co-inoculation provided significant yields similar to topdressing fertilization of 90 kg ha⁻¹. The topdressing fertilization of 90 kg ha⁻¹ of N reduced the number and dry mass of nodules while the inoculation with *R. tropici* or *A. brasilense* and co-inoculation ensured a greater number of nodules and dry mass of nodules in R₅ and R₇.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* (L). Biological nitrogen fixation. Reinoculation. Co-inoculation. Winter common bean.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Dados de temperatura do ar máxima e mínima e precipitação pluvial em 2018. Selvíria, MS, Brasil, 2018.....	27
Figura 2-	Dados de temperatura do ar máxima e mínima e precipitação pluvial em 2019. Selvíria, MS, Brasil, 2019.....	27
Figura 3-	Tratamento químico de sementes, Selvíria (MS), 2018 e 2019.....	59
Figura 4-	Observação da presença de nódulos em plantas em estágio R ₅ , Selvíria (MS), 2018 e 2019.....	59
Figura 5-	Visão geral das parcelas de feijão em estágio V ₄ , Selvíria (MS), 2018 e 2019.....	60
Figura 6-	Coleta de massa fresca de feijoeiro em pleno florescimento, Selvíria (MS), 2018 e 2019.....	60
Figura 7-	Leghemoglobina ativa (vermelho) e inativa (verde) em nódulos de feijão Selvíria (MS), 2018 e 2019.....	60
Figura 8-	Reinoculação de <i>R. tropici</i> em feijão de inverno no estágio V ₄ , Selvíria (MS), 2018 e 2019.....	61
Figura 9-	Coleta de três plantas por unidade experimental que foram realizadas nos estádios R ₅ e R ₇ para avaliação de número, viabilidade e massa seca de nódulos, Selvíria (MS), 2018 e 2019.....	61
Figura 10-	Leitura indireta de clorofila por meio de clorofilômetro portátil, Selvíria (MS), 2018 e 2019.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Análise química do solo da área experimental.....	26
Tabela 2-	População inicial de plantas de feijão em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpes de <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> , Selvíria – MS, 2018 e 2019.....	34
Tabela 3-	Médias do número de nódulos por planta em R5 (NPR5), nódulos viáveis em R5 (NVR5 e matéria seca de nódulos em R5 (MSNR5) em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpes de <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> , Selvíria – MS, 2018 e 2019.....	35
Tabela 4-	Desdobramento da interação das médias da massa seca de nódulos por plantas entre momentos de reinoculação e manejos em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpes de <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> , Selvíria – MS, 2019.....	37
Tabela 5-	Médias do número de nódulos por planta em R7 (NPR7), nódulos viáveis em R7 (NVR7) e matéria seca de nódulos em R7 (MSNR7) em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpes de <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> , Selvíria – MS, 2018 e 2019.....	40
Tabela 6-	Médias de massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpes de <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> , Selvíria – MS, 2018 e 2019.....	42
Tabela 7-	Desdobramento da interação das médias da massa seca de parte aérea entre momentos de reinoculação e manejos em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpes de <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> , Selvíria – MS, 2018.....	43
Tabela 8-	Médias teor de N em parte aérea (TNPA), teor de N em grão (TNG) e leitura do clorofilômetro (CLORF) em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpes de <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> , Selvíria – MS, 2018 e 2019.....	45
Tabela 9-	Médias número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG) e produtividade (PROD) em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpes de <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> , Selvíria – MS, 2018 e 2019.....	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Aspectos gerais sobre feijoeiro	15
2.2	Sistema de Plantio Direto	18
2.3	Importância do N para o feijoeiro	19
2.4	Fixação Biológica de Nitrogênio	21
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Área experimental.....	26
3.2	Caracterização química do solo	26
3.3	Dados climáticos	26
3.4	Tratamentos e delineamento experimental.....	27
3.5	Implantação do experimento.....	28
3.6	Tratos culturais	29
3.8	Irrigação.....	30
3.9	Variáveis avaliadas	30
3.10	Análise estatística	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICE A – FOTOS DO EXPERIMENTO	59

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura agrícola de grande importância no contexto socioeconômico brasileiro, presente no prato típico diário e servindo como fonte de proteína acessível, também, como fonte de renda para pequenos e grandes produtores em distintos níveis tecnológicos e em diferentes regiões do país (FRANCISCON *et al.*, 2014).

Considerando as necessidades da cultura para produção agrícola, o nitrogênio (N) se destaca como um dos nutrientes mais limitantes à produtividade, cujo principal fornecimento, de maneira geral, ocorre por meio da adubação mineral. Essa possui a vantagem de estar em uma forma prontamente absorvível pela planta, com a ressalva de ser aplicada no momento, local e dose adequados, porém se manejado inadequadamente, além de possíveis contaminações ao meio ambiente, aumenta o custo de produção (PELEGRIN *et al.*, 2009).

Sabe-se que a atmosfera é composta por 78% de N, porém por suas moléculas estarem fortemente unidas por uma ligação covalente, não é absorvido diretamente pelas plantas. Entretanto, é conhecida a capacidade de alguns microrganismos capturar esse N e transformá-lo de maneira que, em uma associação simbiótica, é disponibilizado em forma de amônio às plantas e esta, por sua vez, permuta por fotoassimilados aos microrganismos (BRANDELERO; PEIXOTO; RALISCH, 2009).

Bactérias do gênero *Rhizobium* têm capacidade de infectar o sistema radicular do feijoeiro e promover a formação de nódulos, que são as estruturas onde apresentarão condições ideais para desempenho de suas funções. Este processo, denominado fixação biológica de nitrogênio (FBN), tem eficiência inibida quando na presença de fertilizantes minerais nitrogenados, pois é descartada a necessidade do gasto energético que demanda e a planta deixa de contribuir na simbiose (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007)

Mercante (2006) avaliou inoculação com *Rhizobium tropici* em diferentes doses de adubação nitrogenada (20 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ em cobertura) em diferentes cultivares de feijoeiro comum. Quando apenas inoculado com *R. tropici*, proporcionou maior nodulação, maior teor de nitrogênio foliar e maior produtividade do feijoeiro comparado aos tratamentos não inoculado e adubado com N mineral.

Pelegrin *et al.* (2009) compararam inoculação com *R. tropici*, testemunha e quatro doses de N (20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹) e, o tratamento inoculado + 20 kg ha⁻¹ de N

diferiu apenas do tratamento adubado com 160 kg ha⁻¹ de N, em que o uso de 160 kg ha⁻¹ de N representou um custo total de adubação maior em R\$ 341,00 por hectare e um acréscimo na receita líquida de, apenas, R\$11,00 por hectare.

Além da inoculação, na literatura encontra-se trabalhos que relatam as contribuições do uso de bactérias do gênero *Rhizobium*, em conjunto, com bactérias do gênero *Azospirillum*, técnica denominada por coinoculação, em que a espécie *A. brasilense*, além de fixar N, tem potencial de induzir à produção de fitormônios e incrementar no volume e tamanho radicular, contribuindo na nutrição das plantas por meio da maior superfície de absorção.

Meireles *et al.* (2014) verificaram com a coinoculação de *A. brasilense* e *R. tropici* em feijão irrigado, efeito promissor no aporte e uso de N, e média de produtividade maior que os tratamentos adubados com fertilizante mineral ou inoculado com *R. tropici*. Outros trabalhos reportaram diferenças significativas de ganho em produtividade ao comparar a coinoculação com adubação recomendada nas condições experimentais (MACEDO *et al.*, 2015)

A FBN já é aplicada de maneira eficiente no meio agrícola em culturas como a soja, por exemplo, cuja relação bactéria-planta é tão íntima que a demanda de N consegue ser suprida em totalidade durante todo o ciclo da cultura. Em contrapartida, no feijão essa relação ainda não foi obtida, havendo declínio no fornecimento de N logo após o florescimento, conseqüentemente requer suplementação via fertilização mineral (FRANCISCON *et al.*, 2014).

O declínio no fornecimento de nitrogênio se dá pela queda da atividade da nitrogenase, conseqüentemente perda da viabilidade dos nódulos e perda da capacidade de continuar fornecendo N à planta. Visualmente esse processo pode ser determinado quando os nódulos progridem de uma coloração rosácea avermelhada para verde.

A reinoculação ou inoculação em cobertura pode se tornar uma alternativa para superar esse declínio da FBN, visando a promoção de uma nova população de nódulos que se mantenham ativos após o florescimento e fixando o N₂ atmosférico, desfazendo a necessidade de adubação em cobertura.

Posto isso, o trabalho teve por objetivo, avaliar a manutenção do fornecimento de N via FBN por meio da reinoculação com *R. tropici* em dois estádios de desenvolvimento do feijoeiro (V₄ ou R₅).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais sobre feijoeiro

As leguminosas, de forma geral, contribuem com um grande valor alimentar em diversos países, principalmente naqueles em desenvolvimento que, segundo Vieira (1988), pelo menos uma, dentre 20 espécies de leguminosas de grãos, é consumida como alimentação base. Estas são complementares aos cereais, no aspecto nutricional, sabido que enquanto a primeira apresenta um alto teor de lisina, os cereais, de forma geral, apresentam alto teor de aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), onde um não extingue a importância do outro na nutrição fisiológica humana (MOREIRA *et al.*, 2010).

O feijão, como supracitado, apresenta uma importância social como fator de segurança alimentar e cultural na culinária de muitos países (BARBOSA; GONZAGA, 2012). Isto é, para boa parte da população dos países em desenvolvimento, é tida como a principal fonte de proteína, carboidratos, fibras, minerais e nutrientes, sobretudo em países onde, por questões religiosas e/ou culturais, a aquisição de proteína animal é restrita.

No Brasil, principalmente, por questões de carência econômica, tornou-se constituinte da alimentação básica diária acompanhada do arroz, como resultado é consumida por 77% da população, sendo uma média 17 kg/hab⁻¹/ano⁻¹ (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA, 2018).

Vale ressaltar, também, os aspectos econômicos, uma vez que é possível o cultivo em diversos níveis tecnológicos agrícola, desde o grande produtor à agricultura familiar. Essa por sua vez, detentora da maior parcela produtiva agrícola do grão, cuja comercialização ocorre do excedente de produção pós-consumo (CONSELHO NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL-CONSEA, 2010).

O Brasil, apesar de ser um país de território extenso, em função do clima predominantemente tropical possibilita a condução de três safras distintas por ano agrícola: a “safra da seca” com semeadura de agosto a novembro, “safra das águas” com semeadura de dezembro a março e “safra de inverno” com semeadura de abril a julho.

Outro fator importante é a neutralidade foto periódica da cultura, desta forma o número de horas solares não interfere diretamente no desenvolvimento normal da planta. Sendo assim, em qualquer mês sempre haverá produção do grão em alguma região do país, fator que contribui diretamente para o abastecimento interno o ano inteiro (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

É importante ressaltar que o feijão consumido no Brasil nem sempre é o mesmo consumido em outros países (CONCKLIN, 1987) e que, até mesmo dentro do próprio território nacional, de acordo com o Estado ou região há uma grande diversificação de preferência dos tipos de grãos comercializados, principalmente quanto à forma, tamanho, cor e brilho.

Atualmente, em nível mundial e nesta ordem, os responsáveis por 56,99% do total produzido no mundo são Myanmar, Índia, Brasil, Estados Unidos, México e Tanzânia, que corresponde a 15,3 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2019). De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2018), na safra 2018 a produção agrícola nacional atingiu cerca de 3,39 milhões de toneladas com uma produtividade média de 1047 kg ha⁻¹, abrangendo as três safras anuais.

Esse valor é considerado baixo, levando em consideração que no mercado encontram-se cultivares com capacidade produtiva acima de 3000 kg ha⁻¹, porém atribui-se ao uso de tecnologias mais simples por parte dos pequenos agricultores, baixando a média nacional, mesmo com os bons rendimentos em sistemas mais tecnificados dos médios e grandes produtores (VIEIRA, 1988; VIEIRA; JUNIOR; BORÉM, 2006).

Em sistemas tecnificados, no final dos anos 1970 e início dos anos 1980, um dos fatores que contribuíram para a exploração da “safra de inverno”, foi o interesse de grandes produtores que possuem aparato tecnológico para o fornecimento de água, e esta acabou tornando-se uma alternativa de aproveitamento de áreas nas entressafras (VIEIRA, 2004). Além de ser favorecida pela menor ocorrência de pragas e de altas temperaturas no florescimento e formação de vagens, sendo assim foi responsável pelo aumento do volume total produzido de feijão entre 1985 e 2005 (WANDER, 2007).

A região Centro-Sul é a que mais se destaca em relação à produtividade, acumulando mais de 80% da produção de feijão-comum, mesmo que a espécie seja cultivada em, quase que totalidade, dos Estados do Brasil (PELEGRINI; BEZERRA; HASPARYL, 2017).

Sabido da variabilidade das condições climáticas das regiões produtoras do grão, deve-se levar em consideração a interação Genótipo x Ambiente, visto que comprovada sua influência sobre a cultura (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 1998; GONÇALVES, *et al.*, 2009). O feijão apresenta certa suscetibilidade a fatores ambientais extremos nos variados estágios de desenvolvimento e, dentre estes, os fatores diretamente mais limitantes de produtividade são temperatura e disponibilidade hídrica, decorrentes de características fisiológicas e morfológicas como, por exemplo, o metabolismo C3 e um

sistema radicular pequeno e pouco profundo que, de acordo com Inforzato e Miyasaka (1963), por ocasião do florescimento cerca de 83,6% do volume radicular se concentra nos primeiros 0,20m da superfície do solo.

