**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**
**FACULDADE DE ENGENHARIA**
**UNESP - CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**BARBARA NAIRIM CERIANI DE LUNA**

# ROTAÇÃO DE CULTURAS, ADUBAÇÃO VERDE E INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasilense* SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-COMUM EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE CERRADO.

Ilha Solteira – SP
Julho de 2023

**BARBARA NAIRIM CERIANI DE LUNA**

# ROTAÇÃO DE CULTURAS, ADUBAÇÃO VERDE E INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasilense* SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-COMUM EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE CERRADO.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, SP – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Agrônoma

Prof. Dr. Orivaldo Arf
**- Orientador -**

Prof. Fernando de Souza Buzo
**- Coorientador -**

Ilha Solteira – SP

Julho de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

L961r

Luna, Barbara Nairim Ceriani de.
Rotação de culturas, adubação verde e inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* sobre os componentes de produção e produtividade do feijão-comum em sistema plantio direto na região de cerrado / Barbara Nairim Ceriani de Luna. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
54 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agronômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Orivaldo Arf
Coorientador: Fernando de Souza Buzo
Inclui bibliografia

1. Fixação biológica do nitrogênio. 2. *Phaseolus vulgaris L.*. 3. Coberturas Vegetais. 4. Coinoculação.

Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Bibliotecas e Documentação
CRB/8 - 9999

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**
**FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**
**CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: **ROTAÇÃO DE CULTURAS, ADUBAÇÃO VERDE E INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO – COMUM EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DO CERRADO.**

ALUNA: **BARBARA NAIRIM CERIANI DE LUNA**

ORIENTADOR: **PROF. DR. ORIVALDO ARF**

Aprovado (X) - Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora. Nota: 10,0 (dez)

Comissão Examinadora:

**PROF. DR. PROF. DR. ORIVALDO ARF**
ORIENTADOR - UNESP/FEIS/DFTASE

**LETICIA ZYLMENNITH DE SOUZA SALES**
DOUTORANDA PPGA

**DRª. NAYARA FERNANDA SIVIERO GARCIA**
UNESP/FEIS/DFTASE

ALUNA: **BARBARA NAIRIM CERIANI DE LUNA**

Ilha Solteira(SP) 03/07/2023.

## DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho para minha família, em especial para o meu pai David Cezar Nogueira de Luna, minha mãe Mirian Ceriani, ao meu irmão Kauan Augusto Ceriani de Luna e ao meu namorado José Vinícius Tamboreli Rodrigues, aproveito para dedicar também aos meus entes queridos que já partiram, principalmente às minhas duas queridas avós Ana Filomena Ceriani e Rosalina de Souza Luna.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por ter me dado o dom da vida e o discernimento e sabedoria para enfrentar a vida com leveza.

Quero agradecer aos meus pais David Cézar Nogueira de Luna e Mirian Ceriani, ao meu irmão Kauan Augusto Ceriani de Luna que me deram total apoio desde o começo da minha faculdade, investindo sempre no meu potencial e me dando forças. Agradeço também ao meu namorado José Vinícius Tamboreli Rodrigues por estar comigo, me ajudado a realizar a maioria das avaliações deste presente trabalho, pelo amor, compreensão, força, amizade e cumplicidade em todos os momentos.

Venho agradecer especialmente aos meus professores orientadores e amigos, Dr. Orivaldo Arf e Fernando de Souza Buzo, por ter acreditado nas minhas competências e me ajudado e por ter me concedido tal oportunidade em trabalhar junto a eles.

À todos os professores que passaram durante a minha graduação que deixaram ensinamentos não só da vida acadêmica, que me ajudaram a ser a mulher e profissional que sou hoje, particularmente: Edson Lazarini, Marcelo Minhoto, João Zoocoler, Rafael Montanari, Maria Ângela, Bolonhezi, Vanessa Ortunho, Glauco Garrido, Omar Sabbag e Carlos Flechtmann.

