

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

THAIS LANA LOBO SANTANA

**CULTURAS DE COBERTURA DE SOLO NO DESENVOLVIMENTO E
PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO INOCULADO COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

THAIS LANA LOBO SANTANA

**CULTURAS DE COBERTURA DE SOLO NO DESENVOLVIMENTO E
PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO INOCULADO COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS**

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

Prof. Dr. Orivaldo Arf
Orientador

Ilha Solteira
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S232c Santana, Thais Lana Lobo.
Culturas de cobertura do solo no desenvolvimento e produção do feijoeiro inoculado com bactérias diazotróficas. / Thais Lana Lobo Santana. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
48 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2022

Orientador: Orivaldo Arf
Inclui bibliografia

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. *Zea mays* L. 3. *Crotalaria spectabili*. 4. *Cajanus cajan*. 5. *Urochloa ruziziensis*. 6. *Urochloa brizantha*.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE THAIS LANA LÔBO SANTANA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA.

Aos 03 dias do mês de maio do ano de 2022, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de THAIS LANA LÔBO SANTANA, intitulada **Restos culturais de milho, Urochloa sp e leguminosas no desenvolvimento e produção do feijoeiro inoculado com bactérias diazotróficas..** A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. ORIVALDO ARF (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Fitotecnia Tecnologia de Alimentos e Socio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, Dra. NELI CRISTINA BELMIRO DOS SANTOS (Participação Virtual) do(a) Pólo Regional do Extremo Oeste / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Prof. Dr. LEANDRO BARRADAS PEREIRA (Participação Virtual) do(a) Coordenadoria do Curso de Agronomia / Centro Estadual de Educação Tecnológica (CEETEPS). Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: Aprovada . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. ORIVALDO ARF

DEDICO

Aos meus pais **José Edilson Santana e Adriana Luzia Lobo Santana** por todo amor, carinho, apoio e dedicação.

A minha irmã **Thaisla Lobo Santana**, pela amizade e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por sempre estar guiando meus passos e me dando forças para vencer os obstáculos da vida com saúde e proteção.

Aos meus pais Adriana Luzia Lobo Santana e José Edilson Santana pela educação que me foi dada, pelo amor incondicional, pelo carinho, pelos conselhos e ensinamentos, pela compreensão, pelos inúmeros momentos de apoio e por não medirem esforços em me ajudar na realização deste sonho, também à minha irmã Thaisla Lobo Santana pelo companheirismo e por ter me apoiado nesta caminhada.

À minha tia Maria Gertrudes Lobo (in memoriam) meu grande espelho, por ter sido uma mulher que tornou o impossível o início de uma grande batalha, uma mulher de garra e batalhadora que sempre acreditou no meu potencial. Agradeço também: aos meus avós maternos Ana de Souza Matos e Leonel Lobo (in memoriam) e paternos Maria Ferreira dos Santos e Antônio Custódio Santana (in memoriam); aos meus tios (as) principalmente à Fabiana Lara Matos Eugelmi e ao Luiz Carlos Eugelmi; aos meus primos (as) principalmente Ana Clara Matos Eugelmi e Izabelli Matos Lobo Eugelmi pelo afeto e apoio.

Ao meu noivo Renan Felix da Silva por se fazer presente, me dando apoio, carinho, tendo paciência nos momentos difíceis, me ajudando quando necessário e me dando forças para chegar até aqui.

Ao meu orientador Prof^o Dr^o Orivaldo Arf, pela orientação, apoio, ensinamentos, disponibilidade de tempo e paciência para nos ajudar com as pesquisas.

Aos amigos e companheiros de estágio da “Equipe Arf” pela amizade, pelo auxílio na condução dos experimentos, pelo apoio e trabalho em equipe.

A todos os amigos da graduação e da pós-graduação pela amizade, companheirismo e momentos de descontração.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Campus de Ilha Solteira, pela estrutura física, todo suporte e oportunidade de realização desta pesquisa.

Ao corpo docente da pós-graduação, pelo conhecimento trocado, orientações e incentivo, sendo fundamental na minha formação profissional.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE); seção de Pós-Graduação; Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão; Laboratório de Análise de Plantas do DFTASE e biblioteca. E a todos que de alguma forma me ajudou até o momento.

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

RESUMO

A cultura do feijoeiro tem grande relevância econômica-social e faz do Brasil um dos principais produtores deste cereal. No cenário atual, busca-se cada vez mais por alternativas sustentáveis e pela integração de métodos para o aumento da sua produtividade, como a diversificação de culturas e utilização de biotecnologias. Assim, objetivou-se avaliar o desenvolvimento e a produtividade do feijão sob efeito das coberturas vegetais e da inoculação e sua viabilidade econômica. O estudo foi desenvolvido em área de sistema de plantio direto consolidado no município de Selvíria, MS, Brasil, no ano agrícola 2019. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, disposto em esquema fatorial com quatro repetições, as quais constituíram o arranjo de cinco coberturas vegetais de gramíneas e leguminosas consorciadas com quatro combinações de inoculantes: *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense* e Brutall plus ®. Verificou-se que, as coberturas vegetais de consórcio do milho com leguminosas ou gramíneas não afetaram os componentes de produção, a produtividade e a nutrição do feijão de inverno. A utilização do produto comercial Brutall plus ® ou associado com *A. brasilense* resultou em maior massa de cem grãos do cultivar IPR Campos Gerais, porém não proporcionou aumento na produtividade de grãos. Houve incrementos na qualidade comercial de grãos na peneira 13 e $RP \geq 12$ quando inoculado com *R. tropici* e *R. tropici* + *A. brasilense*. O maior lucro operacional e conseqüentemente, o melhor índice de lucratividade foi obtido pelo uso de milho e *C. spectabilis* como cobertura do solo e o uso do manejo de inoculação do feijão com *R. tropici*. Já as maiores produtividades de equilíbrio foram obtidas como cobertura de feijão guandú, devido ao preço da semente.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris* L.; *Zea mays* L.; *Crotalaria spectabili*; *Cajanus cajan*; *Urochloa ruziziensis*; *Urochloa brizantha*.

ABSTRACT

The bean crop has great economic and social relevance and makes Brazil one of the main producers of this cereal. In the current scenario, there is an increasing search for sustainable alternatives and the integration of methods to increase their productivity, such as crop diversification and the use of biotechnology. Thus, the objective was to evaluate the development and productivity of beans under the effect of plant cover and inoculation and its economic viability. The study was developed in an area of consolidated no-tillage system in the municipality of Selvíria, MS, Brazil, in the agricultural year 2019. The experimental design was randomized blocks, arranged in factorial scheme with four replications, which constituted the arrangement of five plant covers of grasses and legumes intercropped with four combinations of inoculants: *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense* and Brutall plus. It was found that the intercropped vegetable covers of corn with legumes or grasses did not affect the production components, productivity and nutrition of winter beans. The use of the commercial product Brutall plus ®. or associated with *A. brasilense* resulted in a greater mass of one hundred grains of the cultivar IPR Campos Gerais, but did not provide an increase in grain yield. There were increases in commercial grain quality in sieve 13 and RP 12 when inoculated with *R. tropici* and *R. tropici* + *A. brasilense*. The highest operating profit and consequently, the best profitability index was obtained by the use of corn and *C. spectabilis* as soil cover and the use of bean inoculation management with *R. tropici*. The highest equilibrium productivities were obtained as guandú bean cover, due to the seed price.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; *Zea mays* L.; *Crotalaria spectabili*; *Cajanus cajan*; *Urochloa ruziziensis*; *Urochloa brizantha*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1	Importância do feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>).....	11
2.2	Sistema plantio direto	13
2.3	Adubação nitrogenada e fixação biológica de nitrogênio	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1	Caracterização da área experimental.....	18
3.2	Dados climáticos	18
3.3	Delineamento Experimental	19
3.4	Instalação e condução do experimento.....	20
3.5	Irrigação.....	21
3.6	Avaliações realizadas	21
3.7	Análise estatística	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5	CONCLUSÕES	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais leguminosas produzidas no Brasil, com grande importância econômica e social. Sua produção é distribuída por todas as regiões do país devido sua ampla adaptação edafoclimática, além de poder ser produzido durante o ano todo em até três safras agrícolas. Destaca-se por ser uma importante fonte de proteína de origem vegetal na dieta humana e também por ter grande relevância na geração de renda e subsistência, principalmente dos agricultores familiares e de populações de países subdesenvolvidos (LOLLATO *et al.*, 2001; GOMES JUNIOR, 2006; FAGERIA *et al.*, 2013; FAGERIA *et al.*, 2014).

Mesmo com a grande importância econômica e alimentar, a cultura possui baixa produtividade. De acordo com o último levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021) na safra 2020/21 a produção total de feijão no Brasil é de 3,29 milhões de toneladas dos grãos, cultivada em uma área aproximada de 3,0 milhões hectares, atingindo uma produtividade média de 1.106 kg ha⁻¹, que comparado com a safra anterior teve um aumento de 1,6% na área cultivada e 2,0% na produção dos grãos.

A cultura do feijão é muito exigente e o uso de manejos integrados é uma das possibilidades que visam melhorar a produtividade e aumentar as áreas com o cultivo, pois possibilita a melhoria das condições físicas do solo, associado ao fornecimento adequado de nitrogênio, no intuito de aumentar a eficiência da planta no aproveitamento dos recursos disponíveis (FAGERIA, 2014; PEREIRA *et al.*, 2015).

Destaca-se na produção de grãos, o Sistema Plantio Direto (SPD), utilizado em grande escala e na maior parte das áreas agriculturáveis. A rotação de culturas e o aporte constante de restos vegetais são premissas para o SPD, visto que contribuem para a cobertura do solo, ciclagem, mineralização e disponibilização de nutrientes (ESPÍNDOLA *et al.*, 2006; SILVA; MENEZES, 2007; SORATTO; CRUSCIOL, 2007).

Neste sentido, o consórcio de culturas que é caracterizado pelo cultivo simultâneo de duas ou mais espécies vegetais na mesma área agrícola, têm recebido expressiva atenção, pois gera benefícios para a sustentabilidade e consolidação da produção no SPD em áreas de Cerrado (CECCON, 2013). O sistema de consórcio de culturas de grãos com espécies forrageiras melhora a conservação do solo e do uso da água, com formação de cobertura vegetal e mineralização de nutrientes para a cultura sucessora em SPD (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2006; CECCON, 2013). A cultura do milho possui características favoráveis para o

cultivo consorciado, como alto porte das plantas e altura de inserção das espigas, permitindo que a colheita ocorra sem interferências das plantas forrageiras (ALVARENGA *et al.*, 2006).

A cultura a ser implantada em sucessão no sistema, poderá ser beneficiada pela alta eficiência na ciclagem dos nutrientes e acumulados nos restos vegetais, como o nitrogênio. A principal vantagem do consórcio se deve a exploração de diferentes volumes de solo pelos sistemas radiculares distintos, bem como as diferentes composições da fitomassa, com isso podendo haver maior cobertura do solo durante o período de desenvolvimento da cultura e aumento da produção de matéria seca (ALVARENGA *et al.*, 1995; BATISTA *et al.*, 2011).

O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro nos sistemas produtivos. No entanto, encontram-se algumas dificuldades com o uso do adubo nitrogenado devido ao alto custo energético para sua obtenção e o seu manejo deve ser adequado, uma vez que a aplicação de doses excessivas eleva o custo produtivo e pode causar prejuízos ao meio ambiente. Em contrapartida, quantidades insuficientes podem limitar o seu potencial produtivo, mesmo que otimizem outros fatores de produção (SANTOS *et al.*, 2003).

Desta forma, a busca por economia de fertilizantes nitrogenados e pela sustentabilidade nos sistemas agrícolas, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) torna-se uma alternativa, a qual pode complementar ou, até mesmo, substituir a utilização desse fertilizante (BALDANI; BALDANI, 2005; HUNGRIA *et al.*, 2010). A utilização das bactérias do gênero *Rhizobium* pode contribuir para a FBN, bem como a inoculação combinada ou coinoculação da cultura por meio de estirpes selecionadas de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* (HUNGRIA *et al.*, 2013).