Em relação à temperatura, diversos autores consideram como ideal para o desenvolvimento do feijoeiro valores dentro da faixa de 20 a 22°C durante todo o ciclo da cultura, destacando 21°C como a temperatura ótima (TÁVORA ; DINIZ, 2006; VIEIRA; JUNIOR; BORÉM, 2006). Temperaturas abaixo de 15°C e acima de 30°C afetam substancialmente fases críticas para o desenvolvimento da cultura e expressão do potencial de produtividade por meio do atraso de germinação, desenvolvimento retardado da cultura e abortamento de flores e vagens.

Na presença de altas temperaturas, acima de 35°C, não há formação de vagens (fator que influencia diretamente na produtividade), pois nestas condições é ativado o processo de abscisão dos órgãos reprodutivos (VIEIRA; JUNIOR; BORÉM, 2006) que está correlacionada com a produção de etileno. Outro extremo limitante são as baixas temperaturas que, quando abaixo de 12°C, na ocasião de plantio, pode atrasar a germinação e emergência de plântulas e se, por ocasião de florescimento, possivelmente provocarão abortamentos florais (SILVA; RIBEIRO, 2009).

No que diz respeito à necessidade hídrica, de maneira geral, em plantas com ciclo total entre 60 e 120 dias, varia entre 300 a 600 mm, um consumo médio diário de 3 a 4 mm e, no mínimo, de 100mm mensais (DOORENBOS; KASSAM, 1994; DOURADO NETO; FANCELLI, 2000; MARCO *et al.*, 2012). Sendo que por ocasião do florescimento até o início do enchimento de grãos os valores superam essa média, podendo atingir valores acima de 6 mm dia⁻¹ (GOMES *et al.*, 2012). Portanto, caso não se trate de um sistema de cultivo irrigado, deve ser feito um planejamento para que a precipitação seja suficiente e bem distribuída, assim suprimindo toda a demanda hídrica, principalmente em R₅ (pré-florescimento), R₇ (formação de vagens) e R₈ (enchimento de grãos), desta forma as perdas de produtividade são reduzidas, visto que apresenta menor capacidade de recuperação após estresse por déficit hídrico (GUIMARÃES, 1988; MOUHOUCHE; RUGET; DELÉCOLLE, 1998; PORTUGAL; PERES; RODRIGUES, 2015).

O excesso de umidade no solo também pode trazer prejuízos à produtividade, pois provoca redução da concentração de oxigênio, produção de substâncias tóxicas ao desenvolvimento da planta, aumento da resistência da água através do sistema radicular

e redução da absorção de nutrientes. (SILVEIRA; STONE, 2001), além da ocorrência de doenças e lixiviação dos nutrientes (SANTANA *et al.*, 2009).

Outro fator que reflete diretamente no desempenho do feijoeiro é o estado nutricional em que se encontram as plantas, em especial o Nitrogênio (N), pois conforme supracitado, seu sistema radicular é limitado e pouco profundo, conseqüentemente as plantas têm menor superfície de exploração, somado a um curto ciclo fenológico e à dinâmica apresentada por esse nutriente no solo (móvel). Sendo assim, a fertilidade do solo é um fator importante e a cultura requer que os nutrientes sejam fornecidos em local, quantidade e momento adequados para que haja absorção satisfatória nas fases de maior demanda (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994; ALMEIDA *et al.*, 2000; MEIRA *et al.*, 2005).

Posto isso, considerando as necessidades da cultura, deve-se visar formas de manejo que possibilitem condições adequadas a seu desenvolvimento, estas devem incluir manutenção da umidade ideal do solo, proteção à temperatura e disponibilidade de nutrientes, principalmente de N.

2.2 Sistema de Plantio Direto

O sistema plantio direto (SPD) é um manejo conservacionista que visa preservar, minimizar e/ou reverter os impactos provocados pelo sistema convencional, estando embasado sobre três pilares, estes são: 1° - não revolvimento do solo entre a colheita da safra anterior e a semeadura da próxima safra, 2° - manutenção dos restos culturais sobre a superfície do solo e 3° - rotação de diferentes culturas nos diferentes anos agrícolas (HERNANI; SALTON, 1998).

As respostas do SPD em primeiro momento e, dependendo da composição do material, são mais lentas em função da imobilização dos nutrientes e requer atenção, por ocasião da implantação, no quanto se espera de aporte nutricional ao sistema. No entanto, à medida que se torna consolidado, proporciona vantagens para o complexo solo-planta em diversos aspectos, cujos são identificados em melhorias de características físicas, químicas e biológicas do solo (DALMAGO, 2004).

Partindo dos aspectos físicos, tais transformações tornam-se possíveis pela não perturbação do solo e do efeito cimentante, na formação e manutenção dos agregados, de acordo com o acúmulo de matéria orgânica e C orgânico do solo (SALES *et al.*, 2016), resultando em modificações na porosidade e, também, no conteúdo de água infiltrada e

armazenada que tende a aumentar, além da redução do impacto da gota e do selamento e escoamento superficial (DALMAGO, 2004)

Sales *et al.* (2016) ao compararem a qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido constataram que, dentro do sistema é importante avaliar a quantidade e qualidade do resíduo vegetais, pois é um fator que influencia diretamente no período de cobertura da superfície do solo. Sendo assim, as gramíneas, pela sua alta relação C/N, como cultura antecessora tornam-se importantes na manutenção do material vegetal sob a superfície e, mesmo em condições de compactação, o conteúdo de água ainda se torna superior (AMARAL *et al.*, 2016).

Sobre as contribuições nas características químicas do solo, o material vegetal, por meio da mineralização, disponibiliza nutrientes cujo são aproveitados e assimilados. Isto é, há uma ciclagem dos nutrientes e, também, possibilita a diminuição da acidez potencial do solo por meio dos ácidos orgânicos liberados durante a decomposição (AMBROSANO *et al.*, 2014). Essas condições contribuem, também, em incremento biológico, uma vez que a fauna do solo encontra condições adequadas de sobrevivência e, também, contribuição para o sistema (CUNHA *et al.*, 2012).

Trabalhos reportam o incremento da produtividade de culturas agrícolas de importância econômica se espécies relacionadas à adubação verde forem incluídas no sistema de rotação de culturas (ZOTARELLI *et al.*, 2012). Logo, tendo em vista o que foi exposto, o SPD é considerado um importante avanço no meio agrícola podendo, também, influenciar no fornecimento nutricional, especialmente espécies menos eficientes no processo denominado FBN.

A respeito da nutrição de plantas por meio da FBN, é importante frisar que o SPD pode proporcionar um microclima favorável à sobrevivência e desempenho das atividades de microrganismos presentes no solo, mediante redução da flutuação de temperaturas máximas e mínimas, além da redução dos seus respectivos valores e manutenção da umidade no solo (DEAK, 2017).

Também, segundo Corazza *et al.* (1999) transforma o solo em uma espécie de depósito de carbono, dada a menor perturbação e maior adição de cobertura vegetal, quando comparados a solos sob SPC.

2.3 Importância do N para o feijoeiro

O N, segundo Silva *et al.* (2000) é o nutriente mais absorvido e exportado pelas plantas, visto que participa da composição de moléculas e de processos metabólicos

essenciais, podendo ser absorvido na forma de nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+) (MARRENCO; LOPES, 2005) logo, há necessidade de reposição frequente para que as plantas não sofram por déficit do nutriente. De igual modo se dá no feijoeiro e, por isso é importante discriminar o momento e dose ideal de N, viabilizando o incremento em produtividade.

Quando aplicado N, nas doses adequadas para a cultura, é garantida boa produtividade, crescimento vegetal (em estatura e de folhagens) e, igualmente aumento no teor de proteína nos grãos e incremento de massa seca de parte aérea (SOUSA, 2015). E, nesse aspecto, diferentes estudos apontam formas distintas, parceladas ou não, a adubação de cobertura, admitindo o ideal como antes do florescimento (NEPTUNE; MURAOKA, 1978; ROSOLEM, 1987; ARAÚJO; VIEIRA; MIRANDA, 1994; AMBROSANO *et al.*, 1996; CARVALHO, *et al.* 2001).

O aporte de N para o feijoeiro pode se dá de quatro formas distintas, estas são provenientes: 1- quando no solo, da decomposição do material vegetal, 2- da fixação não-biológica oriundas de descargas elétricas, vulcanismo e combustão, 3- de origem mineral mediante uso dos fertilizantes nitrogenados, 4- fixação biológica de nitrogênio atmosférico (HUNGRIA, *et al.*, 2007).

No solo, o N apresenta uma dinâmica de perdas por lixiviação, estando na forma de nitrato em que há baixa interação química com os minerais do solo e está sujeito à percolação para camadas mais profundas e, também há possibilidade de perdas por volatilização, onde os microrganismos do solo transformam os nitratos em gás amônia que se perde para atmosfera (CANTARELLA, 2007). Desta forma o manejo deve realizado criteriosamente a fim de minimizar tais perdas.

O feijoeiro pode chegar a absorver mais de 200 kg ha^{-1} de N por cultivo (BUZETTI *et al.*, 2015) e a exportação média de N é de 35 kg t^{-1} de grãos de feijão produzido (AMBROSANO *et al.*, 1997). A absorção ocorre quase durante todo o ciclo da cultura, sendo mínima até os 30 DAE e, a partir desse momento, a velocidade de absorção é máxima até os 50 DAE (DIAS, 2017), quando se inicia a translocação para as vagens e acúmulo nos grãos.

De acordo com Romanini Junior (2007), a produtividade de grãos na cultura do feijão de inverno, em sistema de plantio direto, aumenta linearmente às doses de N aplicadas em cobertura. Essa adubação é variável de acordo com o nível tecnológico do produtor estabelecendo-se entre 20 e 100 kg ha^{-1} de N (DIAS, 2017), isto é, em uma situação de adubação com 100 kg ha^{-1} de N e usando, como fonte, ureia (46% de N),

necessita-se de 217 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral, tornando-se oneroso ao custo de produção. Portanto, a FBN torna-se uma via de fornecimento, de parte da demanda necessária, deste nutriente e, além de ecologicamente correto e socialmente justo, é economicamente viável.

2.4 Fixação Biológica de Nitrogênio

As bactérias fixadoras de nitrogênio, em regiões de clima tropical, possuem a temperatura como uma das principais restrições ao desempenho de suas funções, desde sua sobrevivência (efeito indireto) às proteínas do ciclo da FBN e/ou ciclos relacionados (efeito direto) (STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999; HUNGRIA; KASCHUK 2014). A temperatura crítica para o funcionamento dos nódulos varia de acordo com a espécie cuja está anexa, sendo considerada, para o feijoeiro, 25 a 30°C a faixa ideal, a partir de então esse passa a ser limitado (HERNANDEZ-ARMENTA; WIEN; EAGLESHAN, 1989).

A FBN é um processo realizado por bactérias que possuem um aparato biológico capaz de captar o N atmosférico, que não é prontamente assimilável pelas plantas, e transforma-lo até que possa ser assimilado e, participar da nutrição de algumas culturas agrícolas (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001). Como se trata de uma relação simbiótica, em troca a planta fornece esqueletos de carbono para essas mesmas bactérias, assim esse processo pode ser mantido em funcionamento.

Além de incrementar em produtividade, a FBN também contribui economicamente e é ecologicamente sustentável, considerando que possibilita redução do uso de fertilizantes nitrogenados que, além de maior custo, apresenta risco de contaminação de aquíferos e lagos e problemas ambientais (ANDRAUS, 2014). O potencial de aquisição de N por meio da FBN pode variar conforme a estirpe de bactéria, plantas e condições do solo (MILCHESKI, 2018), além da presença de espécies nativas que, apresentam melhor adaptação às mudanças do meio cujo estão inseridas.

Araújo *et al.* (1996) relataram que, havendo correção de alguns entraves, o uso da inoculação pode chegar a suprir toda a demanda de N do feijoeiro, um deles é a associação da cultura às bactérias que pouco ou nada contribuem no aporte de N.

A inundação é uma técnica que visa aumentar a competitividade do inoculante comercial, esta se baseia em utilizar grande quantidade da bactéria inoculada, induzindo a existência de um número que supere às nativas (FRANCISCON *et al.*, 2014). Além de, anualmente, serem realizadas reinoculações para que a bactéria do inoculante comercial

seja capaz de aumentar a população e dominar o ambiente (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2003).

Após anos de pesquisas, são produzidas estirpes comerciais oriundas da espécie *Rhizobium tropici*, na qual apresentam maior resistência a altas temperaturas, acidez do solo e altamente competitivo (TÁVORA; DINIZ, 2006). A mesma era conhecida como *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* (CASSINI; FRANCO, 2008), e foi isolada da espécie arbórea *Leucaena leucocephala*.

É inegável que o uso da inoculação na agricultura avançou, porém ainda há muito o que ser aprimorado. Pesquisadores têm selecionado estirpes para o feijoeiro comum desde 1980, sendo a primeira recomendação em 1985 e, desde então tem-se buscado estirpes de maior estabilidade genética, sendo considerados atualmente os inoculantes comerciais SEMIAs 4077, 4080, 4088 eficientes para vários ecossistemas brasileiros (FERREIRA *et al.*, 2013).