Em especial as minhas amizades dentro e fora da faculdade, singularmente à República Sueca, Luana Covre, Mileny Salles, Amanda Tatibana e também a amiga de classe Jacqueline Reis.

À UNESP/FEIS – Ilha Solteira – SP e a Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão Selvíria - MS, por me proporcionar a vivência acadêmica e me transformar em uma profissional.

Ao grupo de estudo de cereais do departamento de Fitotecnia (Orientados do prof. Arf), especialmente à Nayara Garcia, Letícia Zylmenith, Lucas Garé, Ana Paula, César Silva, Leonardo Hazenfratz, Júlia Fascina e Pamela Morita.

Muito obrigada a todos os membros da Banca por conceder o tempo e se disponibilizar para esse momento importante.

Sobretudo, um agradecimento primordial para a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP –, a qual agradeço imensamente pela oportunidade.

**“*Todos os nossos sonhos podem virar realidade,***

***se tivermos a coragem de persegui-los*”.**

**(Walt Disney)**

# ROTAÇÃO DE CULTURAS, ADUBAÇÃO VERDE E INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasilense* SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-COMUM EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE CERRADO.

Barbara Nairim Ceriani de Luna[1]
Orivaldo Arf[2]
Fernando de Souza Buzo[3]

## RESUMO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos alimentos mais presentes no prato dos brasileiros, então, algumas práticas agrícolas são realizadas para diminuir custos. O *Rhizobium tropici* e o *Azospirillum brasilense*, junto com sistema plantio direto, vêm se tornando importante, atenuando a quantidade de fertilizante e obtendo uma planta saudável. O experimento foi desenvolvido em Selvíria - MS, em Latossolo Vermelho Distrófico, semeado em abril de 2022, em blocos casualizados, com 4 repetições e esquema fatorial 5x5 ($T_1$ Milho; $T_2$ Milho + *Urochloa brizantha*; $T_3$ Milho + *Urochloa ruziziensis*; $T_4$ Milho + *Crotalaria spectabilis*; $T_5$ Milho + Guandu, associado à inoculação: $T_1$ Controle-N; $T_2$ Controle+N; $T_3$ *A. brasilense* + N em cobertura; $T_4$ *R. tropici* + N em cobertura; $T_5$ *R. tropici* + *A. brasilense* + N em cobertura). O objetivo foi avaliar os efeitos de coberturas vegetais, manejo da coinoculação em sistema plantio direto no desenvolvimento e produção do feijoeiro. A hipótese foi observar se os cultivos anteriores e os inoculantes poderiam interferir nos componentes de produção e produtividade do feijoeiro. As coberturas vegetais não influenciaram, enquanto a inoculação e coinoculação com *R. tropici* e *A. brasilense* obteve melhor produtividade e economia de fertilizantes nitrogenados.

**Palavras-chave:** Fixação biológica do nitrogênio; *Phaseolus vulgaris* L.; Coberturas Vegetais; Coinoculação.

[1]Graduanda no curso de Engenharia Agronômica na faculdade UNESP/FEIS
[2]Professor Doutor Orientador do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, UNESP/FEIS
[3]Professor Coorientador do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, UNESP/FEIS

# CROP ROTATION, GREEN FERTILIZATION AND INOCULATION OF *Rhizobium tropici* AND *Azospirillum brasilense* ON THE PRODUCTION COMPONENTS AND PRODUCTIVITY OF COMMON BEAN IN A DIREAR PLANTING SYSTEM IN THE CERRADO REGION.