Sendo assim, objetivou-se avaliar os efeitos das coberturas vegetais antecessoras e da inoculação na cultura do feijão, visando avaliar o desenvolvimento da cultura, a produtividade de grãos e a análise econômica da cultura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)

O feijão é uma dicotiledônea pertencente ao gênero *Phaseolus*, sendo a espécie *Phaseolus vulgaris* L. a de maior importância econômica (VILHORDO *et al.*, 1988). Podendo ser agrupado, de acordo com seu hábito de crescimento, em determinado (caule termina por uma inflorescência, tipo I) e indeterminado (a extremidade do caule exibe gema vegetativa ou floral e vegetativa, podendo ser arbustivo – tipo II, prostrado – tipo III e trepador – tipo IV) (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000). O ciclo da cultura varia de acordo com o hábito de crescimento, sendo o Tipo I o mais curto (60-70 dias do plantio à colheita), Tipo IV ciclos mais longos (mais de 100 dias entre a semeadura e a colheita). Já as cultivares de Tipo II e III apresentam ciclos intermediários, variando de 80-100 dias da semeadura até a colheita de acordo com a cultivar e as condições genéticas (ARAÚJO, 1994).

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) teve seu centro de origem no Novo Mundo, ou seja, em regiões mesoamericanas, sendo atualmente encontrado em todos continentes e explorado por vários povos de diferentes hábitos alimentares, em diferentes sistemas de produção e em diferentes condições climáticas ao longo do ano (LOPEZ *et al.*, 2013). Os gêneros mais cultivados são o *Phaseolus* e *Vigna*, com produção diversificada quanto ao tamanho e cores dos grãos (YOKOYAMA *et al.*, 1996).

O feijoeiro é uma das principais culturas produzidas e consumidas no Brasil e no mundo, tornando um alimento típico da população brasileira juntamente com o arroz em pelo menos uma das refeições diárias, sendo considerado uma das principais fontes de proteína, além de ser fonte de ferro, fibra e minerais (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

A importância do feijão supera o aspecto econômico, por sua relevância enquanto fator de segurança alimentar e nutricional na dieta da população brasileira, principalmente para pessoas de baixa renda (MARTINS, 2016), além da sua importância cultural na culinária de diversos países e culturas (BARBOSA; GONZAGA, 2012), bem como exerce um papel de maior importância econômico-social, devido principalmente ao emprego da mão-de-obra durante o ciclo da cultura e por ser cultivado em ampla magnitude no território nacional (BORÉM; CARNEIRO, 2006; GONÇALVES *et al.*, 2010) por apresentar ampla adaptabilidade edafoclimática permiti seu cultivo em todas as regiões do país em diferentes períodos ou safras. Considerando a época de semeadura, têm se três safras ao longo do ano:

primeira (safra ‘das águas’) cultivado de agosto a novembro, segunda (safra “da seca”) onde o cultivo é realizado entre dezembro a março e a terceira (safra “de inverno”), onde é cultivado de abril a julho, sendo esta possível graças à irrigação (SILVA; WANDER, 2015; ALMEIDA; MELO; PORTES, 2016).

Atualmente, em termos de produção mundial, o Brasil é considerado o terceiro maior produtor mundial de feijão, ficando atrás somente da Myanmar e Índia, que juntamente com os Estados Unidos, México e Tanzânia corresponde 56,99% do total de grãos de feijão produzidos no mundo, o que corresponde a 15,3 milhões de toneladas ((FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2019). De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2020), na safra 2019/2020 a produção agrícola nacional atingiu cerca de 3,23 milhões de toneladas do grão, cultivada em uma área de 2.926,7 milhões hectares, atingindo uma produtividade média de 1.104 kg ha⁻¹, abrangendo as três safras anuais. Os estados do Paraná e Minas Gerais destacam-se por apresentarem as maiores produções, 580.100 mil t e 563.000 mil t, respectivamente. São Paulo e Goiás, apresentaram as maiores produtividades, 2.206 kg ha⁻¹ e 2.398 kg ha⁻¹, respectivamente, sendo muito superiores à média nacional (CONAB, 2019).

A produtividade média de feijoeiro-comum no país é relativamente baixa, visto que o Brasil é um dos maiores produtores e consumidores do grão (PEREIRA, 2016), possivelmente os baixos rendimentos demonstram o reduzido nível tecnológico empregado pelo grande número de pequenos produtores e trabalhadores rurais (MARTINS, 2016). Essa alegação torna-se mais evidente quando se compara a área plantada de 1,59 milhões de hectares, produtividade de 588 kg ha⁻¹ e produção total de 934,9 mil de toneladas, na região norte/nordeste, relativamente a 1,34 milhões de hectares, 1716 kg ha⁻¹ e 2,3 milhões de toneladas na região Centro-Sul (CONAB, 2020).

Além do reduzido nível tecnológico empregado pelos produtores de feijão, podemos apontar outro parâmetro que contribui para a baixa produtividade deste grão, como o cultivo em solos de baixa fertilidade, especialmente pobres em nitrogênio (PELEGRIN *et al.*, 2009; VERONEZI *et al.*, 2012). Desta forma, considerando as necessidades da cultura, faz-se necessário a incorporação de novas tecnologias aos sistemas de produção de feijoeiro no Brasil, o que torna alvo de pesquisa, parâmetros envolvendo aumento na produtividade da cultura, cultivares mais produtivos, bem como estratégias relativas à redução de custos de produção (GONZAGA, 2014; NAKAO, 2015).

2.2 Sistema plantio direto

Uma boa produtividade da cultura é reflexo do manejo do solo, tendo em vista que quanto melhor for trabalhado, maiores serão as expectativas de produtividades. Para a manutenção da produtividade ou até mesmo para o incremento, com maior rentabilidade agrícola, é de suma importância que se tenha um manejo do solo adequado (CORSINI; CASSIOLATO, 2015), sempre visando manter o equilíbrio dos atributos físicos, químicos e biológicos (PEREIRA, 2016).

Desta forma, uma prática eficiente na conservação do solo é o Sistema de Plantio Direto (SPD) que vem com um objetivo de suprir a demanda de alimentos e manter a estabilidade do solo. Segundo Souza (2016) essa prática é caracterizada pela produção agrícola com aumento da eficiência energética e menor agressão ao ambiente, uma vez que é considerada sustentável, melhorando a manutenção de resíduos orgânicos no solo, proporcionando uma maior proteção à superfície do solo contra efeitos dos raios solares, chuva, escoamento superficial da água e erosão, bem como a estocagem e ciclagem de nutrientes, incremento de matéria orgânica dentre outros fatores (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2009a).

Na atualidade muitos produtores utilizam o SPD com foco em um manejo do solo adequado. Há um estímulo na prática de rotação de culturas para aumentar e manter as quantidades de matéria orgânica através de palha na superfície e criar poros biológicos que melhoraram a estrutura do solo (SILVEIRA *et al.*, 2008). A grande produção de fitomassa do sistema de rotação está diretamente relacionado com o sucesso na implantação e na condução do SPD (TEIXEIRA *et al.*, 2008).

De acordo com Brito (2016) um diferencial para ter um revolvimento mínimo do solo é a menor interferência de maquinários na área. Sendo assim estudos comprovam que o SPD reduz em até 48% a necessidade de máquinas na atividade quando comparado ao plantio convencional, conseqüentemente há uma redução no uso de óleo combustível (74%), além de uma redução de até 70% em relação a mão-de-obra diminuindo os investimentos nessas áreas. Promovendo, ainda, o controle de ervas daninhas e conseqüente redução de capinas mecânicas e controle químico. Todos esses fatores reduzem os custos tornando menor o capital necessário para viabilizar a implantação e manutenção das lavouras (LUSTOSA; ROCHA, 2007).

Essa prática se difundiu rapidamente em todo território brasileiro, atualmente, ocupando cerca de 33 milhões de hectares (FEBRPDP, 2018) e concedendo ao Brasil a liderança

mundial no uso desse sistema, que ocupa mais da metade da sua área plantada, superando Estados Unidos, Argentina, Austrália e Canadá (CASTILLO, 2016).

Os princípios do SPD são ter o mínimo de revolvimento do solo entre a colheita da safra anterior e a semeadura da próxima safra, a rotação ou sucessão de diferentes culturas nos diferentes anos agrícolas e a manutenção da cobertura vegetal no solo. Sendo assim, a escolha de plantas para a cobertura é o maior entrave para a sustentabilidade do sistema, pois deve-se levar em consideração a velocidade de degradação desses restos culturais que está diretamente relacionada com a água e a temperatura que atuam sobre a atividade dos organismos decompositores o que ocorre em circunstâncias ideais normalmente em regiões tropicais e subtropicais (KHATOUNIAN, 1999). Desta forma, para a manutenção da palha como cobertura até o desenvolvimento da cultura sucessora no sistema de plantio direto é recomendado o uso de culturas de maior relação C/N (carbono/nitrogênio) em condições de alta temperatura e pluviosidade, visto que quanto maior essa relação, mais lenta é a decomposição dos resíduos (SIMIDU *et al.*, 2010).

Em regiões tropicais, como é o caso do Cerrado, tem-se elevadas temperaturas e umidade do solo o que favorece a aceleração no processo de mineralização da matéria orgânica durante boa parte do ano (SANCHEZ; LOGAN, 1992; OLIVEIRA, 2016b), impossibilitando a adequada reposição de nutrientes nos sistemas convencionais de manejo dos solos e das culturas. Nessa situação, de acordo com Wutke *et al.*, (1998), a rotação de culturas e as plantas de cobertura, contribuem positivamente no sistema produtivo. Pois uma quantidade de fitomassa seca inferior a 5.000 kg ha⁻¹ seria incapaz de cobrir totalmente o solo o que causaria menor proteção, prejuízos na atividade microbiana do solo e menor ciclagem de nutrientes (KLUTHCOUSKY, 1998).

Para proporcionar alto potencial de produção de fitomassa de elevada relação C/N, as gramíneas a serem usadas como planta de cobertura, tem que ser integradas de forma planejada ao sistema de rotação de culturas, para garantir a cobertura do solo por um longo período (BORGHI *et al.*, 2008). Sendo de grande importância o conhecimento da espécie vegetal que será utilizada para a produção de massa de matéria seca e a velocidade de decomposição, pois são características que interferem nos atributos químicos (ANDREOTTI *et al.*, 2008), físicos e biológicos do solo.

Além das gramíneas, destacam-se na consorciação com o milho as espécies pertencentes à família Fabaceae (KAPPES *et al.*, 2013), leguminosas tais como, guandu anão (*Cajanus cajan*), crotalária (*Crotalaria juncea*, *C. ochroleuca*, e *C. spectabilis*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), feijão-de-porco (*Canavalia*

ensiformis) e estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) (OLIVEIRA, 2010), caracterizadas pela menor relação C/N comparada às Poaceae resultando em aumento da produtividade do milho ou para a cultura em sucessão (KAPPES, 2011).

Para ter a viabilidade do sistema de plantio direto, este deve ser considerado uma ferramenta importante no manejo do solo e segundo Sabundjian *et al.* (2014), destacam que aproveitar de forma racional os sistemas produtivos criados a partir do SPD requer conhecimento de diversas áreas de estudo considerando a administração financeira da propriedade fundamental para avaliar a rentabilidade das práticas adotadas dentro dos sistemas de produção, auxiliando na tomada de decisão dos investimentos operacionais.

2.3 Adubação nitrogenada e fixação biológica de nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente mais limitante do desenvolvimento, produtividade e biomassa da maioria das culturas (LOPES *et al.*, 2004). O feijão-comum por sua vez, é uma planta com alto teor de nitrogênio (N) nos grãos e demais tecidos dessa leguminosa, desta forma, segundo Fonseca *et al.* (2013) o N é extraído em maior quantidade e conseqüentemente exportado pela planta. Sendo assim, os principais fatores limitantes para a produção de feijão no Brasil são a utilização de solos de baixa fertilidade, principalmente pobres em nitrogênio, e o baixo nível tecnológico utilizado pelos produtores (Mercante *et al.*, 1999; Pelegrin *et al.*, 2009).