Trabalhos na literatura sugerem que a inoculação promove aumentos significativos no rendimento de grãos dos cultivares utilizados. Moura *et al.* (2009) compararam a produtividade de feijão comum quando submetido à inoculação com *R. tropici* e adubação nitrogenada e, os tratamentos que envolviam 10 kg de N ha⁻¹ na semeadura + 80 kg de N ha⁻¹ em cobertura e inoculação com *R. tropici* + 10 kg de N ha⁻¹ na semeadura, não foram capazes de superar o tratamento com, apenas, *R. tropici*.

Oliveira, Sousa e Ferreira (2017) obtiveram resultados semelhantes e, nesta ocasião, utilizou inoculação nas sementes de dois estirpes de *R. tropici* (SEMIA's 4077 e 4080) em cv. Pérola, incrementando no teor de nitrogênio nas folhas, acúmulo de biomassa vegetal, número de vagem por planta, massa de 1000 grãos e a produtividade. Os autores afirmam que adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro pode ser substituída na sua totalidade por esta inoculação.

Resultados ainda mais promissores foram obtidos em estudos que utilizam, além do *R. tropici*, outra bactéria da espécie *Azospirillum brasilense*. Essa técnica, conhecida por coinoculação ou inoculação mista, consiste no uso simultâneo de microrganismos de diferentes espécies e com capacidade de produzir respostas superiores a quando utilizados separados.

Meireles *et al.* (2014) avaliaram o efeito da coinoculação com *A. brasilense* e *R. tropici* em feijão irrigado, constatando bons resultados, no aporte e uso de N para o feijoeiro, onde a coinoculação promoveu maior média de produtividade quando

comparada aos tratamentos que receberam fertilizante mineral ou apenas inoculado com *R. tropici*

Macedo *et al.* (2015) obtiveram resultados semelhantes, quanto à produtividade do feijoeiro, cuja a coinoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* proporcionou resultado significativamente superior à adubação nitrogenada mineral básica e em cobertura recomendadas.

No entanto, mesmo que em alguns estudos demostrem resultados promissores, de maneira geral, a FBN ainda não é capaz de suprir toda a demanda de N requerida pelo feijoeiro, visto que há um declínio no fornecimento de N logo após o florescimento e, por isso ainda se faz suplementação via fertilização mineral (FRANCISCON *et al.*, 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi instalado, no período de outono-inverno de 2018 e 2019, na área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria (MS), apresentando como coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de latitude Sul, com altitude de 335 metros. A área anteriormente a instalação do experimento foi ocupada com a cultura do milho na safra 2018 e 2019.

3.2 Caracterização química do solo

O solo do local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, (EMBRAPA, 2006).

As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento, nas camadas de 0,00 a 0,20 m, seguindo a metodologia proposta por Raij e Quaggio (2001), estas características encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1-Análise química do solo da área experimental na camada de 0,00 a 0,20 m em 2018. Selvíria, MS, Brasil, 2018 e 2019.

Análise química de solo												
Camada	P ⁽¹⁾	S ⁽²⁾	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
(cm)	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----	-----	-----	mmol _c dm ⁻³	-----	-----	-----	(%)
0-20	25	3	18	5,0	0,7	19	16	31	1	35,7	66,7	54

(1) Método da Resina; (2) SO₄⁻¹.

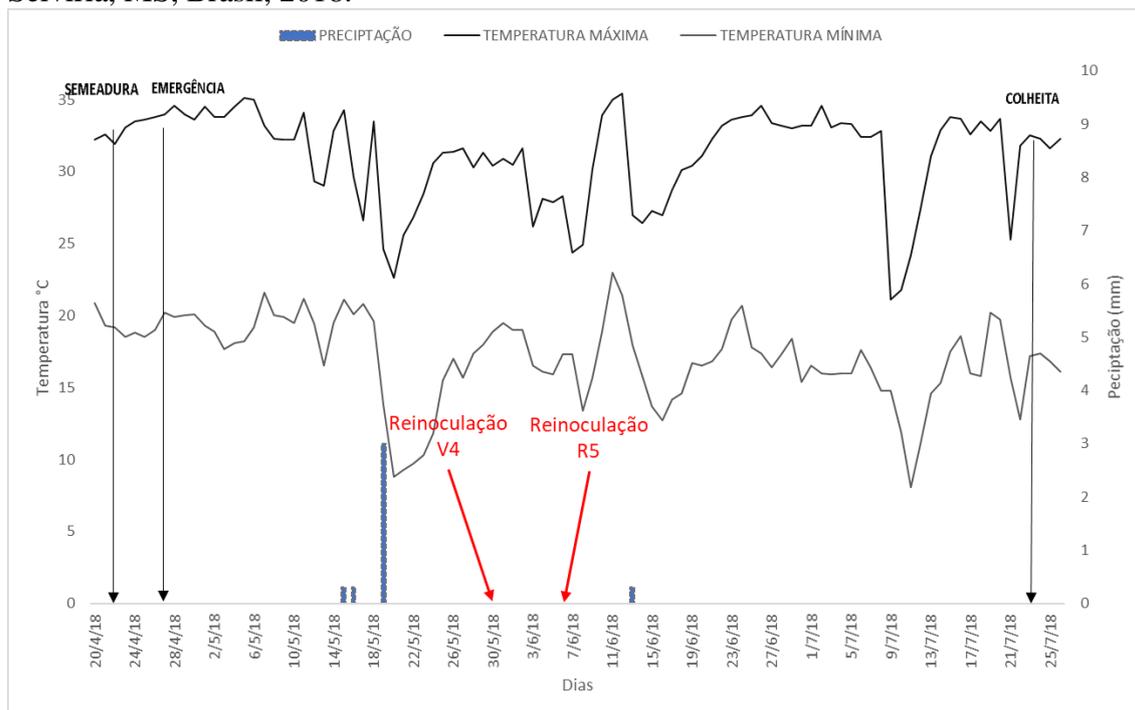
Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo e Tecido Vegetal (UNESP – Ilha Solteira).

3.3 Dados climáticos

O clima predominante da região, conforme classificação de Koppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (ALVARES *et al.*, 2014). A precipitação pluvial média anual é de 1.322 mm, com temperatura média anual de aproximadamente 23 °C e umidade relativa do ar média anual de 66%.

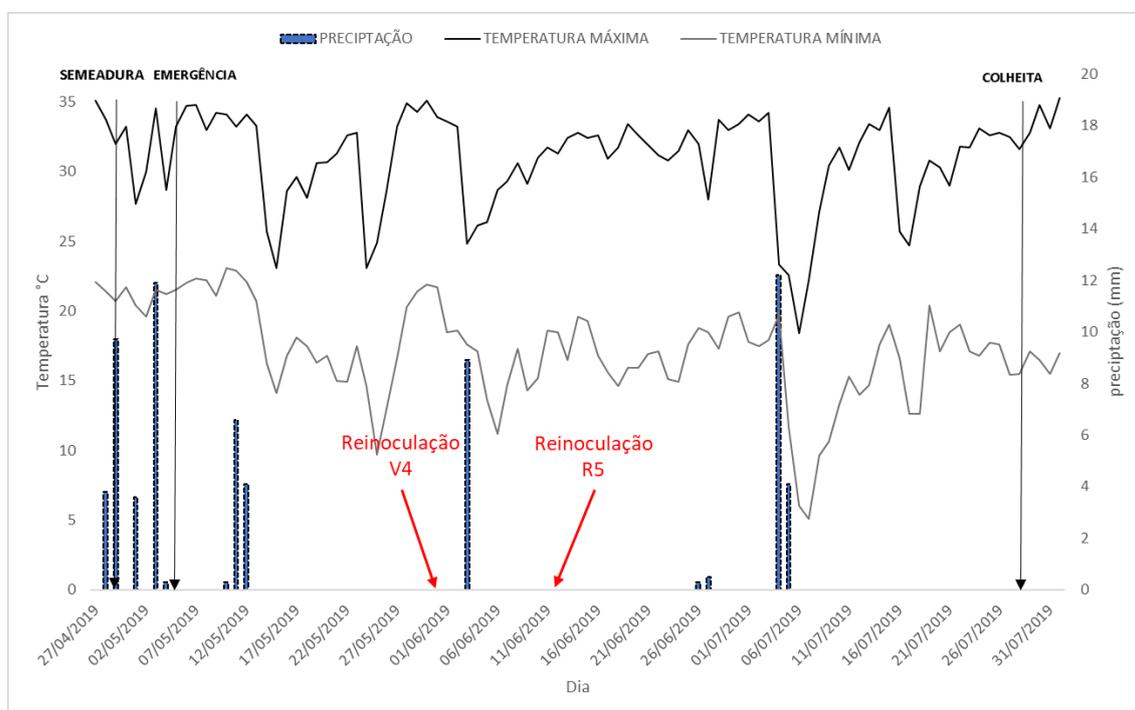
Os dados relativos à temperatura do ar (máxima e mínima) e precipitação pluvial durante a condução do experimento encontram-se nas Figura 1 e 2.

Figura 1- Dados de temperatura do ar máxima e mínima e precipitação pluvial em 2018. Selvíria, MS, Brasil, 2018.



Fonte: elaborado pela própria autora.

Figura 2- Dados de temperatura do ar máxima e mínima, umidade relativa e precipitação pluvial em 2019. Selvíria, MS, Brasil, 2019.



Fonte: elaborado pela própria autora.

3.4 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas subdividas 5 x 3 com 4 repetições. As parcelas foram constituídas pelas formas de

fornecimento de nitrogênio, envolvendo adubação nitrogenada, inoculação e coinoculação (**T**₁ – Inoculação nas sementes com *Rhizobium tropici*, **T**₂ – Coinoculação nas sementes com *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense*, **T**₃ – Inoculação nas sementes com *Azospirillum brasilense*, **T**₄ – Ausência de inoculação nas sementes + Adubação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura (ureia), **T**₅ – Ausência de inoculação nas sementes + ausência de adubação em cobertura) e as subparcelas por três momentos de reinoculação com *Rhizobium tropici* em cobertura (**R**₁ – Ausência de reinoculação, **R**₂ – Reinoculação em V₄, **R**₃ – Reinoculação em R₅).

As parcelas foram constituídas de 3 subparcelas com 7 linhas de 6 metros de comprimento e espaçamento de 0,45 m, considerando como área útil as 5 linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros, em ambas as extremidades de cada linha.

3.5 Implantação do experimento

Após a cultura anterior ter sido colhida, foi realizada aplicação do herbicida glifosato [(1560 g ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.))] visando o manejo químico das plantas daninhas e, após 20 dias, foi realizada a desintegração mecânica dos restos culturais e uniformização da palhada.

Nos anos 2018 e 2019, foram utilizados cultivares diferentes por motivos de disponibilidade na aquisição de sementes sendo, respectivamente, os cultivares BRS Estilo e IPR Campos Gerais, ressaltando que ambas são plantas do tipo II e grãos do tipo carioca que são recomendados para a região.

A semeadura foi realizada em 23/04/2018 e 30/04/2019 com visando alcançar uma população máxima de 291.108 e 295.552 plantas ha⁻¹, respectivamente. Antes da semeadura foi realizado tratamento fitossanitário de sementes com Piraclostrobina, Tiofanato metílico e Fipronil, nas doses de 5, 45 e 50 g do i.a. para cada 100 kg de semente, respectivamente, seguido da inoculação com as bactérias *Rhizobium tropici* e/ou *Azospirillum brasilense* conforme os tratamentos descritos no item 3.4.

A inoculação de sementes foi realizada com as doses recomendadas de *A. brasilense* nos tratamentos **T**₂ e **T**₃ (200 mL de inoculante para cada 50 kg de semente) e de *R. tropici* nos tratamentos **T**₁ e **T**₂ (200 g de inoculante para cada 50 kg de semente), tanto para inoculação como para coinoculação e, para facilitar a adesão do inoculante nas sementes, foi utilizada solução açucarada 10%. Esse processo foi realizado à sombra, após tratamento fitossanitário (para evitar redução de eficiência dos inoculantes), 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 com 2×10^8 UFC (unidades formadoras de colônia) /mL e para *R. tropici* SEMIA 4080 2×10^9 UFC/g, sendo os inoculantes líquido e turfoso, respectivamente e, obtidas de produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária.

A adubação de sementeira foi semelhante nos dois anos, realizada com 250 kg ha^{-1} na formulação 08-28-16, sendo no segundo ano adicionado $2,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de Enxofre (S) e $0,75 \text{ kg ha}^{-1}$ de Zinco (Zn). As emergências das plântulas ocorreram no dia 5 e 6 dias após sementeira em 2018 e 2019, respectivamente.

3.6 Tratos culturais

O controle de pragas e de doenças, assim como de plantas daninhas, foi realizado com produtos específicos e registrados para a cultura, de acordo com a necessidade da lavoura. Em ambos anos experimentais, os defensivos agrícolas foram aplicados por pulverizador tratorizado munido com pontas do tipo jato plano, com volume de calda de 300 L ha^{-1} .