Barbara Nairim Ceriani de Luna[1]
Orivaldo Arf[2]
Fernando de Souza Buzo[3]

## ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most present foods on the Brazilian's plate, so some agricultural practices are carried out to decrease costs. The *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense*, together with no-till farming system, have become important, reducing the amount of fertilizer and obtaining a healthy plant. The experiment was developed in Selvíria - MS, in Red Distrofic Latosol, sown in April 2022, in randomized blocks, with 4 repetitions and 5x5 factorial scheme (T1 Corn; T2 Corn + *Urochloa brizantha*; T3 Corn + *Urochloa ruziziensis*; T4 Corn + *Crotalaria spectabilis*; T5 Corn + Guandu, associated with inoculation: T1 Control-N; T2 Control+N; T3 *A. brasilense* + N cover; T4 *R. tropici* + N cover; T5 *R. tropici* + *A. brasilense* + N cover). The objective was to evaluate the effects of cover crops, coinoculation management in no-till system on the development and yield of bean. The hypothesis was to observe if the previous crops and inoculants could interfere in the production components and productivity of the bean. The results showed that cover crops did not influence, while inoculation and coinoculation with *R. tropici* and *A. brasilense* obtained better yields and savings of nitrogen fertilizers.

**Keywords:** Biological Nitrogen Fixation; *Phaseolus vulgaris* L.; Mulches; Coinoculation.

[1]Graduating student in Agronomic Engineering at UNESP/FEIS
[2]Doctor Professor Advisor, Department of Plant Science, Food Technology and Socioeconomics, UNESP/FEIS
[3]Co-Advising Professor, Department of Plant Science, Food Technology and Socioeconomics, UNESP/FEIS

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1 –** Valores diários médios de precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e Umidade Relativa (%) coletadas durante a condução do experimento. Selvíria – MS, 2022..... 26

**Figura 2 –** Valores médios que mostra a significância dos valores de população final (planta $kg^{-1}$)..... 29

**Figura 3 –** Valores médios que mostra a significância dos valores de vagem $planta^{-1}$ e grãos $planta^{-1}$..... 30

**Figura 4 –** Valores médios que mostra a significância dos valores de teor de nitrogênio foliar (g $kg^{-1}$)..... 31

**Figura 5 –** Valores médios que mostra a significância dos valores de produtividade (kg $ha^{-1}$)..... 33

**Figura 6 –** Valores médios que mostra a significância dos valores de massa de cem grãos (g)..... 34

**Figura 7 –** Valores médios que mostra a significância dos valores das peneiras 10 e 14 (%)..... 35

**Figura 8 –** Manejo da palhada com o implemento triton, (A) palhada em campo, (B) e (C) prática do manejo com a máquina e o implemento. Selvíria – MS, 25/04/2022..... 44

**Figura 9 –** Instalação da cultura com semeadora de precisão com 7 linhas. Selvíria – MS, 25/04/2022..... 45

**Figura 10 –** Emergência da cultura. Selvíria – MS, 01/05/2022..... 46

**Figura 11 –** Aspecto da cultura em campo. Selvíria – MS, 20/05/2022..... 46

**Figura 12 –** Aplicação nitrogenada em cobertura. Selvíria – MS, 23/05/2022..... 47

**Figura 13 –** Coleta de planta para avaliação de N foliar. Selvíria – MS, 16/06/2022..... 48

**Figura 14 –** Análise de N foliar em laboratório. Ilha Solteira – SP, UNESP/FEIS, 07/07/2022..... 48

**Figura 15 –** Colheita do experimento. Selvíria – MS, 25/07/2022..... 49

**Figura 16 –** Secagem à pleno sol do feijão colhido. Selvíria – MS, 25/07/2022..... 50

**Figura 17 –** Trilhando manualmente o feijão com ajuda de peneira. Selvíria – MS, 01/08/2022..... 50

**Figura 18 –** Colheita para determinação dos componentes de produção. Selvíria – MS, 01/08/2022..... 51

**Figura 19 –** Teste de Peneiras no laboratório de sementes da UNESP. Ilha Solteira - SP 06/09/2022..... 52

**Figura 20 –** Teste de número de grãos por planta. Ilha Solteira - SP 04/10/2022..... 52

**Figura 21 –** Pesagem para análise de N no grão no laboratório da UNESP. Ilha Solteira - SP 04/10/2022..... 52

**Figura 22 –** Análise de N no grão no laboratório da UNESP. Ilha Solteira - SP 05/10/2022..... 53

**Figura 23 –** Pesagem para análise de Produtividade na FEPE. Selvíria - MS 10/10/2022..... 54

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1 –** Resultados na análise de solo da área experimental da FEPE, referente ao dia 22 de setembro de 2020 (antes da implantação da cultura). Selvíria – MS, 2022..... 25