A obtenção de N pela cultura dá-se principalmente através da decomposição da matéria orgânica, da fixação biológica de N₂ atmosférico (FBN) e mediante o emprego dos adubos nitrogenados (HUNGRIA *et al.*, 1997; MERCANTE *et al.*, 1999).

Entretanto, o seu manejo representa um dos principais entraves da cultura devido ao alto custo energético para sua obtenção (Souza *et al.*, 2011). Isso devido a perdas de em torno de 50% desses adubos aplicados, provocados principalmente pela ação da água das chuvas e, ou, irrigação, ocasionando a lixiviação (Pelegrin, *et al.*, 2009). Assim sendo, o nitrogênio se torna um nutriente com alto teor poluente e, visto que ao contaminar o lençol freático, provoca a contaminação dos aquíferos subterrâneos, rios e lagos. Além disso podem ocorrer perdas através da forma gasosa que retorna para a atmosfera por meio de processos de desnitrificação e volatilização (Straliozzo *et al.*, 2002; Pelegrin *et al.*, 2009).

Práticas sustentáveis vem sendo adotadas pela agricultura moderna para minimizar estes impactos no meio ambiente, causados pelos fertilizantes químicos, reduzindo os custos de produção sem alterar a produtividade. O feijoeiro, por ser uma leguminosa nodulífera,

apresenta condições para beneficiar da associação simbiótica com as bactérias do gênero *Rhizobium*, fixando N₂ atmosférico e contribuindo para economia de N mineral, desde que sejam utilizadas estirpes mais específicas (HUNGRIA *et al.*, 2000; MOSTASSO *et al.*, 2002; VENTURINI *et al.*, 2002; SOARES *et al.*, 2006, KANEKO *et al.*, 2010).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é o segundo processo biológico mais importante, somente atrás da fotossíntese, sendo a rota para a introdução do N da atmosfera nos ecossistemas a mais significativa que existe (MERCANTE *et al.*, 1992), sendo o feijoeiro dentre as leguminosas, o exemplo da capacidade de realizar a FBN através da simbiose com bactérias do grupo dos rizóbios (FERREIRA *et al.*, 2000). Porém, segundo Taíz & Zieger (2004), o processo de FBN é muito caro para a planta, pois é necessário o fornecimento de esqueleto de carbono para a bactéria fixadora além da energia necessária para a redução do N₂ para sua absorção, o que resulta num gasto extra de energia metabólica. Contudo, no feijoeiro, a FBN isoladamente, não é capaz de suprir a necessidade de N exigido pela cultura (ALCÂNTARA *et al.*, 2009; MATOSO; KUSDRA, 2014).

O inoculante é um produto que contém microrganismos com ação benéfica para o desenvolvimento das plantas, desenvolvido e produzido de acordo com protocolos estabelecidos pela Rede de Laboratórios para a Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola - RELARE. No Brasil, atualmente, produz um inoculante comercial com uma espécie de rizóbio adaptada aos solos tropicais para a cultura do feijão, o *Rhizobium tropici* (STRALIOTTO *et al.*, 2003; BRITO *et al.*, 2011). Pesquisas demonstraram que estirpes de *Rhizobium tropici* são consideradas mais tolerantes a estresses, como acidez do solo e temperatura elevada, e são simbioticamente mais estáveis (MARTÍNEZ-ROMERO *et al.*, 1991).

Para que uma estirpe (s) de *R. tropici* possa ser recomendada para inoculação do feijão, é preciso que possua dentre outros atributos, eficiência na fixação de nitrogênio e capacidade de se estabelecer no solo e competir com os microrganismos ali presentes (ARAÚJO *et al.*, 2007). Sendo assim, as estirpes autorizadas e recomendadas para a fabricação de inoculante são as das espécies de *Rhizobium tropici* CIAT 899 (= BR 322 = Semia 4077) e a de *Rhizobium freirei* PRF 81 8 (= BR 520 = SEMIA 4080) (DALL'AGNOL *et al.*, 2013), das quais ambas constam na lista oficial de inoculantes comerciais no Brasil para a cultura do feijoeiro (MAPA, 2015).

Entretanto, às exigências nutricionais da cultura são elevadas, e a quantidade de nitrogênio fixado pelas bactérias tem sido insuficiente (KANEKO *et al.*, 2010a). Vários são os motivos pela FBN na cultura do feijão não se tão eficiente, porém o principal seria devido

essa leguminosa ser originária das Américas, onde estirpes nativas de rizóbio são encontradas no solo e competem com as estirpes introduzidas pelos mesmos sítios de infecção nodular, favorecendo assim a limitação do sucesso da inoculação do feijoeiro (URQUIAGA *et al.*, 2005), outro motivo seria em consequência de diversos fatores relacionados ao ambiente, à bactéria, à planta e a à interação entre eles (FIGUEIREDO, 2012).

Assim sendo, na tentativa de maximizar a FBN na cultura do feijoeiro ou até mesmo sanar a deficiência, outras tecnologias também têm alcançados resultados satisfatórios em relação a FBN no feijoeiro e dentre elas é recomendado o uso da técnica de co-inoculação de microrganismos multifuncionais, como bactérias promotoras de crescimento vegetal (FERREIRA *et al.*, 2013).

Neste cenário, a técnica denominada de co-inoculação com bactérias simbióticas e assimbióticas ou também chamada de inoculação mista, tem sido estudado em leguminosas (FERLINI, 2006), método este que consiste na utilização de combinações de microrganismos, os quais produzem efeito sinérgico, e quando são utilizados na forma isolada ultrapassam os resultados produtivos obtidos (BÁRBARO *et al.*, 2008).

Dentre os microrganismos existentes no mercado e que podem trazer grandes benefícios às culturas está um grupo que é representado por bactérias associativas capazes de promover o crescimento das plantas e realizar FBN, dentre as quais se destacam as bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum* (HUNGRIA *et al.*, 2013) uma bactéria utilizada na inoculação de gramíneas (PERES, 2014). Desta maneira, o *Azospirillum brasilense* exerce um efeito potencializador sobre o *Rhizobium*, atuando como um indutor na inoculação que conseqüentemente vai aumentar a fixação de nitrogênio, ocorrendo um efeito benéfico da associação de *Azospirillum brasilense* com *Rhizobium*, pela capacidade que a bactéria tem de produzir fitormônios, que resulta em maior desenvolvimento do sistema radicular, e assim aumenta a possibilidade de explorar um volume mais amplo de solo (GITTI, 2012), contribuindo para o ambiente e podendo até incrementar a qualidade química da palha, além de fornecer nutrientes às culturas sucessoras, refletindo na economia para os agricultores (HUNGRIA, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental na camada de 0 a 0,20 m. Selvíria - MS, 2017.

Camada (cm)	P_{resina}	M.O	pH	K	Ca	Mg	H + Al	S.B.	CTC	V
	(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)	-----mmol _c dm ⁻³ -----						(%)
0-20	26	22	4,8	2,5	23	15	34	40,5	74,5	54
	Micronutrientes (mg dm⁻³)									
	S-SO₄	B	Cu	Fe	Mn	Zn				
	5	0,23	3,2	3,4	35,7	4,2				

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

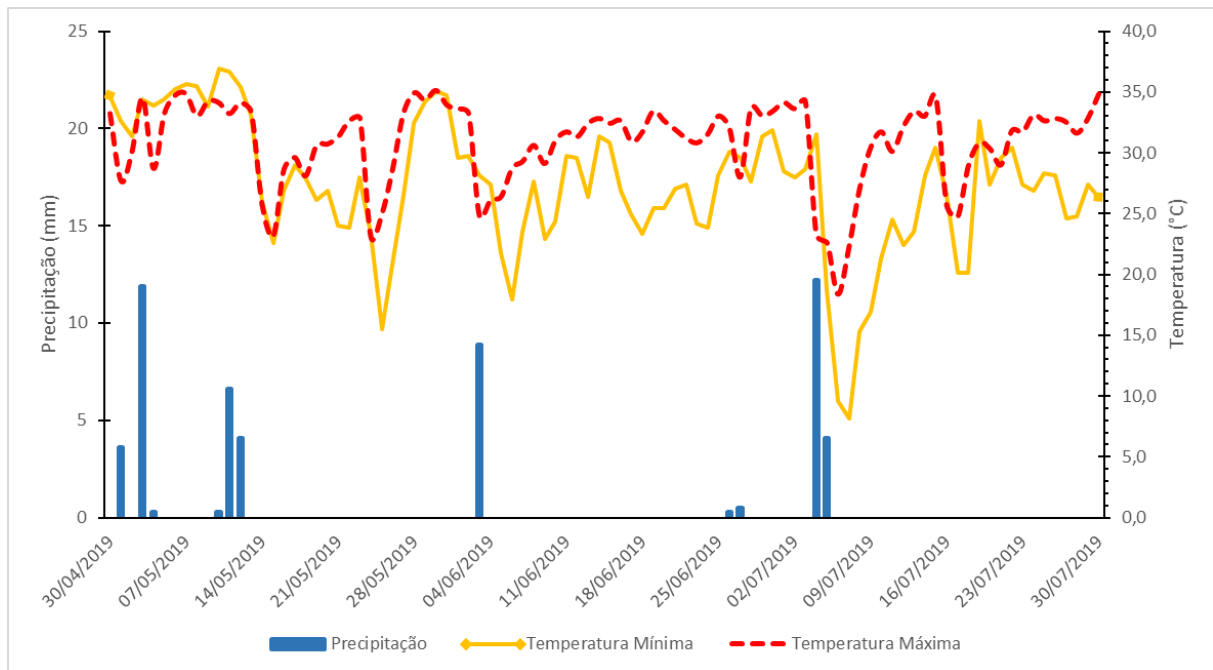
O trabalho foi desenvolvido no período de outono-inverno, na safra 2019, em uma área com o SPD já implantado há mais de 10 anos. Anteriormente à instalação do experimento foi coletadas amostras de solo e realizada a análise química de acordo com a metodologia proposta por Raij *et al.* (2001). Os resultados da análise da fertilidade do solo estão apresentados na Tabela 1.

O experimento foi conduzido em uma área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria - MS, situada aproximadamente a 20°20' de latitude Sul e 51°24' de longitude Oeste de Greenwich, com altitude média aproximada de 335 metros. O solo da área experimental é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (SANTOS *et al.*, 2018), originalmente ocupado com vegetação de Cerrado.

3.2 Dados climáticos

O clima da região é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen (1948), apresentando temperatura anual máxima de 31°C e temperatura anual mínima de 19°C (temperatura média anual de 23°), com precipitação pluvial anual média de 1.322 mm e umidade relativa do ar média anual de 66 % (Alvares *et al.*, 2013; PORTUGAL; PERES; RODRIGUES, 2015). Os dados referentes à precipitação pluvial e temperaturas mínima e máxima durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

Figura 1. Valores médios diários de precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima e mínima (°C) coletadas durante a condução do experimento. Selvíria - MS, 2019.



Fonte: Canal Clima – Unesp – Ilha Solteira.

3.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, disposto em esquema fatorial, com quatro repetições. Nas parcelas foram alocados os tratamentos de coberturas: **C1** – Milho; **C2** – Milho + *Crotalaria spectabilis*; **C3** - Milho + Feijão Guandu; **C4** - Milho + *U. ruziziensis*; **C5** -, Milho + *U. brizantha* e nas subparcelas, os manejos de inoculação: **MI 1** - *Rhizobium tropici* via semente (200ml/ha); **MI 2** - *Rhizobium tropici* via semente (200ml/ha) + *Azospirillum brasilense* aplicado via foliar em V₃ (200 ml/ha); **MI 3** - Brutall Plus ® via semente (200 ml/40kg de sementes) + 2 L/ha em V₄₋₃ + 2 L/ha em V₄₋₇; **MI 4** - Brutall Plus ® via semente (200 ml/40kg de semente) +2 L/ha em V₄₋₃ + 2 L/ha em V₄₋₇ + *Azospirillum brasilense* foliar em V₃. As parcelas foram constituídas por quatro subparcelas com 7 linhas de feijão espaçadas de 0,45 m entre si, com 7,5 m de comprimento (ou seja, 27,0 m² para cada subparcela), considerando-se como bordadura as linhas laterais da parcela e 0,5 m em ambas as extremidades.