No ano de 2018, aos 12 DAE, realizou-se a aplicação do herbicida Fenoxaprop-P-ethyl (77 g ha^{-1} i.a.) e do inseticida Flubendiamida (24 g ha^{-1} de i.a.). Na semana seguinte aos 19 DAE foi realizada aplicação do herbicida Fomesafem (250 g ha^{-1} de i.a.) e do inseticida Imidacloprido (100 g ha^{-1} de i.a.), e para facilitar aplicação, utilizou na mistura o espalhante adesivo Iharaguen-S a 0,02% do volume de calda. Aos 46 DAE foram aplicados o fungicida Procimidona na dose de (500 g ha^{-1} de i.a.) e, novamente inseticida Flubendiamida na dose supracitada. Aos 55 DAE foram aplicados o fungicida Procimidona e o inseticida Abamectina (9 g ha^{-1} de i.a.).

No ano de 2019, aos 12 DAE, realizou-se a aplicação do fungicida Mancozeb ($1,6 \text{ kg ha}^{-1}$ do i.a.) e do inseticida Deltametrina ($3,75 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a.). Aos 27 DAE foi realizada aplicação do inseticida Beta-ciflutrina (5 g ha^{-1} de i.a.). Aos 67 DAE foram aplicados fungicida Mancozeb na dose supracitada e o inseticida Imidacloprido (105 g ha^{-1} do i.a.).

A adubação nitrogenada de cobertura foi aplicada tendo como fonte a ureia (46% N) na dose 90 kg ha^{-1} de N, depositada em faixa e ao lado da linha de plantas e incorporado com lâmina de irrigação de, aproximadamente, 12 mm em área total. Foram realizadas aos 26 DAE (dias após a emergência) em 2018 e aos 24 DAE 2019 conforme os tratamentos descritos anteriormente no item 3.4.

As reinoculações foram realizadas nos estádios V₄ (terceiro trifólio completamente expandido) ou R₅ (pré-florescimento) da cultura usando um pulverizador costal, lavado e limpo. Foi aplicada a dose 200 mL ha⁻¹ diluída em água, coletada na própria instituição, isenta de cloro, sobre jato dirigido diretamente ao colo da planta, abaixo do dossel de folhas, nas entrelinhas, de modo que o contato com as folhas fosse mínimo. O horário das aplicações 17h 30min visando um período de temperaturas mais amenas. Em seguida, a área foi irrigada com lâmina de 12 mm, para que o inoculante fosse incorporado e entrasse em contato com as raízes para infecção por parte das bactérias.

O florescimento pleno ocorreu aos 47 DAE em 2018 e aos 40 DAE em 2019. A colheita foi realizada aos 90 DAE em 2018 e em 2019 aos 84 DAE.

3.8 Irrigação

O fornecimento de água foi realizado por um sistema fixo de irrigação por aspersão via pivô central. Durante o desenvolvimento da cultura foram utilizados valores de K_c recomendados por Doorenbos e Kassan (1979), isto é, para as fases de V₀ – V₁ (K_c = 0,30), de V₃ – V₄ (K_c = 0,70), de R₅ – R₇ (K_c = 1,05), R₈ (0,75) e R₉ (0,25).

3.9 Variáveis avaliadas

a) População de plantas

Aos 8 dias após a emergência das plantas foi avaliado, em duas linhas, na área útil das parcelas, o número de plantas com o objetivo de se calcular a população inicial de plantas ha⁻¹.

b) Número de nódulos

Foram coletadas raízes de 3 plantas com auxílio de uma pá reta no interior da área útil de cada subparcela experimental, nas fases de desenvolvimento R₅ (pré-florescimento) e R₇ (formação de vagens). As raízes foram lavadas e separadas, e os nódulos foram destacados e contados.

c) Viabilidade de nódulos

No mesmo dia da coleta descrita no item “b”, 10 nódulos foram selecionados ao acaso e, com auxílio de um estilete, foram seccionados ao meio possibilitando a visualização da coloração de seu interior, sendo considerado viável nódulos que

apresentassem coloração rosácea ou avermelhada e inviável coloração esbranquiçada a verde.

d) Massa de nódulos

Após a contagem de nódulos (item b), foram colocados para secar em estufa com ventilação forçada de ar a 60 °C, até atingir massa constante para a determinação da massa seca, em seguida foi obtido a massa de nódulos por meio de balança de precisão.

e) Massa seca de raiz

Após a separação e lavagem, as raízes das mesmas plantas utilizadas no item “b”, foram lavadas e secas em estufas com ventilação forçada a 65°C, até atingir massa constante, em seguida foi obtido a massa de raiz por meio de pesagem em balança de precisão.

f) Índice de clorofila foliar (ICF)

A estimativa do índice de clorofila foliar foi realizada em condições de campo na fase de desenvolvimento R₆ (florescimento), com a utilização de clorofilômetro portátil marca ClorofiLOG®, modelo CFL 1030 (Falker Automação Agrícola®), que por meio de sensores, analisa três faixas de frequência de luz e por meios de relações de absorção de diferentes frequências, fornece medições dos teores das clorofilas a, b e total (a+b), expressas em unidades dimensionais chamadas (Índice de Clorofila Foliar) ICF (FALKER, 2008). As determinações do ICF foram realizadas no período da manhã a pleno sol, amostrando-se cinco plantas por unidade experimental, sendo que em cada planta foram realizadas três leituras por trifólio da última folha trifoliolada completamente desenvolvida, em todo o limbo, exceto nervuras, somando assim, 45 leituras por parcela.

g) Massa de matéria seca de plantas

Na ocasião do florescimento pleno das plantas, foram coletadas 3 plantas em local pré-determinado na área útil, acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70°C até atingir massa em equilíbrio. Posteriormente as amostras foram pesadas e os valores convertidos em g planta⁻¹.

h) Teor de nitrogênio foliar

Foram coletados o terceiro trifólio de 10 plantas de unidade experimental no estádio R₆ (florescimento pleno), submetidas à lavagem com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70 °C até atingir massa em equilíbrio e posteriormente moídas em moinho tipo Wiley e submetidas à digestão sulfúrica e semimicro-Kjeldahl, conforme metodologia proposta por (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

i) Componentes da produção

Foram coletadas, por ocasião da colheita, 10 plantas representativas na área útil das unidades experimentais para a avaliação de: número de vagens por planta: foi determinado pela relação entre o número total de vagens/número de plantas; número médio de grãos por vagem: foi calculado pela relação entre o número total de grãos/número total de vagens; massa de 100 grãos: foi obtido pela coleta ao acaso e pesagem de 2 amostras de 100 grãos por parcela (13 % base úmida);

j) Produtividade de grãos

As plantas da área útil de cada subparcela foram arrancadas e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas a trilha mecânica, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ (13 % base úmida).

k) Nitrogênio dos grãos

Após a colheita, os grãos foram secos e moídos em moinho tipo Wiley e em seguida submetidos à digestão sulfúrica, conforme metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997 *et al.*, (1997).

3.10 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Quando constatada diferença significativa, procedeu-se a comparação das médias dos tratamentos com inoculação pelo teste de Scott - Knott, adotando-se o nível 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) de acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à população inicial de plantas (Tabela 1), não houve diferença significativa em 2018, porém houve diferença no ano de 2019 em relação ao manejo, com médias superiores no tratamento inoculado nas sementes com *R. tropici* (174.072 plantas ha⁻¹) e coinoculado nas sementes com *R. tropici* + *A. brasilense* (171.448 plantas ha⁻¹). No ano de 2018, a média geral de plantas ha⁻¹ foi de 183.950 plantas ha⁻¹ e, no ano de 2019, foi de 151.109 plantas ha⁻¹ (Tabela 2).

Os resultados obtidos em 2019 discordam de Corsini (2014), cujos tratamentos inoculados e coinoculado mantiveram médias significativas menores que a testemunha, a autora relatou que a camada de turfa sobre as sementes pode ter dificultado e influenciado na densidade de semeadura. O comportamento dos dados em 2018 reproduziu o mesmo efeito relatado pela autora, porém sem diferirem estatisticamente dos demais tratamentos.

Romanini Junior (2004) avaliou o efeito da inoculação de sementes e a aplicação de doses de N em semeadura (0 e 10 kg ha⁻¹ de N) e cobertura (0, 25, 50, 75 kg ha⁻¹ de N) no feijoeiro em sistema de plantio direto e não verificou influência dos tratamentos inoculado e adubado em cobertura. Também no presente experimento, não foi observado efeito da adubação nitrogenada em cobertura sobre a população inicial de plantas, considerando-se que por esta, no momento da análise, ainda não ter sido realizada.

Kaneko *et al.* (2010) reportaram resultados semelhantes ao experimento, cujo no primeiro ano experimental a população inicial, na presença de inoculação, superou a ausência da inoculação e, no segundo ano experimental foi inferior.

Em 2019 as médias dos tratamentos com inoculação de *R. tropici* nas sementes e coinoculação de *A. brasilense* + *R. tropici* nas sementes, foram superiores estatisticamente aos demais tratamentos, porém o feijoeiro tem potencial de compensação dos seus componentes primários de produção e, em diferentes populações de planta, podem obter rendimentos semelhantes (ARF *et al.*, 2011). Souza *et al.* (2002) estabeleceram populações entre 120.000 a 300.000 plantas ha⁻¹ como uma faixa que permite produtividades equivalentes de feijão.

Tabela 2. População inicial de plantas de feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpe de *Rhizobium tropici*, Selvíria – MS, 2018 e 2019

Tratamento	2018	2019
	População inicial de planta ha ⁻¹	
Manejo (M)		
Testemunha	185.800	134.412b
Adubação com 90 kg ha ⁻¹ de N em cobertura	186.419	140.739b
Az nas sementes	180.555	134.875b
Rz + Az nas sementes	183.333	171.448a
Rz nas sementes	183.641	174.072a
Momento de reinoculação (R)		
Testemunha	181.666	153.702
Reinoculação em V ₄	187.777	152.776
Reinoculação em R ₅	182.407	146.850
Teste F		
R	0,12 ^{ns}	1,18 ^{ns}
M	0,62 ^{ns}	13,41 [*]
R x M	1,59 ^{ns}	1,65 ^{ns}
CV (%)	12,61	12,48
CV (%)	10,31	10,15
Média geral	183.950	151.109

Nota: *, **, ns: significativo à 5%, 1% e não significativo pelo Teste F, respectivamente

Nota: médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$).

Os dados apresentados na Tabela 3 são referentes à nodulação no estágio R₅, incluindo o número de nódulos por planta, número de nódulos viáveis por planta e massa seca de nódulos por planta, em ambos os anos experimentais.

No ano de 2018 nenhum dos parâmetros apresentou diferenças significativas, por outro lado, no ano de 2019 foram detectadas diferenças, de manejo e interação, quanto ao número de nódulos e massa seca de nódulos por planta, respectivamente, sugerindo que a presença da adubação de 90 kg ha⁻¹ de N inibiu parcialmente a nodulação.

Mesmo não sendo detectadas diferenças estatísticas em 2018, é importante destacar o comportamento dos dados quanto ao manejo, pois em ambos os anos experimentais, foi constatada semelhanças com descritos na literatura quanto à influência adubação mineral sobre a nodulação, resultando em menores médias.

Confrontando a maior média entre os manejos (inoculação com *A. brasilense* e coinoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* em 2018 e Inoculação com *R. tropici* em

2019) contra as médias do tratamento com adubação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, os valores demonstram uma redução de 43,47 e 70,24% no número de nódulos por planta e 56,72 e 78,73% na massa seca dos nódulos por planta em 2018 e 2019, respectivamente. Resultados como este se dão porque, na presença de N mineral há restrição no fornecimento de carboidratos às bactérias por meio da relação simbiótica com a planta (DIAS *et al.*, 2012), pois a planta percebendo uma fonte de N prontamente absorvível, desconsidera a necessidade do alto gasto energético para suprir-se do mesmo. Também, a presença de altas doses de N inibe a ação da nitrogenase, enzima responsável pela FBN (STREETER, 1985).

A presença de nódulos nas testemunhas (não inoculadas na semeadura e/ou não reinoculadas) indicam a existência de uma população de rizóbios nativos no solo. E, essa população, apresentou certa eficiência para nodulação, fato que pode ter dificultado que as estirpes do inoculante comercial apresentassem um melhor desempenho, visto que rizóbios nativos possuem maior adaptabilidade e competitividade (SOUZA *et al.*, 2011).

Estes dados corroboram com Pelegrin *et al.* (2009) que, ao avaliarem feijão submetido à adubação nitrogenada e à inoculação com *R. tropici*, não obtiveram diferenças estatísticas comparando estes tratamentos à testemunha, ressaltando a presença de rizobactérias nativas competitivas e, também, a redução no número e massa seca de nódulos por planta quando na presença de doses de N.

Ramires *et al.* (2018) testaram inoculação com *R. tropici* em feijão com diferentes doses de adubação na semeadura/cobertura (0/0, 20/0, 0/120 e 20/100 kg ha⁻¹ de N), e houve nodulação tanto nos tratamentos inoculados como naqueles não inoculados, os autores também atribuíram à presença de bactérias nativas no solo. E, também, constataram redução de nodulação quando na presença de doses crescentes de N.