**Tabela 2 –** Valores médios de população final (planta $ha^{-1}$), vagem por planta, grãos por planta, grãos por vagem, e nitrogênio foliar (g $kg^{-1}$), para cultivar IAC 1850. Selvíria – MS, 2022..... 29

**Tabela 3 –** Valores médios da massa de cem grãos (g) e produtividade (kg $ha^{-1}$), para a cultivar IAC 1850. Selvíria – MS, 2022..... 32

**Tabela 4 –** Valores médios para peneiras de crivos oblongos de diferentes tamanhos dado em porcentagem, para a cultivar IAC 1850. Selvíria – MS, 2022..... 34

**Tabela 5 –** Valores médios para o teor de nitrogênio no grão (g $kg^{-1}$) e teor de proteína bruta (PB), para a cultivar IAC 1850. Selvíria – MS, 2022..... 36

**SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO ..... 14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 17
2.1 Cultura do Feijão-Comum ..... 17
2.2 Sistema Plantio Direto e Cobertura Verde ..... 19
2.3 Inoculação *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* ..... 21
2.4 Coinoculação ..... 22
3. MATERIAL E MÉTODOS ..... 24
3.1 Instalação e Condução do Experimento ..... 24
3.2 Avaliações realizadas ..... 27
3.3 Análise Estatística ..... 28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... 29
5. CONCLUSÃO ..... 38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 39
7. ANEXO DE FOTOS NO CAMPO ..... 44

# 1. INTRODUÇÃO

O feijão-comum de cores (*Phaseolus vulgaris* L.), pertencente à família Fabaceae, é uma leguminosa e, também, a principal fonte de proteína vegetal na dieta dos brasileiros. O teor proteico em seus grãos varia de 20 a 35%, dependendo dos tratos culturais e da cultivar (TOLEDO; CANNIATTI-BRAZACA, 2008).

A ingestão de arroz e feijão é complementar, pois o feijão possui proteínas ricas em lisina, e os cereais são escassos a este aminoácido, na qual o arroz tem presente em seus grãos aminoácidos ricos em metionina (FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2002). Portanto, para se ter uma boa produtividade do feijoeiro é necessário práticas agrícolas que favoreça o bom desenvolvimento da cultura, contribuindo para o enchimento dos grãos de forma eficaz, na qual pode-se envolver a utilização de palhadas, cultivares resistentes para o local em que se encontra semeado e manejo de pragas, doenças e daninhas, sendo bastante pertinente a implementação do sistema plantio direto.

O sistema plantio direto (SPD) tem uma grande importância em toda área agricultável, garantindo uma maior produtividade dos grãos (segundo IBGE 2021 a quantidade de grãos produzido no país chegou a 2.899.864 ton.) e menor revolvimento do solo, contribuindo com o meio ambiente, quando comparada ao sistema convencional, uma vez que permanece os restos culturais, facilitando a reposição de nutrientes no solo.

De acordo com Gassen (2010), o SPD foi adotado em resposta à necessidade de diminuir as perdas de solo, incluindo a erosão, e aprimorar a eficiência de produção, enquanto se promove a recuperação do sistema solo. O autor considera que o SPD é uma prática essencial para alcançar a sustentabilidade agrícola.

Para uma boa prática do SPD a produção de palhada precisa advir de espécies com alta produtividade de fitomassa. No entanto, em condições de cerrado, essa massa vegetal é submetida a uma rápida na decomposição, por isso, faz-se necessário utilizar espécies com maior relação C/N (gramíneas), tornando a decomposição dos restos vegetais mais lenta (CALEGARI *et al.*, 1993).