3.4 Instalação e condução do experimento

Realizou-se o manejo químico das plantas daninhas com a aplicação do herbicida glifosato (1560 g ha⁻¹ do i.a.).

A semeadura mecanizada do feijão ocorreu no dia 30/04/2019, utilizando-se o cultivar IPR Campos Gerais, genótipo este pertencente ao grupo comercial carioca, que apresentam arquitetura de planta ereta, com hábito de crescimento indeterminado tipo II, adaptados à colheita mecânica direta, apresentando alto potencial produtivo, estabilidade de produção e resistência às principais doenças e ao acamamento (MELO *et al.*, 2009). As sementes foram tratadas com piraclostrobina, tiofanato metílico e fipronil nas doses de 5, 45 e 50 g do i.a para cada 100 kg de sementes, respectivamente.

A densidade de semeadura foi de 13,3 sementes m⁻¹, objetivando-se população de aproximadamente 222.000 plantas ha⁻¹. A adubação mineral nos sulcos de semeadura foi de 250 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16 N-P₂O₅-K₂O, calculada de acordo com os atributos químicos do solo, considerando a produtividade esperada de 2,5 a 3,5 t ha⁻¹ e levando-se em consideração as recomendações de Ambrosano *et al.* (1997). A emergência de plântulas ocorreu no dia 06/05/2019, aos 6 dias após a semeadura.

Nos tratamentos com o uso de *Azospirillum brasilense* (T₂ e T₄), a inoculação foi realizada via foliar nas plantas aos 9 DAE com a primeira folha trifoliada em formação, no estágio V₂/V₃, utilizando-se as estirpes AbV₅ e AbV₆, com 2 x 10⁸ UFC g⁻¹, obtidas do inoculante comercial líquido na dose de 200 ml ha⁻¹ com 200 L ha⁻¹ de volume de calda. A aplicação foi realizada ao final da tarde. A inoculação com *Rhizobium tropici* nos tratamentos T₁ e T₂, foi efetuada após o tratamento de sementes, utilizando-se inoculante comercial turfoso, estirpe SEMIA 4080, com 2 x 10⁹ UFC g⁻¹, na dose de 200 g para cada 100 kg de sementes, sendo realizada a semeadura logo após a inoculação das sementes.

Já a inoculação com Brutall Plus ®, foi realizada via semente após o tratamento de semente, na dose de 200 ml a cada 40 kg de sementes e também foi aplicado via foliar no estágio V₄₋₃, aos 16 DAE, na dose de 2 L ha⁻¹ com 400 L ha⁻¹ de volume de calda e aos 32 DAE quando as plantas estavam em V₄₋₇ próximo ao fechamento das entrelinhas. A aplicação foi realizada ao final da tarde.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência com o herbicida fenoaxoprop-p-etílico [77 g ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)] aplicado aos 11 DAE e fomesafen [250 g ha⁻¹ do i.a.] aos 17 DAE para controle de plantas daninhas de folhas largas. Para o controle de pragas foram realizadas uma aplicação do inseticida e fungicida mancozeb [1.125

g ha⁻¹ do i.a.] e deltametrina [3,75 g ha⁻¹ do ingrediente ativo] aos 11 DAE. E foi usado os inseticidas imidacloprido [105 g ha⁻¹ do i.a.] e clorantraniliprole [200 g L⁻¹ do i.a.] e o fungicida procimidona [500 g ha⁻¹ do i.a.] aos 50 DAE apenas nos tratamentos sem aplicação do Brutall Plus ®.

As aplicações foram realizadas com volume de calda de 300 L ha⁻¹, com pulverizador de barras tratorizado munido com pontas do tipo jato plano.

O início do florescimento da cultura ocorreu aos 37 DAE com florescimento pleno aos 40 DAE. A colheita foi realizada no dia 30/07/2019 aos 85 DAE.

3.5 Irrigação

O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por um sistema fixo de irrigação por aspersão convencional. No manejo da água durante o desenvolvimento da cultura foram utilizados valores de Kc recomendados por Doorenbos e Kassan (1979), ou seja, para as fases de V₀ – V₁ (Kc = 0,30), de V₃ – V₄ (Kc = 0,70), de R₅ – R₇ (Kc = 1,05), R₈ (0,75) e R₉ (0,25).

3.6 Avaliações realizadas

- **Teor de nitrogênio foliar** - foram coletados o terceiro trifólio de 20 plantas de cada parcela no estágio 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 para análise do teor de N total, conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997);

- **Massa seca da parte aérea**- por ocasião do florescimento pleno das plantas, foram coletadas 10 plantas da mesma linha em local aleatório da área útil, acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório para serem 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 grama por planta;

- **Componentes de produção** - foram coletadas por ocasião da colheita, 10 plantas na área útil das parcelas para a avaliação de: número de vagens por planta: determinado pela relação do número total de vagens/número de plantas; número de grãos por planta:

determinado pela relação do número total de grãos/número de plantas; número médio de grãos por vagem: calculado pela relação do número total de grãos/número total de vagens e massa de 100 grãos: obtido da coleta ao acaso e pesagem de 2 amostras de 100 grãos por parcela;

- **Produtividade de grãos** - as plantas de duas linhas centrais da área útil de cada parcela foram arrancadas e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, foram submetidas a trilha mecânica, os grãos pesados e os dados convertidos em kg ha⁻¹ (13 % base úmida);

- **Nitrogênio total nos grãos** - após a colheita, os grãos foram submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar 60-70 °C, por 72 horas, e posteriormente moídos em moinho tipo Willey e em seguida submetidos à digestão sulfúrica, conforme metodologia proposta por Malavolta *et al.* (1997);

- **Rendimento de peneira** - após a colheita os grãos foram acondicionados em sacos de papel e armazenados a temperatura ambiente para a realização desta avaliação, onde os grãos foram classificados em tamanhos pela separação com agitação manual em conjunto de peneiras de crivos oblongos 11/64" x 3/4 (4,37 x 19,05 mm), 12/64" x 3/4 (4,76 x 19,05 mm), 13/64" x 3/4 (5,16 x 19,05 mm), 14/64" x 3/4 (5,56 x 19,05 mm), 15/64" x 3/4 (5,96 x 19,05 mm);

- **Análise econômica** - cada tratamento do experimento representou uma lavoura comercial diferente para realização dos cálculos. Foi utilizada a estrutura do custo operacional total de produção usada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), proposta por Matsunaga *et al.* (1976). O **custo operacional efetivo** (COE) é composto pelas despesas com operações mecanizadas, operações manuais e materiais consumidos. Somando-se com o COE as despesas com encargos financeiros, outras despesas e depreciações, tem-se o **custo operacional total** (COT). Os custos foram obtidos com base nos seguintes itens: operações manuais; operações mecanizadas; irrigação; despesas com materiais (sementes, fertilizantes, inoculante, produtos fitossanitários); e para outras despesas, foi considerada a taxa de 5% do custo operacional efetivo (COE); juros de custeio, considerando a taxa de 6,75% a.a. sobre 50% do COE. Para determinar a lucratividade dos tratamentos envolvidos, foi realizada a análise de rentabilidade de acordo com Martin *et al.* (1997). Com isso, foi determinado a **receita bruta** (RB) (em R\$), como o produto da quantidade produzida pelo preço médio de venda (em R\$); **lucro operacional** (LO), como a diferença entre a receita bruta e o custo operacional total; **índice de lucratividade** (IL), entendido como a relação entre o lucro operacional (LO) e a **receita bruta**, em percentagem; **preço de equilíbrio e produtividade de equilíbrio**.

3.7 Análise estatística

Para a análise estatística dos dados, primeiramente foi verificada a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade dos dados. Após o diagnóstico, os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Quando o valor de F foi significativo a 5% de probabilidade, aplicou-se o teste de Scott-Knott para comparação das médias dos tratamentos relacionados aos manejos, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa seca de parte aérea de plantas de feijão (Tabela 1) não foi influenciada pelas diferentes coberturas antecessoras e inoculação. No entanto, deve-se ressaltar que o tratamento com coinoculação de *R. tropici* + *A. brasilense* proporcionou numericamente maior massa seca de plantas de feijão quando comparado aos demais tratamentos de inoculação, em virtude do efeito hormonal das bactérias capazes de promoverem o crescimento da planta. Já em função das coberturas vegetais os tratamentos de Milho + *Crotalaria spectabilis* e Milho + *Urochloa ruziziensis* resultaram em maiores massa seca de planta em comparação as demais coberturas vegetais, com massa de 121,94 g planta⁻¹ para ambos os tratamentos.

Tabela 1. Massa seca de parte aérea (MSPA) de feijoeiro em função de plantas de coberturas e inoculação em sistema de SPD consolidado. Selvíria - MS, 2019.

Tratamentos	MSPA ⁻¹ (g)
	Coberturas vegetais
Milho	112,41
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	121,94
Milho + Guandu	108,03
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	121,94
Milho + <i>Urochloa brizantha</i>	99,10
	Manejos de inoculação
<i>R. tropici</i>	116,45
<i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> (foliar V ₃)	126,23
Brutall Plus ®	105,05
Brutall Plus ® + <i>A. brasilense</i> (foliar V ₃)	100,69
	Teste F
Cobertura (C)	1,10 ^{ns}
Inoculação (I)	2,22 ^{ns}
C x I	0,76 ^{ns}
CV (%)	26,75
Média geral	112,11

Nota: CV: coeficiente de variação; M.S.: massa seca. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Garcia (2017) avaliando o efeito de milho e/ou *Urochloa ruziziensis* como culturas antecessoras e inoculação de *Azospirillum brasilense* sobre o desenvolvimento e produtividade do feijão de inverno inoculado com *Rhizobium tropici* em sucessão não obteve diferenças na massa seca da parte aérea entre os tratamentos.

Isto concorda com, Takasu (2019) verificou diferença significativa em relação à massa seca de parte aérea de planta na safra 2017 com plantas de maior massa ao utilizar sementes de feijão co-inoculadas com *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense*. Como já sabido, o N é um nutriente base para aumentar o índice de área foliar, que conseqüentemente aumenta as taxas fotossintéticas, promovendo maior acúmulo de matéria seca nas plantas (MARSCHNER, 2012).

Os resultados obtidos para o número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem na cultura do feijão encontram-se na Tabela 2. As culturas antecessoras e os manejos de inoculação não influenciaram o número de vagens por planta de feijão.

Tabela 2. Valores médios de número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) e número de grãos por vagem (NGV) de feijoeiro em função de plantas de coberturas e inoculação em sistema de SPD consolidado. Selvíria - MS, 2019.

Tratamentos	NVP ⁻¹	NGP ⁻¹	NGV ⁻¹
Milho	19,93	103,48	5,25
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	18,41	93,51	5,14
Milho + Guandu	18,35	101,73	5,60
Milho + <i>Urochloa ruzisiensis</i>	19,61	103,49	5,28
Milho + <i>Urochloa brizantha</i>	20,79	110,05	5,32
Manejos de inoculação			
<i>R. tropici</i>	18,97	99,99	5,37
<i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> (foliar V ₃)	19,77	105,24	5,33
Brutall Plus ®	18,66	100,21	5,42
Brutall Plus ® + <i>A. brasilense</i> (foliar V ₃)	20,27	104,37	5,14
Teste F			
Cobertura (C)	0,97 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,99 ^{ns}
Inoculação (I)	0,61 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,61 ^{ns}
C x I	0,84 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,24 ^{ns}
CV (%)	21,80	21,44	12,94
Média geral	19,42	102,45	5,32

Nota: CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Garé (2020), ao analisar a reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro, na safra de 2018 em SPD consolidado observou diferença em relação aos manejos de inoculação, onde todos os manejos foram superiores a testemunha sem inoculação, demonstrando um resultado positivo da adubação nitrogenada, da inoculação com

R. tropici, *A. brasilense* e da coinoculação. Garcia (2017) identificou em seu trabalho influência das culturas antecessoras sob o número de vagens por planta, onde o tratamento com *Urochloa ruziziensis* exclusiva apresentou maior número de vagens em relação aos demais tratamentos com uma média de 18,6 vagens planta⁻¹ na cultivar BRS Estilo, diferente do que foi obtido no presente trabalho, onde as culturas antecessoras não interferiram nesta variável.