Em 2019, foram detectadas diferenças significativas para número de nódulos por planta, cujos tratamentos com bactérias, inoculadas com *R. tropici* e coinoculadas com *R. tropici* + *A. brasilense*, se destacaram em relação ao tratamento adubado em cobertura com 90 kg ha⁻¹ de N, corroborando com os trabalhos supracitados sobre a influência negativa de N mineral sobre a nodulação.

Comparando os dados entre as inoculações, coinoculação e testemunha, os resultados vão em desacordo a Zwirnes (2014) que testou duas estirpes de inoculante comercial de rizóbio (SEMIA 4080 e SEMIA 4077) separadas e simultâneas no cultivar de feijão BRS Esplendor, e obteve maior nodulação dos tratamentos inoculados quando

comparados à testemunha. Por outro lado, corrobora com Fonseca *et al.* (2013), que avaliando as estirpes CIAT 899 e UFLA 04-173 constataram resultados semelhantes estatisticamente, entre a resposta do tratamento inoculado e da testemunha.

Em relação à viabilidade dos nódulos, é possível observar que, também, o tratamento com 90 kg ha⁻¹ N em cobertura, apresentou numericamente a menor média em relação aos tratamentos inoculados e coinoculado nas sementes e, se comparado às maiores médias (*R. tropici* nas sementes em 2018 e *A. brasilense* nas sementes em 2019), apresentou redução de 40,45 e 73,99% de nódulos viáveis, respectivamente.

Valores menores referentes à viabilidade também podem comprometer a FBN e, demonstram que a inoculação e/ou coinoculação são importantes para que haja nódulos ativos suficiente, pois não apenas a quantidade, mas a capacidade de a realizar deve ser levada em consideração. Reforçando que, apesar de não ter diferido estatisticamente, a presença de fertilização mineral nitrogenada é prejudicial para nodulação e viabilidade de nódulos.

Tabela 3. Médias do número de nódulos por planta em R5 (NPR5), nódulos viáveis em R5 (NVR5) e matéria seca de nódulos em R5 (MSNR5) em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpe de *Rhizobium tropici*, Selvíria – MS, 2018 e 2019

Tratamento	2018			2019		
	NPR5 (n° pl ⁻¹)	NVR5 (n° pl ⁻¹)	MSNR5 (mg pl ⁻¹)	NPR5 (n° pl ⁻¹)	NVR5 (n° pl ⁻¹)	MSNR5 (mg pl ⁻¹)
Momento de reinoculação (R)						
Testemunha	78,87	44,00	134,86	55,76	25,94	295,77
Reinoculação em V ₄	74,73	44,33	152,74	71,18	33,38	391,81
Reinoculação em R ₅	107,13	54,00	195,60	72,22	34,29	359,72
Manejo (M)						
Testemunha	83,33	37,77	168,05	71,81a ¹	30,76	326,61b
Adubação com 90 kg ha ⁻¹ de N em cobertura	56,22	34,67	89,58	27,22b	11,23	121,65b
Az nas sementes	99,44	49,56	142,91	83,33a	43,17	459,55a
Rz + Az nas sementes	97,11	57,00	206,95	58,11a	32,33	265,76b
Rz nas sementes	98,44	58,22	197,85	91,44a	38,54	571,93a
Teste F						
R	0,09 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,69 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,87 ^{ns}
M	0,56 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,93 ^{ns}	4,12 [*]	2,37 ^{ns}	4,26 [*]
R x M	1,52 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,66 ^{ns}	3,64 ^{**}
CV (%)	84,69	83,02	91,59	56,21	76,31	72,45
CV (%)	49,24	66,63	42,50	41,39	71,14	39,71
Média geral	86,91	47,44	161,07	66,38	31,20	349,10

Nota: *, **; ns: significativo à 5%, 1% e não significativo pelo Teste F, respectivamente

Nota: médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$).

Desdobrando os dados referentes à interação dos fatores para massa seca de nódulos por planta (Tabela 4) e, analisando as médias, verifica-se menor massa seca de nódulos nos tratamentos testemunha e adubação em cobertura com 90 kg ha⁻¹ de N, ambos reinoculados em R₅, possivelmente por se tratar de espécies de bactérias menos eficientes, no caso da testemunha e, por estar na presença de um fator limitante à nodulação, no caso da adubação nitrogenada em cobertura.

Como é possível observar, a presença do fertilizante nitrogenado acabou dificultando o desenvolvimento dos nódulos, pois as médias mantiveram-se em todos os momentos abaixo dos demais tratamentos, isto é, resultou em nódulos mais leves e/ou menores. Esses dados corroboram com Pelegrin *et al.* (2009) que, usando a estirpe comercial CIAT 899 (SEMIA 4077) em feijoeiro na presença de doses de N (0, 20 40 80 e 160 kg ha⁻¹ de N) notaram que a massa seca dos nódulos apresentou correlação negativa ao aumento da dose. Ramires (2014) também observou no tratamento inoculado e não adubado com N, que a matéria seca de nódulos apresentou médias 100% superiores aos tratamentos adubados em semeadura e cobertura.

A testemunha absoluta (ausência de inoculação e de reinoculação), foi capaz de expressar média de massa seca de nódulos considerável, validando a existência de uma população de bactérias nativas na microflora do solo e sua capacidade de desenvolvimento quando não existentes fatores limitantes e/ou competitivos.

Ramires (2014) ao comparar as médias entre os tratamentos inoculado com *R. tropici* e não inoculado, observou que o tratamento não inoculado apresentou médias 10% superiores em relação à massa seca de nódulos e 11% em relação ao número de nódulos por planta. Para Yagi *et al.* (2015), resultados como este se justificam porque os feijões do tipo comercial Carioca, além de mais produtivos, são eficientes quanto à FBN tanto com estirpes de rizóbios nativos ou exógenos.

As médias referentes à massa seca de nódulos por planta obtidas no tratamento envolvendo a coinoculação nas sementes com *R. tropici* + *A. brasilense*, mesmo não diferindo, foram abaixo do esperado. Na literatura encontra-se trabalhos que relatam a possibilidade de, em alguns casos, haver competição entre essas bactérias quando coinoculadas, promovendo efeito antagônico se comparada à essas isoladas.

Veronezi *et al.* (2012) obtiveram resultados semelhantes a este trabalho ao comparar tratamentos inoculados com *R. tropici* e coinoculados com estirpes de *A. brasilense* em feijoeiro do cv. Pérola, cujo não houve efeito positivo da coinoculação sobre nodulação, massa seca de parte aérea e teor de N na parte aérea.

Bárbaro *et al.* (2009) avaliaram, em soja, inoculação com *Bradyrhizobium* e coinoculação com *A. brasilense* e, referente à massa seca de nódulos, além de não diferir da testemunha (não inoculada e não adubada), também apresentou média inferior em 13,96% à inoculação com, apenas, *Bradyrhizobium*. Seus dados diferiram apenas da testemunha adubada com 200 kg ha⁻¹ parcelado de N, dose muito acima da utilizada no presente experimento.

As maiores médias obtidas foram referentes ao tratamento inoculado nas sementes com *R. tropici*, reinoculados em V₄ ou R₅, sugerindo que as reinoculações somaram ao número de nódulos por planta resultando em maior massa seca. O mesmo comportamento foi notado nos tratamentos inoculado nas sementes com *A. brasilense* e coinoculado com *R. tropici* + *A. brasilense*, porém não atingindo valores tão expressivos quanto ao supracitado.

Tabela 4. Desdobramento da interação das médias da massa seca de nódulos por plantas entre momentos de reinoculação e manejos em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpe de *Rhizobium tropici*, Selvíria – MS, 2019.

Manejos	Momentos de Reinoculação		
	Testem nha	Reinoculação em V4	Reinoculação em R5
	(mg pl ⁻¹)		
Testemunha	463,97Aa	393,57Aa	122,30Bc
Adubação com 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura	150,33Aa	144,97Ab	69,65Ac
Az nas sementes	365,27Aa	522,83Aa	490,57Ab
Rz + Az nas sementes	182,67Aa	295,57Ab	319,03Ac
Rz nas sementes	316,63Ba	602,13Aa	797,03Aa

Nota: Médias seguidas por letras distintas minúsculas em coluna e maiúsculas em linhas são estatisticamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) de acordo com o teste de Scott - Knott.

Ainda sobre os parâmetros de nodulação, por ocasião do estágio R₇ (Tabela 5), nenhuma das variáveis analisadas, em ambos os anos experimentais, diferiram estatisticamente entre os tratamentos. Vale ressaltar que, comparando as médias das variáveis do estágio R₅ e R₇, houve uma redução, que já era prevista, no número de nódulos e massa seca de nódulos por planta. Isso em função de boa parte dos nódulos entrarem, naturalmente, em processo de senescência após o florescimento culminando na deterioração dos mesmos (DIAS, 2017).

Em 2018, as maiores médias obtidas foram no tratamento inoculado nas sementes com *A. brasilense* e, em 2019, foi no tratamento inoculado nas sementes com *R. tropici* e, como supracitado na Tabela 4, é possível que, em alguns casos, o

desempenho de bactérias isoladas sobressaia a coinoculação em função de uma competição entre elas (VERONEZI *et al.*, 2012; WIBBELT, 2019).

Corsini (2014) avaliou, em sistema plantio direto, o efeito da inoculação com *R. tropici*, coinoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* e doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) sobre feijão de inverno irrigado e não verificou diferenças entre os tratamentos inoculados e coinoculado quando comparado à testemunha para número e massa seca de nódulos por planta.

Quanto à viabilidade dos nódulos no estágio R₇, nos dois anos experimentais, não houve diferenças estatísticas, ou seja, as reinoculações, assim como as inoculações e coinoculação não foram suficientes para prover número de nódulos que mantivesse ativo um maior percentual de nódulos no estágio R₇, nas condições experimentais submetidas.

Numericamente, os tratamentos que envolveram inoculações e coinoculação nas sementes mantiveram-se acima do tratamento com adubação nitrogenada em cobertura para número e massa seca de nódulos. Na literatura é comum encontrar trabalhos que corroborem com o comportamento destes dados a respeito do efeito negativo do N mineral sobre o desempenho das rizobactérias (PELEGRIN *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2011; RAMIRES *et al.*, 2018).

Corsini (2014) verificou que doses de N, a partir de 60 kg ha⁻¹, afetaram negativamente o número e massa de nódulos. Xavier *et al.*, (2008) testaram doses de N, na forma de ureia, na presença e ausência de inoculação em feijão caupi e verificaram que, na presença de doses superiores a 80 kg ha⁻¹ de N no solo, a simbiose foi inibida e que pequenas quantidades puderam favorecê-la.

O bom desempenho das bactérias fixadoras de nitrogênio depende não apenas delas em si, mas também de fatores externos e, é variável de acordo com as condições edafoclimáticas cujo está submetida, além de alguns fatores dessa interação bactéria-planta que não foram completamente elucidados.

De forma geral, é possível considerar que, no presente trabalho, todos os tratamentos apresentaram adequada nodulação (Tabelas 3 e 5), uma vez que de 10 a 20 nódulos por planta e massa seca acima de 100 mg por planta é um valor considerado satisfatório para um bom desempenho da FBN (STRALIOTTO, 2002; SILVA NETO *et al.*, 2013).

Tabela 5. Médias do número de nódulos por planta em R7 (NPR7), nódulos viáveis em R7 (NVR7) e matéria seca de nódulos em R7 (MSNR7) em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpe de *Rhizobium tropici*, Selvíria – MS, 2018 e 2019.

Tratamento	2018			2019		
	NPR7 (n° pl ⁻¹)	NVR7 (n° pl ⁻¹)	MSNR7 (mg pl ⁻¹)	NPR7 (n° pl ⁻¹)	NVR7 (n° pl ⁻¹)	MSNR7 (mg pl ⁻¹)
Momento de reinoculação (R)						
Testemunha	35,13	20,53	66,88	37,27	15,67	189,06
Reinoculação em V ₄	55,33	29,33	89,59	29,69	14,33	170,48
Reinoculação em R ₅	42,53	19,53	75,31	33,40	17,25	197,49
Manejo (M)						
Testemunha	32,78	14,00	61,64	36,30	20,06	185,72
Adubação com 90 kg ha ⁻¹ de N em cobertura	43,44	18,89	75,49	13,39	5,62	54,98
Az nas sementes	54,44	38,33	92,96	32,44	12,71	185,70
Rz + Az nas sementes	50,78	22,67	91,73	37,19	19,20	244,69
Rz nas sementes	40,22	21,78	64,47	47,95	20,37	256,30
Teste F						
R	0,39 ^{ns}	2,34 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,14 ^{ns}
M	1,10 ^{ns}	2,90 ^{ns}	1,18 ^{ns}	2,07 ^{ns}	2,17 ^{ns}	1,65 ^{ns}
R x M	0,96 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,72 ^{ns}
CV (%)	55,50	69,59	52,53	78,54	84,18	100,00
CV (%)	60,71	71,40	44,92	72,58	88,89	78,01
Média geral	44,33	23,13	77,26	33,45	15,59	185,68

Nota: *, **, ns: significativo à 5%, 1% e não significativo pelo Teste F, respectivamente

Nota: médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$).