A uniformidade da cobertura vegetal na área contribui para manter uma temperatura adequada na superfície do solo, reduzindo as oscilações térmicas e a temperatura máxima. Isso cria um ambiente propício para a atividade biológica e os microrganismos no sistema do solo, além de minimizar a perda de água. A combinação dessa uniformidade com a prática de adubação verde estimula a produção de biomassa, aumenta a quantidade de matéria orgânica no solo e favorece a ciclagem de nutrientes para a produção de grãos (GASSEN, 2010).

Segundo Darolt *et al.* (1998 *apud* OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002), espécies, especialmente leguminosas, usadas visando a adubação verde, são incluídas no contexto do SPD, mesmo apresentando rápida decomposição, pois liberam nutrientes.

Os produtores buscam alternativas cada vez mais sustentáveis e rentáveis, mas a técnica de produção de matéria seca suficiente para o sistema e a adubação verde ainda não foram completamente entendidas, tendo muitas vezes a utilização inadequada dos sistemas (OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002). Os produtores têm optado por formas econômicas e sustentáveis para sua produção, aumentando assim, a procura de novas tecnologias, como as bactérias simbiontes.

O feijão tem uma exigência nutricional elevada, sendo o N o mais exigido durante sua produção. Nesse contexto, os fertilizantes nitrogenados são bastante utilizados na cultura, porém existem bactérias que realizam a fixação de N da atmosfera, mais conhecida nas leguminosas como bactérias do gênero *Rhizobium* spp., diminuindo os gastos com fertilizantes, na qual é uma importante alternativa, pois o fertilizante representa altos custos de produção (BETTIOL, 2019). Segundo Malavolta (1987), as bactérias benéficas conseguem fixar de 20 a 30% de N que a cultura do feijoeiro exige.

Além dos rizóbios, que são específicos para as leguminosas, estudos demonstram que as bactérias do gênero *Azospirillum* spp. são promotoras de crescimento, produzindo determinados hormônios e auxiliando na FBN, além de ajudar na produção de nódulos que estimula a aproximação e reconhecimento de bactérias com o pelo radicular. (HUNGRIA *et al.*, 2013).

A coinoculação visa maximizar o desempenho da FBN, consistindo na combinação de inoculação das sementes com *Rhizobium* sp. e inoculação via foliar com *Azospirillum* sp., na qual juntas produzem efeito sinérgico, superando os resultados produtivos quando comparados de forma isolada (BÁRBARO *et al.*, 2008). Ainda segundo Bárbaro (2008), a utilização de *A. brasilense* nas leguminosas com associação ao rizóbio tem efeito benéfico, pois produz fitormônios, desenvolvendo o sistema radicular.

Vários estudos têm mostrado os inúmeros benefícios da coinoculação das bactérias *R. tropici* e *A. brasilense* no cultivo do feijão. No entanto, é necessário realizar pesquisas mais abrangentes sobre a inoculação de *A. brasilense* para avaliar seus efeitos em diferentes condições. Até recentemente, essa bactéria era estudada e utilizada principalmente em culturas de gramíneas, porém, agora têm despertado interesse para a inoculação no feijoeiro.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito, no desenvolvimento, produtividade e qualidade de grãos da cultura do feijão, de coberturas vegetais, associadas com ao manejo da

inoculação e coinoculação de microrganismos (*Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*) em SPD consolidado em região de cerrado.

A hipótese testada foi:

- A palhada de milho consorciado com *Urochloas* ou leguminosas é capaz de aumentar o desenvolvimento e a produtividade do feijão;

- A inoculação com *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense* e coinoculação proporciona maior incremento na produtividade do feijão, em relação à testemunha nitrogenada.