Apesar de serem importantes componentes de produtividade da cultura do feijão, ao observar as médias obtidas para número de grãos por planta e número de grãos por vagem não foram observadas diferenças significativas, não havendo interferência das culturas antecessoras e da inoculação e coinoculação nestas variáveis. De acordo com Araújo *et al.* (2007), essa ocorrência pode ser explicada pelo fato destes componentes de produção serem de alta herdabilidade genética e por estarem ligados intrinsecamente ao cultivar. Do mesmo modo, Garcia (2017) também não encontrou diferenças significativas para o número de grãos por planta e número de grãos por vagem de feijão de inverno inoculado com *Rhizobium tropici* com sucessão a cobertura vegetal. Assim como Sabundjian *et al.* (2016) no cultivo do feijoeiro de inverno em sucessão a gramíneas de verão com fertilização nitrogenada também não encontrou diferença significativa no número de grãos por planta nas duas safras estudadas em relação às coberturas vegetais e doses de nitrogênio.

Alguns resultados de pesquisas encontrados por Arf *et al.* (2004), mostram que uma melhor nutrição com N pode aumentar a fertilização dos óvulos na vagem, uma vez que esse nutriente é importante nesta fase da planta, com valores representados por equações lineares crescente. Por outro lado, Arf *et al.* (2011) e Soratto *et al.* (2013) também não verificaram efeito da aplicação de N no número de grãos por vagem, atribuindo isso ao fato de se tratar de uma característica genética.

Com isso, observa-se que em diversos trabalhos as respostas da inoculação de sementes são instáveis, pois um bom desempenho das bactérias fixadoras de nitrogênio não depende somente delas, mas também de fatores externos, que são variáveis de acordo com as condições edafoclimáticas submetidas, bem como fatores genéticos e suas múltiplas interações que interferem nos processos simbióticos e assimbióticos entre a planta e os microrganismos envolvidos (CASSINI; FRANCO, 2006). Visto que, os microrganismos em associação podem trazer ainda mais benefícios para as plantas, deve-se expandir as pesquisas em busca de respostas e análises concretas.

No cultivo de feijoeiro de inverno tratado com inoculante em sucessão as coberturas vegetais do milho exclusivo e consorciado com gramíneas e leguminosas, não foram

detectadas diferenças estatísticas para teor de N foliar e nos grãos como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3. Médias teor de nitrogênio foliar e teor de N em grão de feijoeiro em função de plantas de coberturas e inoculação em sistema de SPD consolidado. Selvíria - MS, 2019.

Tratamentos	Teor de N foliar (g kg ⁻¹ MS)	Teor de N grãos (g kg ⁻¹ MS)
	Coberturas vegetais	
Milho	50,34	29,88
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	51,44	29,24
Milho + Guandu	49,09	30,13
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	49,13	29,39
Milho + <i>Urochloa brizantha</i>	47,31	29,40
Manejos de inoculação		
<i>R. tropici</i>	49,62	29,55
<i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i>	49,49	29,53
Brutall Plus ®	50,50	29,73
Brutall Plus ® + <i>A. brasilense</i>	48,24	29,63
Teste F		
Cobertura (C)	1,82 ^{ns}	0,94 ^{ns}
Inoculação (I)	0,82 ^{ns}	0,06 ^{ns}
C x I	1,09 ^{ns}	1,00 ^{ns}
CV (%)	8,01	4,57
Média geral	49,46	29,61

Nota: CV: coeficiente de variação; N: nitrogênio. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Levando em consideração as médias obtidas, é importante destacar que, de acordo com Ambrosano *et al.* (1997), os teores de nitrogênio foliar da cultura do feijão-comum se encontram dentro da faixa adequada para um bom desenvolvimento que é de 30 a 50 g kg⁻¹, mesmo não sendo observado efeito significativo dos tratamentos para esse parâmetro.

Os resultados obtidos por Sales (2020) em experimento envolvendo reinoculação de *Rhizobium tropici* no feijoeiro, não verificou incrementos no teor de N em parte aérea quando comparado os tratamentos, a diferença foi apenas referente à reinoculação para teor de N nos grãos em 2019, cuja testemunha se destacou com uma média de 35,37g kg⁻¹.

Garcia (2017) avaliando feijão de inverno inoculado com *Rhizobium tropici* em respostas de culturas antecessoras e inoculação de *Azospirillum brasilense* em arroz, observou diferença significativa quanto ao teor de nitrogênio foliar, para o tratamento com inoculação com *R. tropici*, proporcionando maior teor desse nutriente. Sabundjian *et al.* (2016),

obtiveram resultados significativos na interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio no ano de 2014, com destaque para os tratamentos com milho + *Urochloa* sem e com inoculação com *A. brasilense* e somente *Urochloa*, com médias de 53,82, 51,62 e 51,71 g kg⁻¹ respectivamente.

Os valores médios obtidos para massa de cem grãos e produtividade de estão apresentados na Tabela 4. As médias da massa de 100 grãos obtidas dos tratamentos de cobertura antecessoras avaliadas não resultaram diferença para massa de cem grãos, resultados que corroboram aos encontrados por Garcia (2017), que na safra 2015/16 para massa de cem grãos de feijão não constatou diferenças para as a cultura do feijão de inverno na sucessão de combinações de culturas antecessoras e ausência e presença de inoculação com *A. brasilense*. Assim como verificado também por Rosa (2018), em feijão cultivar BRS Estilo, não constatou diferenças significativas para esse parâmetro produtivo. No presente trabalho, os valores médios encontrados para massa de cem grãos entre as espécies de plantas de cobertura foram de 24,89 a 25,20 e entre os inoculantes de 24,68 a 25,29, superando a massa média de 24,00g estimado para o cultivar IPR Campos Gerais (IAPAR, 2016).

Tabela 4. Valores médios de massa de cem grãos e produtividade de grãos de feijoeiro em função de plantas de coberturas e inoculação em sistema de SPD consolidado. Selvíria - MS, 2019.

Tratamentos	Massa de cem grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
	Coberturas vegetais	
Milho	24,89	4.140
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	25,20	4.102
Milho + Guandu	24,89	3.890
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	24,93	3.896
Milho + <i>Urochloa brizantha</i>	24,91	3.996
Manejo de inoculação		
<i>R. tropici</i>	24,68 b	3.928
<i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> (foliar V ₃)	24,85 b	4.119
Brutall Plus ®	25,05 a	4.012
Brutall Plus ® + <i>A. brasilense</i> (foliar V ₃)	25,29 a	3.960
Teste F		
Cobertura (C)	0,72 ^{ns}	0,66 ^{ns}
Inoculação (I)	3,59*	0,44 ^{ns}
C x I	0,92 ^{ns}	0,29 ^{ns}
CV (%)	2,49	14,19
Média geral	24,96	4.005

Nota: **, *: significativo pelo teste F a 1 e 5 %, respectivamente; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Por outro lado, observou-se diferença significativa entre os tratamentos de inoculação para a variável massa de 100 grãos, sendo possível afirmar que os tratamentos com a aplicação do Brutall Plus ® e Brutall Plus ®+ *A. brasilense* promoveram incrementos nesse parâmetro avaliado, mostrando-se superiores aos demais tratamentos. No entanto, esse aumento não foi tão significativo a ponto de promover incremento na produtividade de grãos.

As diferentes coberturas vegetais do solo e as inoculações não influenciaram na produtividade de grãos de feijão (Tabela 4). Sales (2020) também, em seu estudo, afirmou que não houve diferenças na produtividade apresentadas para este parâmetro em dois anos experimentais. Possivelmente não houve o sincronismo entre a decomposição das coberturas vegetais, liberação dos nutrientes acumulados e o aproveitamento pelas plantas de feijão destes compostos. Como pode ser visualizada na Tabela 4, a produtividade de feijão obtida em todos os tratamentos foi elevada, variando de 3.890 a 4.119 kg ha⁻¹. A produtividade média superior foi obtida com os tratamentos onde o milho foi cultivado anteriormente, e quando o feijão foi inoculado com *R. tropici* associado ao *A. brasilense*, mantendo-se superiores à média, com 4.140 e 4.119 kg ha⁻¹, respectivamente. De acordo com Takasu (2019), esse fato pode ser em decorrência da relação C/N da cobertura de milho exclusivo, bem como a quantidade acumulado de N por esta cobertura e a liberação mais sincronizada com o desenvolvimento da cultura do feijoeiro, que conseqüentemente acarretou em uma melhor sincronia entre a decomposição da cobertura, necessidade e absorção de nutrientes da cultura em sucessão.

Em trabalho com objetivo de verificar o efeito da rotação de culturas e adubação verde sobre a produtividade do feijoeiro, Bettioli *et al.* (2015) também não verificou diferenças significativas entre as plantas de cobertura (Braquiária; Braquiária + mucuna; Braquiária + crotalário; Braquiária + feijão de porco; e Braquiária + guandu), doses de aplicação de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 Kg de N ha⁻¹) e a interação entre planta x doses para a característica agrônômica produtividade das sementes de feijoeiro, corroborando com o presente trabalho.

Resultados estes que contradizem com os encontrados por Takasu (2019), que verificou diferenças significativas para o cultivo na safra 2016, com uma maior produtividade quando o feijoeiro foi cultivado em área de palhada de milho exclusivo e na safra 2017 em cobertura vegetal de milho + *U. ruziziensis* com uma média de 3.402 e 4.012 kg ha⁻¹ respectivamente.

Estes resultados confirmam que a coinoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* no feijoeiro, tem inúmeros benefícios, dentre eles o fator econômico e ambiental, levando em

consideração os valores de aquisição do inoculante comercial e do fertilizante mineral, além de incrementar à produtividade.

Os resultados dos atributos qualitativos referentes ao rendimento de peneira (RP) do feijoeiro são apresentados na Tabela 5. Observa-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos de cobertura e a variação dos crivos para a maioria das peneiras utilizadas. Para RP 13 e $RP \geq 12$, houve efeito significativo para inoculação, onde a inoculação com *R. tropici* e *R. tropici* + *A. brasilense* proporcionaram maiores porcentagem para os rendimentos citados.

Tabela 5. Valores médios de rendimento em peneira (RP) determinado pela porcentagem de grãos de feijoeiro-comum retidos em peneiras de furo oblongo em função de plantas de coberturas e inoculação em sistema de SPD consolidado. Selvíria - MS, 2019.

Tratamentos	Rendimento de Peneiras (%)					
	Coberturas vegetais					
	RP11	RP12	RP13	RP14	RP15	RP \geq 12
Milho	6,54	16,11	38,77	30,91	4,45	90,24
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	5,56	14,53	37,51	34,62	5,17	91,83
Milho + Guandu	4,79	14,23	38,96	34,45	4,94	92,52
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	4,86	13,29	38,62	35,78	4,28	91,97
Milho + <i>Urochloa brizantha</i>	5,56	15,48	39,31	32,91	4,06	91,75
	Manejo de inoculação					
<i>R. tropici</i>	4,91	15,12	40,16 a	33,50	4,07	92,86 a
<i>R. tropici</i> + Azo (foliar V ₃)	4,78	14,13	40,08 a	34,16	4,56	92,93 a
Brutall Plus ®	5,49	13,98	37,62 b	34,54	4,82	90,97 b
Brutall Plus + Azo (foliar V ₃)	6,67	15,68	36,66 b	32,74	4,86	89,93 b
	Teste F					
Cobertura	1,22 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,74 ^{ns}
Inoculação	2,29 ^{ns}	0,82 ^{ns}	4,38**	0,25 ^{ns}	0,73 ^{ns}	2,68*
C X I	0,41 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,23 ^{ns}
CV (%)	46,78	27,26	9,78	21,12	41,53	4,39
Média Geral	5,46	14,73	38,63	33,73	4,58	91,67

Nota: **, *: significativo pelo teste F a 1 e 5 %, respectivamente; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

De maneira geral, a maior quantidade de grãos ficou retida na peneira 13, com rendimento superior a 38%, resultado este também encontrado por Santis *et al.* (2019) ao avaliar este parâmetro em cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca. De acordo com Carbonell *et al.* (2010) quando a porcentagem de RP ≥ 12 for acima de 70%, valor este de referência pelas empacotadoras de feijão, representa que os grãos apresentam uma boa qualidade de enchimento de grãos e conseqüentemente tem um maior retorno financeiro, resultado este que encontramos no presente trabalho.