Nos atributos morfológicos (Tabela 6) foi detectada interação entre os fatores, com respeito a massa seca de parte aérea em 2018 e, diferenças entre os manejos para massa seca de parte aérea e de raiz em 2019, porém a massa seca de raiz em 2018 não apresentou diferenças significativas. Em 2018 e 2019, o tratamento que proporcionou maior massa seca de parte aérea foi adubação em cobertura com 90 kg ha⁻¹ de N e, em 2019, também se destacou o tratamento de inoculação nas sementes com *A. brasilense*.

O nitrogênio é o elemento mineral mais abundante nas plantas por participar na síntese de aminoácidos, constituintes de proteínas, enzimas, coenzimas e formação de nucleotídeos importantes no metabolismo celular (MARENCO; LOPES, 2005), sendo assim a fertilização mineral, em virtude da sua disponibilidade imediata, contribui positivamente no crescimento das plantas tanto de parte aérea como raiz. No presente trabalho, comparando o tratamento de adubação nitrogenada em cobertura à testemunha, houve um incremento de 62,87 e 85,28% de massa seca de parte aérea, em 2018 e 2019, respectivamente e 56,75% de raiz em 2019.

Resultados semelhantes foram obtidos por Ramires (2014), cuja maior média, do tratamento inoculado com *R. tropici* em comparação ao não inoculado, foi apenas, quando na ausência do fertilizante mineral nitrogenado. Porém na média geral, quando adubado com 20 kg ha⁻¹ de N em semeadura e 100 kg ha⁻¹ em cobertura, foi constatado incremento de 25% na massa seca de parte aérea no tratamento não inoculado em comparação ao inoculado.

Os dados discordam de Pelegrin *et al.* (2009) que não obtiveram diferenças significativas entre a testemunha, tratamentos envolvendo inoculação com *R. tropici*, tratamentos envolvendo doses de N e, também não houve ajuste significativo a um modelo de regressão. Porém, os mesmos autores afirmam haver respostas variadas na literatura quanto à produção de matéria seca de parte aérea, podendo estas serem positivas, como no presente trabalho, ou não significativas como no trabalho deles.

A resposta significativa, no ano de 2019, referente à inoculação de *A. brasilense* nas sementes se deve a capacidade desta bactéria em promover a síntese de fitormônios pelas plantas, viabilizando o desenvolvimento de parte aérea e, também, aumento no volume e/ou comprimento radicular e, desta forma, o maior desenvolvimento radicular pode permitir a exploração de um volume mais amplo de solo (BÁRBARO *et al.*, 2008), refletindo diretamente na nutrição e no acúmulo de matéria seca. Numericamente, houve incremento considerável de 50,10% de massa seca de parte aérea e 58,56% de massa seca de raiz comparados à testemunha, quando se inocula com *A. brasilense*.

Corsini (2014) obteve resultados diferentes, cuja presença de *A. brasilense*, seja inoculado seja coinoculado, incrementou na massa seca de raiz comparados à testemunha, no primeiro ano experimental. Contudo não foi suficiente para diferirem estatisticamente, ainda assim, a autora também atribui estes resultados às contribuições fisiológicas inerentes à bactéria, seja pela fixação biológica, seja pela produção de fitormônios.

Souza (2015) em experimento envolvendo coinoculação de *R. tropici* + *A. brasilense* em feijoeiro comum, quando aplicado o tratamento de inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* (SEMIA 4080), mais uma pulverização de três doses de *A. brasilense* (AbV-5), obteve maior massa seca de raiz comparada aos demais tratamentos, inclusive à testemunha nitrogenada e, também, o autor atribui tais resultados à inoculação com *A. brasilense*.

Os resultados obtidos em relação à bactéria *A. brasilense* corroboram com a literatura, reproduzindo nas plantas tratadas a capacidade de igualar-se morfológicamente ao tratamento que foi adubado com 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Mostrando-se uma

técnica viável, visto que o inoculante apresenta menor valor de mercado do que o fertilizante mineral.

Em relação ao primeiro ano não ter manifestado os mesmos resultados quanto massa seca de raiz, como supracitado, ainda há diversos fatores da relação entre estes microrganismos e a plantas que não foram completamente elucidados (AMARAL, 2014), posto isso em algumas ocasiões, ainda que realizado na mesma área experimental, os resultados podem variar de um ano para o outro.

Tabela 6. Médias de massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpe de *Rhizobium tropici*, Selvíria – MS, 2018 e 2019.

Tratamento	2018		2019	
	MSPA (g pl ⁻¹)	MSR (g pl ⁻¹)	MSPA (g pl ⁻¹)	MSR (g pl ⁻¹)
Momento de reinoculação (R)				
Testemunha	17,93	1,19	25,33	1,46
Reinoculação em V ₄	15,53	1,17	26,64	1,39
Reinoculação em R ₅	16,60	1,25	22,10	1,24
Manejo (M)				
Testemunha	15,03b	1,05	19,16b	1,11b
Adubação com 90 kg ha ⁻¹ de N em cobertura	24,48a	1,50	35,50a	1,74a
Az nas sementes	13,93b	1,19	28,76a	1,76a
Rz + Az nas sementes	13,09b	1,08	19,28b	1,12b
Rz nas sementes	16,90b	1,20	19,07b	1,09b
Teste F				
R	0,82 ^{ns}	2,56 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,92 ^{ns}
M	6,05 [*]	2,78 ^{ns}	6,50 ^{**}	10,39 ^{**}
R x M	2,97 [*]	1,20 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,94 ^{ns}
CV (%)	33,51	26,35	36,16	24,18
CV (%)	23,63	22,92	28,31	22,21
Média geral	16,69	1,20	24,36	1,36

Nota: *, **, ns: significativo à 5%, 1% e não significativo pelo Teste F, respectivamente

Nota: médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$).

Realizando o desdobramento dos dados (Tabela 7) referentes à interação dos fatores para massa seca de parte aérea em 2018 (Tabela 6), não foi possível identificar um padrão biológico que sugira que a reinoculação tenha interferido em incremento de parte aérea. Entretanto vale ressaltar que, comparado à testemunha, houve incremento entre, 12,3 e 100% de matéria seca de parte aérea quando tratado com adubação

nitrogenada em cobertura e, o comportamento desses dados, corroboram com os mesmos apresentados referentes a 2019.

O tratamento envolvendo inoculação nas sementes com *R. tropici* e não reinoculados também apresentou um incremento significativo de 76,93% comparado à testemunha, podendo ser atribuído ao efeito da adubação de semeadura associada à inoculação com *R. tropici*. Barros *et al.* (2013) constataram que a presença de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura somada à inoculação com *R. tropici*, além de não inibir a nodulação, possibilitou o aumento na MSPA e produtividade, em comparação ao tratamento apenas inoculado ou adubado em semeadura.

Tabela 7. Desdobramento da interação das médias da massa seca de parte aérea entre momentos de reinoculação e manejos em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpe de *Rhizobium tropici*, Selvíria – MS, 2018.

Manejos	Momentos de Reinoculação		
	Testemunha	Reinoculação em V4	Reinoculação em R5
	-----(g pl⁻¹)-----		
Testemunha	13,44Ab	13,58Aa	18,07Aa
Adubação com 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura	26,93Aa	26,24Aa	20,30Aa
Az nas sementes	14,12Ab	14,49Aa	13,19Aa
Rz + Az nas sementes	10,44Ab	12,32Ab	16,52Aa
Rz nas sementes	23,78Aa	13,44Ba	13,49Ba

Nota: Médias seguidas por letras distintas minúsculas em coluna e maiúsculas em linhas são estatisticamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) de acordo com o teste de Scott - Knott.

No que se refere ao teor de N foliar, em 2018 e 2019 e, nos grãos, em 2018, (Tabela 8), não foram detectadas diferenças estatísticas. Essa diferença se deu, apenas, referente à reinoculação para teor de N nos grãos em 2019, cuja testemunha se destacou com a maior média. É possível que, com o menor número de vagens por planta, as plantas puderam investir em metabólitos e maior teor de N nos grãos existentes.

É importante destacar, que o teor de N na parte aérea está dentro da faixa considerada como adequada para o feijoeiro, estimados entre 30 e 50 g kg⁻¹ (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997)

Os resultados obtidos corroboram com Kaneko *et al.* (2010) que, em seu experimento envolvendo manejo, doses de N e inoculação com *R. tropici*, não verificaram incremento no teor de N em parte aérea quando comparando os tratamentos com presença e ausência de inoculação, e quanto às doses de N, a diferença foi apenas quando adubado acima de 120 kg ha⁻¹ de N, valor superior ao utilizado no presente experimento.

Fornasieri Filho *et al.*, (2007) avaliando a resposta de cultivares de feijoeiro às doses de N mineral, verificaram no primeiro ano experimental, valores na faixa de 33 a 35 g kg⁻¹ de N, pouco acima, no primeiro ano, e abaixo, no segundo ano, dos obtidos nesse experimento. Lembrando que os teores podem variar de acordo com a localidade, cultivar, safras, ano de cultivo e condições edafoclimáticas (BURATTO *et al.*, 2009).

Pelos resultados apresentados, as bactérias foram capazes de realizar o aporte de N suficiente para cumprir a demanda do feijão e, foram capazes de igualar-se, estatisticamente, ao tratamento com adubação nitrogenada em cobertura.

Levando em conta as médias obtidas, quanto ao teor de N nos grãos, também, os tratamentos com inoculação e coinoculação foram capazes de manter-se equiparados ao tratamento com adubação nitrogenada em cobertura. No primeiro ano variou de 31 a 32 g kg⁻¹ e no segundo ano de 37 a 41 g kg⁻¹, não sendo uma diferença expressiva, isto é, o valor proteico dos grãos foi mantido em níveis satisfatórios por meio da FBN.

Ramires *et al.* (2018) obtiveram a maior média para teor de N nos grãos no tratamento que recebeu 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura, o tratamento inoculado com *R. tropici* diferiu estatisticamente, apenas, quando não adubado em semeadura, nem em cobertura e, os autores consideraram os valores obtidos em todos os tratamentos como adequados, estes oscilaram entre 39,6 a 53,2 g kg⁻¹.

O índice clorofila folia (ICF) não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos em nenhum dos anos experimentais, não sendo influenciado pelas inoculações e coinoculação nas sementes, nem pela adubação em cobertura com 90 kg ha⁻¹ de N. Apesar do comportamento dos dados ser semelhante ao relatado por Corsini (2014), este resultado vai em descontrao a autora, pois constatou que na dose 0 de adubação nitrogenada, a inoculação de sementes com *R. tropici* apresentou significativamente ICF superior à inoculação de sementes com *A. brasilense*.

De acordo com Taiz e Zeiger (2009), é função das clorofilas, captar da luz solar, oxidação da água, seguida da liberação do oxigênio e redução do dióxido de carbono, culminando na formação de cadeias carbônica e açúcares. À vista disso, o ICF mostra-se eficiente para determinar o estado nutricional das plantas visto que estudos mostraram que há relação significativa e positiva entre o teor de N e teor de clorofila nas folhas do feijoeiro (FURLANI JUNIOR *et al.*, 1996; SORATTO; CARVALHO; ARF, 2004).

Em ambos os anos experimentais, o tratamento que obteve as menores médias foi o inoculado nas sementes com *A. brasilense*, porém de forma geral os dados obtidos apresentam-se coerentes com o estado nutricional das plantas e as produtividades obtidas

Tabela 8. Médias teor de N foliar (TNF), teor de N em grão (TNG) e Índice de clorofila foliar (ICF) em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpe de *Rhizobium tropici*, Selvíria – MS, 2018 e 2019

Tratamento	2018			2019		
	TNF	TNG	ICF	TNF	TNG	ICF
	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	SPAD	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	SPAD
Momento de reinoculação (R)						
Testemunha	32,11	35,37	39,59	45,43	31,72a	37,83
Reinoculação em V ₄	32,19	33,30	38,08	44,97	30,02b	38,34
Reinoculação em R ₅	32,85	32,70	38,40	44,78	30,74b	38,57
Manejo (M)						
Testemunha	31,96	33,76	40,27	46,74	30,55	38,10
Adubação com 90 kg ha ⁻¹ de N em cobertura	31,97	33,44	37,12	43,87	30,36	39,19
Az nas sementes	32,32	36,22	36,90	44,92	30,05	37,76
Rz + Az nas sementes	32,18	33,18	38,00	45,30	30,14	38,22
Rz nas sementes	31,81	33,35	41,17	44,47	32,04	37,97
Test F						
R	0,47 ^{ns}	0,44 ^{ns}	2,84 ^{ns}	0,14 ^{ns}	3,09*	0,84 ^{ns}
M	0,20 ^{ns}	1,95 ^{ns}	2,43 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,56 ^{ns}
R x M	1,00 ^{ns}	1,97 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,66 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,43 ^{ns}
CV (%)	4,23	8,79	9,56	10,42	9,17	3,46
CV (%)	3,32	9,05	10,29	7,58	7,04	4,18
Média geral	32,05	33,79	38,69	45,06	30,82	38,25

Nota: *, **; ns: significativo à 5%, 1% e não significativo pelo Teste F, respectivamente

Nota: médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$).

O número de vagens por planta, número de grãos por vagem, produtividade de grãos em 2018 e 2019, e massa de cem grãos em 2019 (Tabela 9) não apresentaram diferenças significativas. Isto é, o uso de bactérias fixadoras de N foi capaz de suprir/manter níveis satisfatórios de alguns componentes de produção e produtividade.