# 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1 Cultura do Feijão-Comum

A evolução do feijão-comum ocorreu nas Américas, embora haja um debate entre vários pesquisadores sobre a localização exata dessa evolução (VAVILOV, 1931; DEBOUCK, 1991 *apud* FREITAS, 2006). De acordo com Freitas (2006), há várias espécies selvagens encontradas em diferentes continentes, o que dificulta a determinação precisa de sua origem e resulta em uma diversidade de espécies. Para investigar os processos evolutivos, os pesquisadores utilizam a codificação da proteína faseolina (gene Fs), que é uma amostra arqueológica bastante relevante. No entanto, no Brasil, há poucos estudos baseados nessas informações, o que dificulta a compreensão das origens das espécies cultivadas no país.

A cultura do feijão-comum, por ser de ciclo curto, é capaz de produzir três safras anuais quando clima e solo estão favoráveis, configurando a safra "das águas" (1ª safra), cultivada nos meses de agosto e novembro; a safra "da seca" (2ª safra), realizada entre dezembro a abril e a safra irrigada ou de inverno (3ª safra), cultivado nos meses de abril a julho (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

De acordo com Costa (2021), em termos morfológicos, o feijoeiro apresenta dois hábitos de crescimento distintos: determinado e indeterminado. Essa distinção é determinada pelo crescimento do ramo principal até o período reprodutivo da cultura. O ciclo de vida da planta pode variar de 65 a 120 dias. A germinação é do tipo epigeal, com predominância de 95% de autopolinização e possui 22 cromossomos.

O ciclo vegetativo do feijoeiro compreende quatro estágios, e no último estágio, a planta apresenta a terceira folha trifoliada totalmente aberta, além do desenvolvimento de ramos secundários. O ciclo reprodutivo geralmente alcança o estágio $R_9$, quando ocorre a maturação e secagem das vagens, permitindo a colheita da safra.

O crescimento determinado conhecido como "Tipo I" é de característica ereta, tendo um número limitado de nós, pouco ramificado e precoce, exemplo: feijão bolinha. Enquanto o hábito de crescimento indeterminado é caracterizado quando após a floração a planta permanece crescendo, nesse caso, temos o "Tipo II" – semiereto, precoce, porém mais longo que o Tipo I, exemplo: IAC 1850 –, o "Tipo III" – prostrado, com muitas ramificações e ciclo mais longo (porém tem desuniformidade de maturação de vagens), exemplo: BRS PONTAL – e o "Tipo IV" – trepador, ciclo longo, caule principal longo e poucos laterais, obtendo uma colheita parcelada na planta, por ter longo período de floração – (Costa, 2021).

De acordo com levantamentos feitos pela Conab (2021), na região de São Paulo a colheita da terceira safra, 2020/21, alcançou cerca de 31,9 mil toneladas, apresentando menor produção que em 2019/20 pela questão de escassez hídrica. O feijão-comum de cor é amplamente cultivado em todo o Brasil, representando cerca de 83% dos produtos da agropecuária do país, tanto em sistemas de cultivo solteiro quanto consorciado. Somente no estado de São Paulo, o plantio consorciado do feijoeiro compreende aproximadamente 12% do total (SILVA; WANDER, 2013).

O feijão de inverno na área de cerrado é uma das culturas mais exploradas sob sistema de irrigação por aspersão, seu manejo quando feito de forma adequada chega a uma produtividade acima de 3.000 kg $ha^{-1}$, apresentando um rápido retorno econômico e lucratividade (AZEVEDO *et al.*, 2008). Essa safra com temperaturas amena é facilitada pela possibilidade do uso de irrigação, quando há regime pluviométrico desfavorável, fazendo-se uso de aspersão por pivô central; os produtores também buscam sementes de cultivares geneticamente melhoradas para melhor desempenho, adotando novas tecnologias aos sistemas de produção (SILVA; WANDER, 2013).

De acordo com o 9° levantamento de dados de grãos da Conab (2023), a região Centro-Oeste fica sendo a maior responsável pelo cultivo do feijão de cores irrigado, com produção média de 374,5 mil ton. colhida em 138,1 mil hectares e também a região responsável pela maior produtividade do feijão de cores na safra 22/23 com 2576,00 kg $ha^{-1}$ em 201,7 mil hectares.