Respostas semelhantes foram encontradas por Filla (2019) ao analisar atributos agronômicos e qualitativos de cultivares de feijoeiro sob manejos de fornecimento de nitrogênio, constatou que a cultivar IPR Campos Gerais foi estatisticamente superior em relação às peneiras de maior crivo (13,14 e 15), sendo que a peneira 13 apresentou maior quantidade de grãos retidos, com cerca de 44%. Damião (2017) também, obteve uma média de 40,12% (RP13) na cultivar IAC Alvorada, destacando o sistema de cultivo de milho exclusivo que apresentou superioridade em relação aos demais sistemas de cultivo, que refletiu no rendimento do conjunto de peneiras maior ou igual a 12 (85,6%).

Segundo Carbonell *et al.* (2010) os atributos tecnológicos do feijoeiro comum também estão relacionados a fatores abióticos e não somente ligados à melhoria genética como geralmente são apontados nas pesquisas, esse fato causa impactos no aumento ou diminuição da produtividade da cultura, inferindo no rendimento de peneira.

No que diz respeito a análise econômica, na Tabela 6, encontra-se a estimativa do custo operacional total obtido com a cultura do feijoeiro em função de coberturas vegetais e manejo de inoculação. Este modelo de estrutura de COT foi utilizado individualmente para todos os tratamentos, embora a Tabela 6, esteja representando apenas um dos tratamentos estudados.

Verificou-se que os gastos com insumos e operações mecanizadas foram os mais elevados (22,06% e 61,67% respectivamente), já os custos manuais corresponderam a 8,87% do COT. Quanto aos insumos utilizados, os maiores gastos foram atribuídos a semente do feijão, seguidos por fertilizantes e a semente de milho (14,26%, 9,60% e 8,87% respectivamente).

Tabela 6. Estimativa o custo operacional e percentagem de cada custo obtido com a cultura do feijoeiro-comum em função de plantas de coberturas e inoculação em sistema de SPD consolidado. Selvíria - MS, 2019.

DESCRIÇÃO	Especi- ficação	EMBA LAGE M	Valor 2020	VA LO R	Quant idade	nº veze s	Valor unitário (R\$)	Total (R\$)	Percentag em (%)
A) Operações mecanizadas									
Dessecação da cobertura	HM				0,25	1	161,03	40,26	0,60
Semeadura e adubação de base	HM				0,83	2	413,00	685,5 8	10,29
Irrigação	Kwh				2200, 00	1	0,21	462,0 0	6,93
Pulverização	HM				0,11	6	154,00	101,6 4	1,53
Recolhimento/trilh a/ensaque	HM				1,00	1	180,30	180,3 0	2,71
								1469, 78	
SUBTOTAL A									22,06
B) Operações manuais									
Arranquio feijão	diárias				1,00	8	73,85	590,8 0	8,87
								590,8 0	
SUBTOTAL B									8,87
C) Insumos									
Formulado 08-28- 16	Kg	50	127,9 0	250,0 2,56	0	1	2,56	639,5 0	9,60
Semente Feijão IPR Campos Gerais	Kg	25	330,0 0	13,2 0	72,00	1	13,20	950,4 0	14,26
Standak Top	L	5	2515, 00	503, 00	0,20	1	503,00	100,6 0	1,51
Glyphosate Podium (Herbicida)	Kg	5	185,0 0	37,0 0	1,56	1	37,00	57,72	0,87
(Herbicida)	L	1	77,90 359,9	0 71,9	0,75	1	77,90	58,43	0,88
Flex (Herbicida)	L	5	0 739,9	8 739,	0,90	1	71,98	64,78	0,97
Premio (inseticida) Provado (inceticida)	L	1	0 83,90	90 83,9	0,05	1	739,90	37,00	0,56
(inceticida)	L	1	83,90 80,9	0 80,9	0,50	1	83,90	41,95	0,63
Decis	L	1	80,90	0	0,16	1	80,90	12,94	0,19
Sumiguard (fungicida)	Kg	1	95,00	95,0 0	1,20	1	95,00	114,0 0	1,71
Dithane/Mancozeb	Kg	2	52,90 120,0	5 24,0	0,80	1	26,45	21,16	0,32
Óleo Mineral	L	5	0	0	1,00	2	24,00	48,00	0,72

Azospirillum brasiliense	L	1,5	175,0 0	116, 67	0,20	2	116,67	46,67	0,70
Rhizobium tropici	L	3	125,0 0	41,6 7	0,20	1	41,67	8,33	0,13
Brutall Plus	L	5	450,0 0	90,0 0	4,36	1	90,00	392,4 0	5,89
Milho (AG 7098)	Kg	20	591,0 0	29,5 5	20,00	1	29,55	591,0 0	8,87
Crotalaria Spectabilis	Kg	3	42,00	14,0 0	8,00	1	14,00	112,0 0	1,68
Guandu anão	Kg	3	60,00	20,0 0	25,00	1	20,00	500,0 0	7,50
U. Ruziziensis	Kg	10	120,0 0	12,0 0	8,00	1	12,00	96,00	1,44
U. brizantha (cv. Marandú)	Kg	10	270,0 0	27,0 0	8,00	1	27,00	216,0 0	3,24
SUBTOTAL C								4108, 88	61,67
Custo Operacional Efetivo (COE)								6169, 45	92,59
Outras despesas (5% COE)								308,4 7	4,63
Juros de Custeio								185,0 8	2,78
Custo Operacional Total (COT)								6663, 01	100,00

Fonte: Próprio autor.

A implantação do experimento, teve como custos médios da cultura do feijoeiro de inverno, um Custo de operação total (COT) de R\$ 5181,70 ha⁻¹ (Tabela 7). Este modelo de estrutura de COT foi utilizado para todos os tratamentos, entretanto, na referida tabela está representado apenas um dos tratamentos estudados (M1: inoculação com *Rhizobium tropici* via semente sob milho como cultura antecessora), recomendado para a cultura do feijão.

Tabela 7. Estimativas do custo operacional e percentagem de cada custo obtido com a cultura do feijoeiro inoculado por hectare, em função do manejo M1 (com inoculação com *Rhizobium tropici* e milho como cobertura antecessora). (Selvíria, MS, safra 2019).

DESCRIÇÃO	Esp.	Qtde	nº vezes	Valor unitário (R\$)	Total (R\$)	Percentagem (%)
A) Operações mecanizadas						
Dessecação da cobertura	HM	0,25	1	161,03	40,26	0,78
Semeadura e adubação de base	HM	0,83	2	413,00	685,58	13,23
Irrigação	Kwh	2200,00	1	0,21	462,00	8,92
Pulverização	HM	0,11	4	154,00	67,76	1,31
Recolhimento/trilha/ensaqu e	HM	1,00	1	180,30	180,30	3,48
SUBTOTAL A					1435,90	27,71
B) Operações manuais						
Arranquio feijão	Diárias	1,00	8	73,85	590,80	11,40
SUBTOTAL B					590,80	11,40
C) Insumos						
Formulado 08-28-16	Kg	250,00	1	2,56	640,00	12,35
Semente Feijão Campos Gerais	IPR sc	72,00	1	13,20	950,40	18,34
<i>Rhizobium tropici</i>	ml	0,20	1	41,67	8,33	0,16
Semente Milho AG 7098	sc	20,00	1	29,55	591,00	11,41
Standak Top	L	0,20	1	503,00	100,60	1,94
Glyphosate	L	4,00	1	20,65	82,58	1,59
Podium (Herbicida)	L	0,75	1	77,90	58,43	1,13
Flex (Herbicida)	L	0,90	1	71,98	64,78	1,25
Premio	L	0,05	1	739,90	37,00	0,71
Provado	L	0,50	1	83,90	41,95	0,81
Sumiguard	Kg	1,20	1	95,00	114,00	2,20
Decis	L	0,16	1	80,90	12,94	0,25
Dithane/Mancozeb	Kg	0,80	1	26,45	21,16	0,41
Óleo Mineral	L	1,00	2	24,00	48,00	0,93
SUBTOTAL C					2771,17	53,48
Custo Operacional Efetivo (COE)					4797,87	92,59
Outras despesas (5% COE)					239,89	4,63
Juros de Custeio					143,94	2,78
Custo Operacional Total(COT)					5181,70	100,00

Fonte: Próprio autor.

A produtividade média considerada para a IPR Campos Gerais, divulgada no portfólio de cultivares de feijão do IAPAR, é de 66 sacas ha⁻¹ para lavouras comerciais (IAPAR, 2012). Verifica-se no presente experimento, que as médias de produtividade foram elevadas, variando de 58,86 a 75,26 sacas ha⁻¹, com uma média de 67,33 sacas ha⁻¹.

Observando-se os índices de rentabilidade (Tabela 8), nota-se que o custo de produção variou de acordo com os tratamentos, o menor custo de produção do feijoeiro foi com o tratamento inoculado com *R. tropici* com milho como cobertura vegetal, com um valor de R\$5181,70 por hectare, devido a cobertura vegetal utilizada ser a mais barata dentre as demais. O maior custo foi observado no tratamento MG4 (Milho + Guandú como cobertura vegetal, inoculado com *R. tropici* + *A. brasilense* via foliar) com R\$5963,98 por hectare (Tabela 8), podendo ser justificado pelos altos preços das sementes para cobertura vegetal e ao manejo de inoculação.

Quanto à produtividade de grãos, observou-se que, o plantio de Milho + *C. spectabilis*, antecedendo o feijoeiro, apresentou a maior produtividade, evidenciando os seus benefícios como cobertura do solo, seguida do milho solteiro. Dentre os tratamentos utilizando a cobertura vegetal que proporcionou maiores produtividades, o inoculado com *R. tropici* recebe destaque, com um índice de lucratividade de 74,69%, o maior dentre todos os tratamentos, devido ao aumento do COT. Os resultados mostram claramente a importância do uso de *R. tropici* na inoculação do feijoeiro.

Tabela 8. Indicadores de rentabilidade do feijoeiro em função de plantas de coberturas e inoculação em sistema de SPD consolidado. Selvíria - MS, 2019.