Houve uma oscilação, para o número de vagens por planta, entre 13 e 16 referente ao cultivar BRS Estilo e 17 a 21 referente ao cultivar IPR Campos Gerais, sendo as maiores médias (16 e 21) atribuídas ao tratamento com adubação nitrogenada em cobertura. Em 2018 as médias são consideradas adequadas para o cultivar de acordo com a densidade sementes por metro linear que foi semeado o experimento (MONDO & NASCENTE, 2018). Porém, em 2019 estes encontraram-se acima, visto que se esperava médias em torno de 14 vagens por planta (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR, 2011).

Os dados discordam de Schossler *et al.* (2016) que, avaliaram os componentes de produção e produtividade de feijão quando inoculado com *R. tropici* e/ou *A. brasilense* e, as inoculações e coinoculações promoveram incremento no número de vagens por planta, porém também em altura, fator que pode contribuir nesta variável.

Por outro lado, Bellaver e Fagundes (2009) também não constataram diferenças estatísticas ao avaliarem os efeitos da inoculação ou não com *R. tropici*, associada à presença e ausência de adubação nitrogenada em semeadura (0 e 10 kg ha⁻¹) e/ou cobertura (0 e 40 kg ha⁻¹). Os mesmos autores verificaram uma média de 9,12 e 14,1 vagens por planta.

Nos dois anos, foi mantida média de 5 grãos por vagem entre os tratamentos, logo nenhum dos tratamentos foi capaz de influenciar nessa variável. Esses dados ratificam que, assim como número de vagens por planta, essa também é uma característica de alta herdabilidade e, dificilmente serão modificadas em função do manejo, exceto quando muito bem nutridas as plantas que, respondendo em maior altura e maior número de ramos produtivos, possivelmente replicará no número de vagens (CARVALHO *et al.*, 2001; CAIXETA *et al.*, 2016) e, também, pode contribuir com a fixação de flores e vagens (PORTES, 1996).

A massa de cem grãos apresentou maiores valores, apenas, no ano de 2018 ($p \leq 0,01$) para os manejos adotados, sendo eles: adubação nitrogenada em cobertura e coinoculação de *A. brasilense* + *R. tropici* nas sementes e testemunha. O valor estimado para MCG do cultivar BRS Estilo é de 26 gramas e do cultivar IRP Campos Gerais é de 24 gramas. Logo, mesmo os tratamentos com as menores médias (inoculação com rizóbio: 27,43 g e coinoculação: 27,36, respectivamente), mantiveram-se superiores às médias esperadas para os cultivares. Em todo caso, os dados demonstram que a qualidade nutricional, foram mantidas e supridas pelos tratamentos com uso de bactérias fixadoras nas condições experimentais avaliadas.

Quanto à produtividade de grãos, as médias não diferiram, em ambos os anos experimentais, porém apresentaram comportamentos diferentes. No primeiro ano, a maior média obtida foi referente ao tratamento com adubação nitrogenada em cobertura que proporcionou um ganho de 12,48% em comparação à testemunha, valor que representa cerca de 6,32 sc ha⁻¹. Já no segundo ano a maior média obtida foi referente ao tratamento em que foi realizado coinoculação nas sementes, o ganho foi de 18,67% comparado à testemunha, valor que equivale à 10,06 sc ha⁻¹.

Estes tratamentos assim foram suficientes para incrementar a produtividade de feijão a ponto de equivaler-se ao tratamento com a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Com a ressalva de que, no segundo ano experimental, a coinoculação foi capaz de superá-lo em 16,75%, isso representa 9,18 sc ha⁻¹. A produtividade média do cultivar IPR Campos Gerais foi 10,34% superior ao cultivar BRS Estilo, corroborando com os dados de teste de lançamento do cultivar (IAPAR, 2011).

Quanto à testemunha não ter diferido estatisticamente dos demais tratamentos, é possível, ocasionalmente, seja obtido altos rendimentos em condições de sistema plantio direto (SORATTO *et al.*, 2013) em solos que a fertilidade foi construída.

Schossler *et al.*, (2016) e, seus resultados diferem do presente experimento, visto que apresentaram diferenças estatísticas do tratamento coinoculado com *R. tropici* + *A. brasilense* em comparação à testemunha. Entretanto, o incremento obtido pelos autores foi de, aproximadamente, 26% que, naquelas condições, representa 8,40 sc ha⁻¹, valor menor do que o obtido no presente experimento.

Filla (2019) obteve resultados semelhantes quanto ao manejo de fornecimento de N, porém diferente quando comparados à testemunha, isto é, os tratamentos que envolveram inoculação com *R. tropici* e coinoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* não diferiram estatisticamente do tratamento com adubação em cobertura de 90 kg ha⁻¹ de N (ureia) em V₄, porém estes diferiram da testemunha sem inoculação e sem adubação.

Almeida Junior (2018) avaliou dois cultivares de feijão caupi (BRS 17 Gurgueia e BRS Guariba) submetidos à adubação de 70 kg ha⁻¹ de N, inoculação com *R. tropici* ou coinoculado com *R. tropici* + *A. brasilense*, na qual o número de grãos por vagem e o número de vagens por planta não foram influenciados de forma significativa e, apesar dos tratamentos diferirem da testemunha, o tratamento coinoculado também respondeu com uma produtividade maior do que quando adubado em cobertura em 14,36%, correspondente à 2,44 sc ha⁻¹.

Estes resultados reforçam que a coinoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* no feijoeiro, além de incrementar à produtividade, tem como benefício o fator econômico e ambiental, levando em consideração os valores de aquisição do inoculante comercial e do fertilizante mineral.

Tabela 9. Médias número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M100) e produtividade (PROD) em feijão de inverno em função do manejo e reinoculação com estirpe de *Rhizobium tropici*, Selvíria – MS, 2018 e 2019

Tratamento	2018				2019			
	NVP n pla ⁻¹	NGV g vg ⁻¹	M100 g	PROD kg ha ⁻¹	NVP n pla ⁻¹	NGV g vg ⁻¹	M100 g	PROD kg ha ⁻¹
Momento de reinoculação (R)								
Testemunha	14,50	5,07	28,17	3.140	18,08	5,25	27,81	3484
Reinoculação em V ₄	14,40	5,10	28,01	3.047	19,00	5,30	27,69	3476
Reinoculação em R ₅	13,50	5,04	27,90	3.153	19,95	5,20	27,45	3344
Manejo (M)								
Testemunha	14,08	5,18	28,13a	3.036	18,33	5,58	27,44	3235
Adubação com 90 kg ha ⁻¹ de N em cobertura	16,08	4,92	28,73a	3.415	21,66	5,08	27,66	3288
Az nas sementes	13,92	5,08	27,68b	2.937	20,75	5,17	27,92	3596
Rz + Az nas sementes	13,17	5,00	28,16a	3.044	17,00	5,08	27,36	3839
Rz nas sementes	14,42	5,18	27,43b	3.134	17,25	5,33	27,86	3.215
Teste F								
R	0,44 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,47 ^{ns}
M	1,08 ^{ns}	1,22 ^{ns}	6,14 ^{**}	1,72 ^{ns}	1,89 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,65 ^{ns}
R x M	0,61 ^{ns}	1,85 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,66 ^{ns}
CV (%)	32,88	6,96	2,50	15,48	27,90	11,84	3,35	21,46
CV (%)	26,24	8,95	2,96	13,32	23,93	7,65	2,33	14,95
Média geral	14,13	5,07	28,02	3.113	19,00	5,25	27,65	3435

Nota: *, **, ns: significativo à 5%, 1% e não significativo pelo Teste F, respectivamente

Nota: médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$).

5 CONCLUSÃO

A adubação em cobertura com 90 kg ha⁻¹ de N (ureia) e inoculação com *A. brasilense* nas sementes incrementou massa seca de parte aérea e massa seca de raiz de feijoeiro.

A adubação nitrogenada (90 kg ha⁻¹ de N) e a coinoculação incrementaram na massa de 100 grãos em 2018.

A ausência de reinoculação (testemunha), apresentou maior teor de N nos grãos por efeito concentração.

A inoculação com *Rhizobium tropici* e coinoculação via semente com *Azospirillum brasilense* proporcionaram produtividades significativas semelhantes à adubação em cobertura com 90 kg ha⁻¹ de N.

A adubação em cobertura com 90 kg ha⁻¹ de N reduziu o número, massa seca e viabilidade nos nódulos por planta no estágio R₅ e R₇.

A inoculação nas sementes com *R. tropici* ou *A. brasilense* e coinoculação de ambos, garantiu maior número e massa seca de nódulos no estágio R₅ e R₇.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JUNIOR, C. A. **Análise da inoculação e adubação nitrogenada em duas variedades de feijão caupi**. 2018. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2018.
- ALMEIDA, C.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. Ureia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 293-298, 2000.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- AMARAL, C. B. ; PINTO, C. P.; FLÔRES, J. A.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1602-1609, 2016.
- AMARAL, F. P. do. **Interação de bactérias benéficas associativas (*Herbaspirillum seropedicae* e *Azospirillum brasilense*) com diferentes espécies de gramíneas (*Zea mays*, *Brachypodium distachyon* e *Setaria viridis*)**. 2014. 121 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. *In*: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI A. M. C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação Instituto Agrônomo de Campinas, 1996. p. 187-199.
- AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; GUIRADO, N.; SCHAMMASS, E. A.; MURAOKA, T.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, G. M. B. Adubação verde na agricultura orgânica. *In*: LIMA FILHO, O. F. L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: DF: Embrapa, 2014. v. 2, 478 p.
- AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; CANTARELLA, H. Feijão. *In*: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, Â. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação - IAC, 1997. p. 194-195.
- ANDRAUS, M. P. **Nodulação de cultivares de feijoeiro-comum influenciada por diferentes ciclos de crescimento**. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- ARAÚJO, G. A. A.; VIEIRA, C.; MIRANDA, G. V. Efeito da época de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura sobre o rendimento do feijão, no período de outono-inverno. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 236, p. 442-450, 1994.

ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Postafós, 1996. 786 f.

ARF, M. V.; BUZETTI, S.; ARF, O.; KAPPES, C.; FERREIRA, J. P.; GITTI, D. C. YAMAMOTO, C. J. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 430-438, 2011.

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. 2008. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm . Acesso em: 15 jan. 2020.

BÁRBARO, I. M.; MACHADO, P. C.; BÁRBARO JUNIOR, L. S.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. Produtividade da soja em resposta á inoculação padrão e co-inoculação. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2009.

BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Determinação da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado com auxílio do clorofilômetro portátil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 1843-1848, 2008.

BARBOSA, F. B.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p. Documentos, 272.

BARROS R, L. N.; OLIVEIRA, L. B.; MAGALHÃES, W. B.; MÉDICI, L. O.; PIMENTEL, C. Interaction between rizobial inoculation and sowing nitrogen fertilization on yield of common bean crop at dry and rainy seasons. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1443-1450, 2013.

BELLAVER, A.; FAGUNDES, R. S. Inoculação com *Rhizobium tropici* e uso do nitrogênio na base e por cobertura na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 1-10, 2009.

BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30 n. 3, p. 581-588, 2009.

BURATTO J. S.; CIRINO, V. M.; SCHOLZ, M. B. S.; LANGAME, D. E. M.; FONSECA JUNIOR, N. S.; PRÉTE, C. E. C. Variabilidade genética e efeito do ambiente para o teor de proteína em grãos de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 593-597, 2009.

BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GAZOLA, R. N.; DINALLI, P. R. Aspectos gerais da adubação da cultura. *In*: ARF, O. *et. al.*, (org.). **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L.** Botucatu: FEPAF, 2015. Cap. 5 p. 77-109.

CAIXETA, L. C.; VEIGA, A. D.; VEIGA, P. O. A.; ANDRADE, M. J. B.; REIS, M. C. S. Co-inoculação de *Rhizobium*, *Azospirillum* e *Trichoderma* na cultura do feijoeiro comum. In: JORNADA CIENTIFICA E TECNOLÓGICA, 8, SIMPOSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, 5, 2016, Passos. **Anais [...]**. Passos: [s.n.], 2016.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.

CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZZETTI, S.; SANTOS, N. C. B.; BASSAN, D. A. Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamento e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 617-624, 2001.

CARVALHO, M. A. F.; SILVEIRA, P. M.; SANTOS, A. B. **Utilização do clorofilômetro para racionalização da adubação nitrogenada nas culturas do arroz e do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 14 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 205). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57145/1/ct205.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **feijão**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2008. p. 143-170.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. v. 9 safra 2018 – Nono levantamento, Brasília: CONAB, 2018. p. 1-178.

CONCKLIN, N. C. Feijão nos EUA. **AgroANALYSIS**, São Paulo, v. 11, n. 5, p. 19-21, maio 1987.

CONSELHO NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL-Consea. **A segurança alimentar e nutricional e o direito humano à alimentação adequada no Brasil**: indicadores e monitoramento da constituição de 1988 aos dias atuais. Brasília: Consea, 2010. 284 p.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 2, v. 23, p. 425-432, 1999.

CORSINI, D. C. D. C. **Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* e adubação nitrogenada em cobertura em feijoeiro de inverno irrigado em sistema plantio direto**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2014.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica

impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 56-63, 2012.