Existem diversos fatores que influencia a produtividade da cultura, dentre elas estão a fonte correta de insumos, além de necessitar do fator temperatura e precipitação, onde afetam diretamente no processo fisiológico da planta, trazendo diversos benefícios quando manejado de forma correta, efetivamente no ciclo reprodutivo (florescimento e frutificação), sua produção apresenta oscilações de preços tanto na parte de ter três safras diferentes, como também o histórico de preço durante as décadas (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2012).

A temperatura ideal para a alta produção do feijoeiro é em torno de 17,5 a 25°C e a precipitação ideal está na faixa mínima mensal de 100 mm. Conclui-se que, para obter valores assertivos para melhor produtividade da safra, esteja correlacionado aos atributos químico-físicos do solo, e, corroborando para este fator, a presença de palhadas é algo indispensável, para assim, manter a temperatura média mais baixa no solo e reter por mais tempo a água pluviométrica no solo, tendo um papel bastante eficaz dessa forma, além de outros benefícios que a mesma traz ao solo e a planta (PEREIRA *et al.*, 2014).

O feijoeiro é uma cultura que tem uma alta demanda por N na planta, caracterizado por ser o nutriente que participa da composição de moléculas e processos fisiológicos, sendo assim o mais absorvido e exportado pela planta (MARENCO; LOPES, 2005).

Desse modo, o N necessita ser ofertado em doses e momentos adequados para que a planta não sofra com déficit nutricional, para o suporte nutricional são disponibilizados os fertilizantes nitrogenados, como a ureia e sulfato de amônio, porém se tem um gasto por utilizar um grande volume do produto. Nesses cenários, produtores buscam inovações como rotação de culturas e biotecnologias, maximizando a economia conjuntamente com a preservação ao ambiente, obtendo os benefícios que o plantio direto traz (GARCIA, 2017).

## 2.2 Sistema Plantio Direto e Cobertura Verde

Segundo Alvarenga *et al.* (2001), o SPD gera economia ao produtor e recupera o ambiente, sendo importante pelo fato da palhada que reside sob o solo (dada pelas espécies de cobertura) criar um sistema com que facilita o desenvolvimento das culturas, recuperando e mantendo a qualidade do solo.

Além dos benefícios mencionados, Arf (1999) destaca que a rotação de culturas, contribui para melhorar as condições químicas, físicas e biológicas do solo. Além disso, a rotação de culturas associada ao SPD tem um impacto positivo nas condições abióticas do solo, como temperatura e umidade. Essas melhorias na qualidade do solo resultam em uma redução na infestação de plantas daninhas, pragas e doenças, proporcionando assim uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos agrícolas.

A combinação de técnicas de adubação verde, rotação de cultura, o manejo da matéria orgânica oferece uma redução nos gastos com adubação, aproveitando melhor os adubos já inseridos, uma vez que se tem uma maior atividade biológica no sistema solo (*apud* HERNANI *et al.*, 1995). Castro Pias (2022), relata em suas conclusões de meta-análise, que o nitrogênio é muito importante e a resposta da adubação nitrogenada depende do histórico da área e da matéria orgânica; em solos com matéria orgânica acima de 20 g $kg^{-1}$ a dose de nitrogênio para uma boa produtividade do feijoeiro é de apenas 50 kg $ha^{-1}$ de N, quando esse teor de matéria orgânica é menor precisa-se de 70 à 100 kg $ha^{-1}$ de N, dobrando sua quantidade necessária.