Trat	PROD (kg ha ⁻¹)	PROD (sc ha ⁻¹)	COT (R\$)	RB (R\$)	LO (R\$)	IL (%)	PE (R\$ Sc ⁻¹)	ProE (Sc ha ⁻¹)
M2	4418	73,63	5225,19	20492,32	15267,13	74,50	70,97	19
M1	4054	67,56	5181,70	18803,84	13622,14	72,44	76,70	19
M4	4336	72,26	5423,98	20113,47	14689,49	73,03	75,06	19
M3	3999	66,64	5380,48	18548,89	13168,40	70,99	80,74	19
MC2	4277	71,29	5346,15	19841,73	14495,58	73,06	74,99	19
MC1	4516	75,26	5302,66	20947,35	15644,69	74,69	70,46	19
MC4	3918	65,30	5544,94	18174,53	12629,59	69,49	84,92	20
MC3	4197	69,95	5501,44	19469,00	13967,56	71,74	78,65	20
MG2	4107	68,44	5765,19	19049,97	13284,78	69,74	84,23	21
MG1	3532	58,86	5721,70	16383,06	10661,36	65,08	97,21	21
MG4	3891	64,84	5963,98	18047,43	12083,45	66,95	91,98	21
MG3	3921	65,35	5920,48	18188,77	12268,29	67,45	90,60	21
MUR2	4249	70,82	5328,87	19710,45	14381,58	72,96	75,25	19
MUR1	4059	67,65	5285,38	18829,58	13544,20	71,93	78,13	19
MUR4	3735	62,25	5527,66	17324,88	11797,22	68,09	88,80	20

MUR3	3699	61,65	5484,16	17159,00	11674,84	68,04	88,96	20
MUB2	4149	69,15	5458,47	19246,66	13788,19	71,64	78,94	20
MUB1	4043	67,38	5414,98	18753,37	13338,39	71,13	80,37	19
MUB4	3873	64,54	5657,26	17964,76	12307,50	68,51	87,65	20
MUB3	3829	63,82	5613,76	17763,76	12150,00	68,40	87,96	20

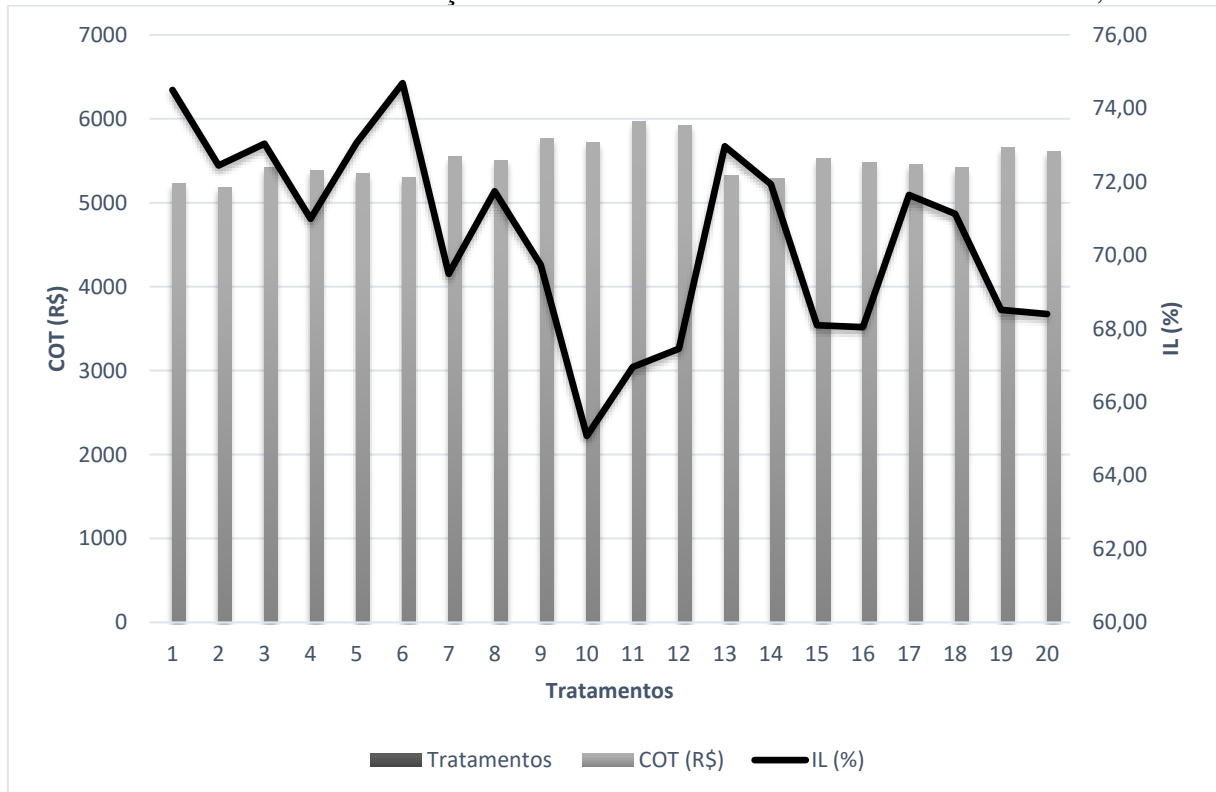
Produtividade de grãos de feijão (PROD), custo operacional total (COT), receita bruta (RB), lucratividade operacional (LO), índice de lucratividade (IL), preço econômico (PE) e produtividade econômica (ProE). Milho + *R. tropici* via semente (M1); Milho + *R. tropici* via semente + *A. brasilense* via foliar (M2); Milho + Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar (M3); Milho + Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar + *A. brasilense* via foliar (M4); Milho + *C. spectabilis* + *R. tropici* via semente (MC1); Milho + *C. spectabilis* + *R. tropici* via semente + *A. brasilense* via foliar (MC2); Milho + *C. spectabilis* + Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar (MC3); Milho + *C. spectabilis* + Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar + *A. brasilense* via foliar (MC4);). Milho + Guandú + *R. tropici* via semente (MG1); Milho + Guandú + *R. tropici* via semente + *A. brasilense* via foliar (MG2); Milho + Guandú + Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar (MG3); Milho + Guandú + Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar + *A. brasilense* via foliar (MG4); Milho + *U. ruziziensis* + *R. tropici* via semente (MUR1); Milho + *U. ruziziensis* + *R. tropici* via semente + *A. brasilense* via foliar (MUR2); Milho + *U. ruziziensis* + Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar (MUR3); Milho + *U. ruziziensis* + Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar + *A. brasilense* via foliar (MUR4); Milho + *U. brizantha* + *R. tropici* via semente (MUB1); Milho + *U. brizantha* + *R. tropici* via semente + *A. brasilense* via foliar (MUB2); Milho + *U. brizantha* + Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar (MUB3); Milho + *U. brizantha* + Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar + *A. brasilense* via foliar (MUB4);

Fonte: Próprio autor.

Dentre os tratamentos, a utilização de Feijão Guandu como cultura antecessora ao feijoeiro, devido ao elevado preço das sementes, aumentou o valor do custo operacional total, sendo responsável pelas maiores produtividades de equilíbrio. À medida em que mudam os manejos de inoculação, aumentam, também, os valores de COT. Assim, não só o tipo de cobertura vegetal, mas, também, o manejo de inoculação interfere nesta variável.

O preço de equilíbrio é influenciado pelo COT e pela produtividade, com isso, quanto maior a produtividade menor preço de equilíbrio, sendo o maior preço de equilíbrio proporcionado pelo tratamento com milho e guandu como cobertura vegetal antecessora e feijão inoculado com *R. tropici* (MG1), e o menor o resultante do tratamento MC1.

Figura 2. Custo operacional total (COT) e índices de lucratividade (IL) em função de plantas de coberturas e inoculação em sistema de SPD consolidado. Selvíria - MS, 2019.



M2(1); M1(2); M4 (3); M3(4); MC2 (5); MC1(6); MC4(7); MC3(8); MG2(9); MG1(10); MG4(11); MG3 (12); MUR2(13); MUR1(14); MUR4(15); MUR3 (16); MUB2(17); MUB1(18); MUB4(19); MUB3(20); Milho (M); Milho + *C. spectabilis* (MC); Milho + Guandú (MG); Milho + *U. ruziziensis* (MUR); Milho + *U. brizantha* (MUB); *R. tropici* via semente (1); *R. tropici* via semente + *A. brasilense* via foliar (2); Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar (3); e Brutall Plus via semente + Brutall Plus via foliar + *A. brasilense* via foliar (4).

Fonte: Próprio autor.

5 CONCLUSÕES

As diferentes culturas antecessoras não influenciaram os parâmetros produtivos e nutricionais do feijoeiro de inverno em sucessão.

A inoculação com Brutall Plus ® sozinho ou associado proporcionaram incrementos na massa de 100 grãos.

Os atributos qualitativos dos grãos de feijoeiro comum são mais influenciados pelo fator inoculação do que pelas coberturas antecessoras, proporcionando incremento no rendimento de peneira no furo ≥ 12 , acima de 89%, quando inoculado com *R. tropici* sozinho ou associado, atribuindo boa qualidade tecnológica dos grãos.

O uso de Milho consorciado com *Crotalaria spectabilis*, como cobertura anterior, proporcionou a maior média de produtividade de grãos e receita bruta. Já o Milho com Guandú proporcionaram maior custo operacional.

O maior lucro operacional e conseqüentemente, o melhor índice de lucratividade foi obtido pelo uso de Milho e *C. spectabilis* como cobertura do solo e o uso do manejo de inoculação com *R. tropici*.

As maiores produtividades de equilíbrio foram obtidas pelo uso de feijão guandú, como cobertura vegetal antecessora, devido ao preço da semente.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, R. M. C. M.; ARAÚJO, A. P.; XAVIER, G. R.; ROCHA, M. M.; RUMJANEK, N. G. **Relações entre a contribuição da fixação biológica de nitrogênio e a duração do ciclo de diferentes genótipos de cultivos de leguminosas de grãos**. Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI, 2009. (Documentos, 197).
- ALMEIDA, O. M.; MELO, H. C.; PORTES, T. A. Growth and yield of the common bean in response to combined application of nitrogen and paclobutrazol. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, p. 127-132, 2016.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. V.; 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.
- AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H. A. A.; RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed.rev. Campinas: IAC, 1997. p.189-203. (Boletim técnico, 100).
- ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um Latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.
- ARAÚJO, F. F.; CARMONA, F. G.; TIRITAN, C. S.; CRESTE, J. E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.29, n.4, p.535-540, 2007.
- ARAUJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijão. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.) **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília, DF: Embrapa-SP, 1994, 236 p.
- 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.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2004.

- BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 77, n. 3 p. 549-579, 2005.
- BÁRBARO, I. M.; BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. da. **Técnica alternativa**: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm. Acesso em: 20 dez. 2019.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na Região Central-Brasileira: 2012- 2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p.
- BASSAN, D. A. Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M. A. C.; SANTOS, N. C. B.; SÁ, M. E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: Produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.
- BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; MARIA, I. C. de; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, 2011.
- BETTIOL, J. V. T. *et al.* Plantas de cobertura utilizando *Urochloa ruziziensis* solteira e em consórcio com leguminosas e seus efeitos sobre a produtividade de sementes de feijoeiro. **UNICIÊNCIAS**, [s. l.], v.19, n.1, p.3-10, 2015.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. (ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p.14.
- BORGHI, E.; COSTA, N. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008.
- BRITO, L. F. **Plantas de cobertura no sistema de plantio direto orgânico do milho em monocultivo e consorciado com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*)**. 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.
- BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, p.206-215, 2011.
- CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.
- CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, J.; BORÉM, A. (ed.). **Feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 143-170.