DALMAGO, G. A. **Dinâmica da água no solo em cultivos de milho sob sistema de plantio direto e preparo convencional**. 2004. 268 f. Tese (Doutorando em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DEAK, E. A. **Temperatura e umidade do solo na co-inoculação na cultura da soja**. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

DIAS, P. A. S. **Potencial genético de linhagens elite de feijoeiro comum para fixação biológica de nitrogênio**. 2017. 113 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal do Goiás, Goiânia, 2017.

DIAS, P. C.; PEREIRA, M. S. F.; KASUYA, M. C. M.; PAIVA, H. N.; OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A. Micorriza arbuscular e rizóbios no enraizamento e nutrição de mudas de angico-vermelho. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1027-1037, 2012.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas (FAO 33)**. Campina Grande: Universidade Federal de Paraíba, 1994. 306 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212 p.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FALKER. **Automação agrícola: Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030)**. Porto Alegre, 2008. 33 p. Disponível em: http://www.falker.com.br/produto_download.php?id=4. Acesso em: 13 dez. 2019.
FAOSTAT. **Crops**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 28 jan. 2019.

FERREIRA, E. P. B.; MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; ARAÚJO, J. L. S.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; ARAÚJO, A. P. Contribuições para a melhoria da eficiência da fixação biológica do nitrogênio no feijoeiro comum no Brasil. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 251-281, 2013.

FILLA, V. A. **Atributos agrônômicos e qualitativos de cultivares de feijoeiro-comum sob monitoramento e manejos de fornecimento de nitrogênio utilizando clorofilômetro portátil**. 2019. 44 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2019.

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. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29 n. 6, p. 1778-1787, 2013.

FORNASIERI FILHO, D.; XAVIER, M. A.; LEMOS, L. B.; FARINELLI, R. Response of common bean cultivars to nitrogen fertilization in a no-tillage system. **Científica Jaboticabal**, v. 35, n. 2, p. 115-121, 2007.

FRANCISCON, H.; WEBER, P.; ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. P.; RAMPIM, L.; YASSUE, R. M.; Inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio no feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, p. 222-235, 2014.

FURLANI JUNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L. J.; MOREIRA, J. A. A.; GRASSI FILHO, H. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 171-175, 1996.

GOMES, P. E.; BISCARO, G. A.; ÁVILLA, M. R.; LOOSLI, F. S.; VIEIRA, C. V.; BARBOSA, A. P. Desempenho agrônômico do feijoeiro comum de terceira safra sob irrigação na região Noroeste do Paraná. **Semina: Ciências agrárias**, Londrina v. 33, n. 3, p. 889-910, 2012.

GONÇALVES, J. G. R.; CHIORATO, A. F.; PERINA, E. F.; CARBONELL, S. A. M. Estabilidade fenotípica em feijoeiro estimada por análise ammi com genótipo suplementar. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 863-871, 2009.

GUIMARÃES, C. M. Efeitos fisiológicos do estresse hídrico. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p. 157-174.

HERNANDEZ-ARMENTA, R.; WIEN, H. C.; EAGLESHAN, A. R. J. Maximum temperature for nitrogen fixation in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 5, p. 1260-1265, 1989.

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. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

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

HUNGRIA, M.; CAMPOS, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja**. 2001. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/459673/1/circTec35.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2018.

HUNGRIA, M.; KASCHUK, G. Regulation of N₂ fixation and NO₃⁻/NH₄⁺ assimilation in nodulated and N-fertilized *Phaseolus vulgaris* L. exposed to high temperature stress. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 98, p. 32-39, 2014.

INFORZATO, R. ; MIYASAKA, S. Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solo do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 22, n. 38, p. 477-481, 1963.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado**. Disponível em: <http://www.iapar.br/pagina-1363.html>. Acessado em: 30 jan. 2020.

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.

MACEDO, R. M. ; LIMA, A. A. ; CASTRO, G. R. ; CONUS, L. A. ; SILVA, E. A. Eficiência da Coinoculação de Bactérias Diazotróficas no Crescimento e Produtividade do Feijoeiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIAS DO SOLO, 35, 2015, Natal. **Anais [...]**. Natal: SBCS, 2015. Disponível em: <http://eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/256.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2019.

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

MARCO, K.; DALLACORT, R.; JÚNIOR, C. A. F.; FREITAS, P. S. L.; VILLELA, T. G. Aptidão agroclimática e características agronômicas do feijão-comum semeado na safra das águas em Tangará da Serra – MT. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 160, 2012.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 451 p.

MEIRA, F. A.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005.

MEIRELLES, F. C.; CORSINI, D. C. D. C.; GERLACH, G. A. X.; SILVA, J. C.; GITTI, D. C.; SOUZA, E.; PORTUGAL, J. R.; ARF, O. Coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* em feijão em cultivo irrigado. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (CONAFE), 10, 2014, Londrina. **Anais [...]** Londrina: IAPAR, 2014. Disponível em: http://www.conafe2014.com.br/_apps/trabalhos/277/277_1.rtf. Acesso em: 20 jan. 2020.

MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A. ; LAMAS, F. M. Inoculação de *Rhizobium tropici* e aplicação de adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO

SOLO, 6, 2006, Bonito. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. CD-ROM. (Documentos, 82).

MILCHESKI, V. F. **Nodulação em variedades locais e cultivares comerciais de feijão comum**. 2019. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Plano nacional para o desenvolvimento da cadeia produtiva do feijão e pulses**. Versão 2. Brasília: Mapa; Secretaria Executiva, 2018. 19 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais/feijao/2018/4a-re/minuta-pndcpfp-indicacao-contribuicoes-versao-02-02-2018.pdf>. Acesso em: 24 out. 2019.

MONDO, V. H. V.; NASCENTE, A. S. Produtividade do feijão-comum afetado por população de plantas. **Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 39, p. 89-94, 2018.

MOREIRA, D. K. T.; CARVALHO, C. W. P.; BARCELOS, M. F. P.; FERREIRA, E. B. Avaliação química de snacks expandidos a base de arroz, soja e gergelim. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOOD EXTRUSION, 2., 2010, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2010.

MOUHOUCHE, B.; RUGET, F.; DELÉCOLLE, R. Effects of water stress applied at different phenological phase on yield components of dwarf bean (*Phaseolus vulgaris* L). **Agronomie**, v. 18, n. 3, p. 197-205, 1998.

MOURA, J. B. ; GUARESCHI, R. F.; CORREIA, A. R.; GAZOLLA, P. R.; CABRAL, J. S. R. Produtividade do feijoeiro submetido à adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici*, **Global Science and Technology**, Goiânia, v. 2, n. 3, p. 66-71, 2009.

NEPTUNE, A. M. L.; MURAOKA, T. Aplicação de uréia-¹⁵N em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Carioca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v. 2, n. 1, p. 51-55, 1978.

OLIVEIRA, A. P. S.; SOUSA, C. M.; FERREIRA, E. P. B. Performance of inoculated common bean in response to different cover crops and desiccation times. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 642-652, 2017.

PELEGRIN, R. ; MARTINS MERCANTE, F.; NAKASE OTSUBO, I. M.; AKIO OTSUBO, A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v. 33, n. 1, p. 219-226, 2009.

PELEGRINI, D. F.; BEZERRA, L. M. C.; HASPARYL, R. G. Dinâmica da produção de feijão no Brasil: progresso técnico e fragilidades. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 38, n. 298, p. 84-91, 2017.

PIMENTEL-GOMES, 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.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. *In: ARAÚJO, R. S. et al. Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 101-137.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. *In: ARF, O. et. al. (org.). Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L.* Botucatu: FEPAF, 2015. Cap. 4, p. 65-75.

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

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, P. S. J. Interações genótipos x épocas de semeadura, anos e locais na avaliação de cultivares de feijão nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 2, p. 175-181, 1998.

RAMIRES, R. V. **Inoculante biológico associado ao manejo de nitrogênio na cultura do feijoeiro comum**. 2014. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul. 2014.

RAMIRES, R. V.; BRASIL, M. S.; LIMA, S. F.; SIMON, C. A.; ALVAREZ, R. C. F.; CONTARDI, L. M. Inoculação com rizóbio associado ao manejo de nitrogênio em feijão comum. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 14, n. 1, p. 49-57, 2018.

ROMANINI JUNIOR, A. **Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio no desenvolvimento do feijão em sistema plantio direto**. 2004. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2004.

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; FERNANDES, F. A. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 74-82, 2007.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor de seu feijoeiro. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 68, p. 18, 1994.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1987. 93 p. (Boletim Técnico, 8).

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; ANDRADE, M. J. B.; GERVÁSIO, G. G.; BRAGA, J. C.; LEPRI, E. B. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 532-538, 2009.

- SCHOSSLER, J. H.; MEERT, L.; RIZZARDI, D. A.; MICHALOVICZ, L. Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016.
- SILVA NETO, M. L. DA; SMIDERLE, O. J.; SILVA, K. DA; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; XAVIER, G. J.; ZILLI, J. E. Compatibilidade do tratamento de sementes de feijão-caupi com fungicidas e inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 1, p. 80-87, 2013.
- SILVA, C. S.; RIBEIRO, J. R. **Zoneamento agroclimático para o feijão (2ª safra) nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Bahia**. S.n.t.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 99-106.
- SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; CHIDI, S. N.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2000.
- SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro**. Goiânia: Embrapa/CNPAF, 2001. 230 p.
- SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; VENZKE FILHO, S. P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 923-936, 2010.
- SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Chlorophyll content and grain yield of common bean as affected by nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.
- SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B. ; MUNIZ, J. A.; REIS, R. P. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 87-98, 2002.
- 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, v. 46, n. 4, p. 370-377, 2011.
- SOUZA, J. E. B. **Co-Inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no feijoeiro-comum visando aumento de produtividade e redução de custo de produção**. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- STRALIOTTO, R. **A importância da inoculação com rizóbio na cultura do feijoeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 2002. Disponível em: http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbnl_inocula_feijoeiro. Acesso em: 05 fev. 2020.

STRALIOTTO, R.; RUMJANEK, N. G. **Biodiversidade do rizóbio que nódula o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e os principais fatores que afetam a simbiose.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 51 p. (Documentos, 94).

STREETER, J. G. Nitrate inhibition of legume nodule growth and activity. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 77, n. 2, p. 325-328, 1985.

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

TÁVORA, F. J. A. F.; DINIZ, B. L. M. T. **Cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Fortaleza: UFC, 2006. 2006.

VERONEZI, S. D. F.; COSTA, M. R.; SILVA, A. T.; MERCANTE, F. M. Co-inoculação de rizóbio e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cadernos de Agroecologia**, Dourados, v. 7, n. 2, p. 1-5, 2012. Disponível em: 'http://www.abaagroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/download/13081/8688. Acessado em: 11 jan. 2019.

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

VIEIRA, C. Perspectiva da cultura do feijão e de outras leguminosas de grãos no país e no mundo. *In*: ZIMMERMANN, M. J. O. (ed.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e Fosfato, 1988. Cap. 1, p. 3-19.

VIEIRA, C.; JUNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 600 p.

WANDER, A. L. Produção e consumo de feijão no Brasil. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 2, fev. 2007.

WIBBELT, C. K. **Eficiência na FBN de isolados de rizóbios de solos da região de Curitiba em feijoeiro**. 2019. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/202811/TCC_Camila%20Wibbelt.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 jan. 2020.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F. ; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 2037-2041, 2008.

YAGI, R.; SOUZA ANDRADE, D.; WAURECK, A.; GOMES, J. C. Nodulações e Produtividades de Grãos de Feijoeiros diante da Adubação Nitrogenada ou da Inoculação com *Rhizobium freirei*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1661-1670, 2015.

ZOTARELLI, L.; ZATORRE, N. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, B. J. R. Influence of no-tillage and frequency of a

green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 132, p. 185-195, 2012.

ZWIRTES, A. **Nodulação, crescimento e desenvolvimento de feijão inoculado com diferentes estirpes de *Rhizobium***. 2014. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Lago, 2014.

APÊNDICE A – FOTOS DO EXPERIMENTO

Figura 3. Tratamento químico de sementes, Selvíria (MS), 2018 e 2019.



Fonte: elaboração da própria autora.

Figura 4. Observação da presença de nódulos em plantas em estágio R₅, Selvíria (MS), 2018 e 2019.



Fonte: elaboração da própria autora.

Figura 5. Visão geral das parcelas de feijão em estágio V₄, Selvíria (MS), 2018 e 2019.



Fonte: elaboração da própria autora.

Figura 6. Coleta de massa fresca de feijoeiro em pleno florescimento, Selvíria (MS), 2018 e 2019.



Fonte: elaboração da própria autora.

Figura 7. Leghemoglobina ativa (vermelho) e inativa (verde) em nódulos de feijão Selvíria (MS), 2018 e 2019.



Fonte: elaboração da própria autora.

Figura 8. Reinoculação de *R. tropici*. em feijão de inverno no estágio V₄, Selvíria (MS), 2018 e 2019.



Fonte: elaboração da própria autora.

Figura 9. Coleta de três plantas por unidade experimental que foram realizadas nos estádios R₅ e R₇ para avaliação de número, viabilidade e massa seca de nódulos, Selvíria (MS), 2018 e 2019.



Fonte: elaboração da própria autora.

Figura 10. Leitura indireta de clorofila por meio de clorofilômetro portátil, Selvíria (MS), 2018 e 2019.



Fonte: elaboração da própria autora.