- CASTILLO, G. **A contribuição do sistema de plantio direto para maior lucratividade na produção agrícola**: 3RLAB. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2016.
- CECCON, G., **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013.175 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: Grãos – safra 2020/2021, sétimo levantamento [internet]. Brasília, DF: Conab; 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 15. abr. 2021.
- CORSINI, D. C.; CASSIOLATO, A. M. R. Microbiologia do solo e fixação simbiótica do nitrogênio. In: ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (Ed.). **Aspectos gerais da cultura do feijão: Phaseolus vulgaris L.** Botucatu: UNESP, 2015. p. 111-116.
- DALL'AGNOL, R. F., RIBEIRO, R. A., ORMEÑO-ORRILLO, E., ROGEL, M. A., DELAMUTA, J. R. M., ANDRADE, D. S., MARTÍNEZ-ROMERO, E. HUNGRIA, M. *Rhizobium freirei* sp. nov., a symbiont of *Phaseolus vulgaris* that is very effective at fixing nitrogen. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, London, v. 63, p. 4167-4173, 2013.
- DAMIÃO, V. D. **Sistemas de cultivo e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em plantio direto**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências agrárias e veterinárias, Jaboticabal, 2017.
- 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 AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Região Central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011, 261 p. (Sistemas de Produção, 15).
- ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 321-328, 2006.
- FAGERIA, N. K.; FERREIRA, E. P. B.; MELO, L. C.; KNUPP, A. M. Genotypic Differences in dry bean yield and yield components as influenced by nitrogen fertilization and rhizobia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 45, p. 1583-1604, 2014.
- FAGERIA, N. K.; MELO, L. C.; OLIVEIRA, J. Nitrogen use efficiency in dry bean genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 36, p. 2179-2190, 2013.
- FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Área sob plantio direto**. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/download/area-PD-Brasil-e-estados.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

- FERLINI, H. A. **Co-Inoculación en Soja (*Glicyne max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense***. [S. l.: s. n.], 2006. Disponível em: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/co-inoculacion-en-soja-t26446.htm>. Acesso em: 22 mar.2021.
- FERREIRA, A. N.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C. de; ARAÚJO, R. S.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, New York, v. 57, p. 507-512, 2000.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, E. P. B.; MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; ARAÚJO, J. L. S.; FERNANDES JUNIOR, P. I.; ARAÚJO, A. P. Contribuição para melhoria da 80 eficiência da fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro comum no Brasil. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 8, p. 251-291, 2013.
- FIGUEIREDO, M. A. **Inoculação com *Rhizobium* spp. e adubações nitrogenados e molibdica no feijoeiro-comum**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- FILLA, V. A. **Atributos agronômicos e qualitativos de cultivares de feijoeiro-comum sob monitoramento e manejos de fornecimento de nitrogênio utilizando clorofilômetro portátil**. 2019. 56 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências agrárias e veterinárias, Jaboticabal, 2019.
- FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p. 2825-2836, 2012.
- FONSECA, G. G.; OLIVEIRA, D. P.; SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; TEIXEIRA, C. M.; MARTINS, F. A. D.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. B. Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio. **Bioscience Journal**, Darmstadt, v. 29, n. 6, p. 1778-1787, 2013.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **FAOSTAT 2019: Countries by commodity**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso: 21 mar. 2021.
- GARCIA, N. F. S. **Culturas antecessoras e inoculação de *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas e feijão de inverno em sucessão inoculado com *Rhizobium tropici***. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2017.
- GARÉ, L. M. **Reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em sistema plantio direto em fase inicial consolidado**. 2020. 56 f. Dissertação (Mestrado em sistema de produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2020.
- GITTI, D. C. *et al.* Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n.15, p. 36-46, 2012.

GOMES JÚNIOR, F. G. **Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre diferentes palhadas: produtividade, composição química e qualidade fisiológica de sementes**. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2006.

GONÇALVES, S. L.; SARAIVA, O. F.; FRANCHINI, J. C.; TORRES, E. **Decomposição de resíduos de milho e soja em função do tempo e do manejo do solo**. Londrina: Embrapa CNPSo, 2010. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 3).

GONZAGA, A. C. O. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2014. 247 p.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. [S. l.]: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Documentos n.395. Embrapa Soja, ISSN 1516-781X).

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S.; CHUEIRE, L. M. O.; PROBANZA, A.; GUTTIERREZ-MAÑERO, F. J.; MEGIAS, M. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.32, p.1515-1528, 2000.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; ARAUJO, R.S. Fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, Embrapa-CPAC, 1997. p.189-294.

IAPAR. **Cultivar de feijão IPR Campos gerais**. Londrina: [s. n.], 2016. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/negocios/folders/feijao/IPR-Campos-Gerais.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2021.

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.

KAPPES, C. Utilizações e benefícios da crotalária na agricultura. **Revista Panorama Rural**, Ribeirão Preto, n. 147, p. 16-17, 2011.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 1310-1321, 2013.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja. Arroz e feijão, após oito anos de plantio direto**. 1998. 179 f. Tese (Doutorado em Solos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (2006). Palhada de braquiária no sistema plantio direto. *In*: KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L. F. (ed.). **Integração lavoura pecuária: agregação de valores, custo e sustentabilidade**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Cap. 18.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. Ciudad del Mexico: [s. n.], 1948. 479 p.

LOLLATO, M. A., SEPULCRI, O., DEMARCHI, M., **Cadeia produtiva do feijão: diagnóstico e demandas atuais**. Londrina: IAPAR, 2001. 48 p.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p. 90.

LÓPEZ, V. M. H.; VÁZQUEZ, M. L. P. V.; MARTÍNEZ, J. S. M.; DELGADO, S. H.; PÉREZ, N. M. Origen, domesticación y diversificación del frijol común. Avances y perspectivas. **Revista Fitotecnica de Mexico**. Mexico, v. 36, n. 2, 10 p. 2013.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Importação e exportação de feijão no Brasil**. Brasília, DF, 2021. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao>. Acesso em: 22 mar. 2021.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**, 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2012.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários - "CUSTAGRI". **Informações Econômicas**, São Paulo, v.28, n. 1, p. 7-28, 1997.

MARTÍNEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, L.; MERCANTE, F. M.; FRANCO, A. A.; GRAHAM, P.; PARDO, M. A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating Phaseolus vulgaris L. beans and Leucaena sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Iowa, v. 41, n. 3, p. 417-426, 1991.

MARTINS, F. A. D. **Sistemas de manejo e população de plantas na cultura do feijoeiro comum**. 2016. 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

MATOSO, S.C.G.; KUSDRA, J.F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.6, p.567-573, 2014.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. N. E.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; PEREIRA, H. S.; FARIA, L. C. de; COSTA, J. G. C. da; CABRERA DIAZ, J. L.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A.; CARVALHO, H. W. L. de; COSTA, A. F. da; ALMEIDA, V. M. de; MELO, C. L. P. de; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FARIA, J. C. de; SOUZA, J. F.; MARANGON, M. A.; CARGNIN, A.; ABREU, Â. de F. B.; MOREIRA, J. A. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; GUIMARÃES, C. M.; BASSINELLO, P. Z.; BRONDANI, R. P. V.; MAGALDI, M. C. de S. **BRS Estilo**: cultivar de grão tipo comercial carioca, com arquitetura de planta ereta associada com alto potencial produtivo. Comunicado Técnico 186, Santo Antônio de Goiás, GO, 2009. 4 p.

MERCANTE, F. M.; TEIXEIRA, M. G.; ABBOUD, A. C. S.; FRANCO, A. A. Avanços biotecnológicos na cultura do feijoeiro-comum sob condições simbióticas. **Revista Universidade Rural: Série Ciência da Vida**, [s. l.], v. 21: p. 127-146, 1999.

MERCANTE, F.M.; STRALIOTTO, R.; DUQUE, F.F.; FRANCO, A.A. **A inoculação do feijoeiro comum com Rizóbio**. Seropédica: Embrapa CNPBS, n.10, p. 8, 1992. (Embrapa CNPBS, Comunicado Técnico).

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

NAKAO, A. H. **Composto orgânico de agroindústrias na produção de feijão "de inverno" e milho no sistema plantio direto**. 2015. 64 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Ilha Solteira, 2015.

OLIVEIRA, J. A. G. **Avaliação de atributos físico-químicos do solo sobre palhadas de diferentes poaceas e adubação nitrogenada em semeadura direta na cultura do feijoeiro**. 2016. 67 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

OLIVEIRA, M. G. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; KUSDRA, G. R. F.; DÍAZ, J. L. C. **Desempenho Produtivo da Cultivar de Feijão-Comum BRS Esteio em Unidades Demonstrativas na Região Centro-Sul do Paraná**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. 20 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).

OLIVEIRA, P. **Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado**. 2010. 126 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – USP - ESALQ, Piracicaba, 2010.

PELEGRIN, R. de; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro-comum à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 219-226, 2009.

PEREIRA, L. B. *et al.* Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p.29-38, abr. 2015.

PEREIRA, T. O. **Plantas de cobertura, adubação nitrogenada e produção de sementes de feijoeiro**. 2016. 92 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

PERES, A. R. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção e 31 qualidade fisiológica de sementes.** 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Agronomia, Faculdade de Engenharia - Unesp, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2014.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. *In: ARF O.; LEMOS L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (ed.) 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.

ROSA, M. E. **Efeito da adubação verde e doses de estimulantes em plantio direto: no desenvolvimento, produtividade e qualidade fisiológica das sementes de feijão no cerrado Sul-Mat-Grossense.** 2018. Tese (Doutorado em Sistema de produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 2018.

SABUNDJIAN, M. T. *et al.* Fertilização nitrogenado no desempenho agrônômico do feijoeiro de inverno em sucessão a gramíneas de verão. **Rev. Cienc. Agrar.**, Viçosa, MG, v. 59, n. 2, p. 152-161, abr./jun. 2016.

SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; TARSITANO, M. A. A.; KANEKO, F. H.; CORSINI, D. C. D. C. Análise econômica da adubação nitrogenada em feijoeiro de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 349-356. DOI: 10.1590/S1983-40632014000400005, 2014.

SALES, L. Z. S. **Momentos de reinoculação de *Rhizobium tropici* no feijoeiro na implantação de sistema plantio direto.** 2020. 61 f. Dissertação (Mestrado - Sistema de produção). Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2020.

SANCHEZ, P.A.; LOGAN, T.J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. *In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. (ed.) Myths and science of soil of the tropics.* Madison: Soil Science Society of America, 1992. p. 35-46.

SANTIS, F. P. *et al.* Componentes de produção, produtividade e atributos tecnológicos de cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n.6, Nov-Dez, 2019, p. 21-30.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. & MELO, M. L. B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.38, p.1265-1271, 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 4, p. 496-506, 2009a.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. Viabilidade econômica da cultivar de feijão-comum BRS Estilo. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, Blumenau, v.3, n. 1, p. 223-242, 2015.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II – Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 51-61, 2007.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F.; JÚNIOR, J. A.; SILVA, J. G. da. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um Latossolo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 53-59, 2008.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; ABRANTES, F. L.; SILVA, M. P.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região do Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

SOARES, A.L.L.; FERREIRA, P.A.A.; PEREIRA, J.P. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG): II - feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 750-758, 2006.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais mediante aplicação de calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 81-90, 2007.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; PILON, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com *Urochloa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v. 48, p. 1347-1355, 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013001000006.

SOUZA, A. L. **Sanidade de sementes de feijão em função da palhada antecessora em área de semeadura direta**. 2016. 59 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro-comum cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 4, p. 370-377, abr. 2011.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. **Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 122-153.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M.G.; MERCANTE, F.M. **Cultivo do feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/fbnitrogenio.htm%3E>. Acesso em :22 mar. 2021.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E.R. *et al.*, 3° ed., Porto Alegre: Artemed, 2004, p.719.

TAKASU, A. T. **Manejo do solo e consórcio de gramíneas ou leguminosas no desenvolvimento e produtividade do milho primeira safra e feijão de inverno em sucessão no sistema plantio direto no cerrado.** 2019. 144 f. Dissertação (Doutorado em Sistemas de produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2019.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; ANDRADE, M. J. B.; SILVA, C. A.; BOTREL, E. P. Nitrogênio e palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco, no plantio direto do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. **Resumos** [...] Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2008. p.1511-1514.

URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio na produtividade dos sistemas agrícolas na América Latina. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. de (ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. Cap. 7, p. 181- 200.

VENTURINI, S. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; VENTURINI, E. F.; GIRACCA, E. M. N. **Efeito da Inoculação com *Rhizobium* e aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro.** UFSM, CCR, Departamento de solos, Santa Maria-RS, 2002. p. 1.

VERONEZI, S. D. F.; COSTA, M. R.; SILVA, A. T.; MERCANTE, F. M. Caracterização fenotípica de isolados de rizóbio selecionados para inoculação em feijoeiro-comum. In: JORNADA DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA EMBRAPA, 2012. Dourados. **Anais** [...] Brasília: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012.

VILHORDO, B. W. Feijão, aspectos nutricionais. **IPAGRO Informa**, The Hague, v. 30, n. 7-8, 1988.

WUTKE, E. B.; FANCELLI, A. L.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G.; BOVI, M. Rendimento do feijoeiro irrigado em rotação com culturas graníferas e adubos verdes. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 325-338, 1998.

YOKOYAMA, L. P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos econômicos da cultura. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafós, 1996. p.1-21.