No Brasil, o SPD é difundido para diversas regiões, por ser um clima tropical e subtropical, as intensas atividades abióticas provocam uma aceleração na decomposição das palhadas, com intensas diversificações do clima durante o ano. Sabe-se que a cobertura morta é imprescindível para aumentar o teor de produtividade de sua lavoura, obtendo diversos benefícios, tais quais, incorporação lenta de matéria orgânica (ciclando nutrientes), baixa variação por interferência da radiação solar, baixo impacto das gotas de chuva no solo (reduzindo ou impedindo a erosão) e

maior população de microrganismos benéficos para o sistema, além de controlar os fatores bióticos, sendo assim uma prática bastante econômica para os proprietários (GASSEN, 2010).

De acordo com Lima *et al.* (2017), a adubação verde estimula a proliferação de organismos benéficos ao solo, em alguns casos, reduz os nematóides presentes e a alelopatia, sendo um ponto importante, pois sua participação favorece o solo em ter mais nutrientes disponibilizados às plantas devido a sua transformação de resíduos orgânicos. Além disso, proporciona menos gasto com adubos, simbiose com rizóbios, além de romper as camadas profundas do solo com raízes profundas (ARF, 1999 *apud* SILVA *et al.*, 1985).

Atualmente, o conceito de adubação verde evoluiu, passando a envolver a utilização de diversas espécies em sua composição. Anteriormente, a prática consistia em seguir uma sucessão de espécies, onde primeiro eram utilizadas gramíneas para adubação, seguidas por leguminosas e, posteriormente, crucíferas (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997).

Esse ponto de vista foi modificado, pois pesquisas constaram que o manejo com diversas espécies para uma adubação verde produziria maior biomassa e diversidade na fauna, controlando de maior forma os fatores bióticos prejudicais as plantas – doença, daninhas e pragas –, evitando assim os inconvenientes que se traz para uma monocultura (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997; GASSEN, 2010). Em adição, Canalli *et al*. (2010) estabelecem critérios baseados no clima predominante para uma ótima cobertura no solo, onde é sugerido uma taxa de resíduo acima de 8 tonelada $ha^{-1}$ por ano para regiões subtropicais e acima de 12 tonelada $ha^{-1}$ por ano para regiões tropicais.

Segundo Espíndola, Guerra e Almeida (1997) e Alvarenga *et al.* (2001), ao se tratar da decomposição da palhada, há diferenças entre planta, onde para leguminosas a decomposição é mais rápida, por apresentar relação C/N menor (uma taxa de 20), uma vez que tem a função de imobilizar N por conta da FBN, enquanto as gramíneas tem sua decomposição de palhada mais lenta, já que o N de fitomassa é menor e a relação C/N é superior a 30, porém é sempre necessário verificar as condições edafoclimáticas do locais, uma vez que no Cerrado, pesquisas mostram que gramíneas também podem ter sua decomposição acelerada por conta do clima.

Apesar de adubos verdes serem fontes sustentáveis para uma boa produtividade da safra, é necessário antes de sua implantação na área de cultivo conhecer sobre possíveis efeitos alelopáticos e o que isso provoca em cada espécie. Em semelhança com Vanin *et al.* (2008), ao estudar sobre o efeito alelopático das coberturas vegetais do milho sob o feijoeiro, percebeu que algumas plantas de cobertura necessitam de maiores atenção no caso de alelopatia, dentre elas está o milho, que mesmo obtendo uma maior quantidade de fitomassa e massa seca por ser uma cultura de grande porte, ela pode ou não causar efeito alelopatico quando empregado a cultura do feijão,

na qual irá produzir produtos metabólicos secundários prejudiciais ou não, obtendo efeitos inibitórios ou favoráveis; em suas conclusões o autor aponta que o milho como adubo verde para o feijoeiro exerce um efeito alelopático benéfico, obtendo um maior desenvolvimento da parte vegetativa na planta. Essas substâncias são liberadas por meio de lixiviação, volatilização e decomposição da matéria seca da palhada (PITELLI, 1987).

Oliveira, Carvalho e Moraes (2002), ao estudar os efeitos de plantas de coberturas traz no feijão-comum em SPD, analisaram milheto, sorgo, milho, mucuna-preta e feijão-de-porco e suas diferentes combinações como plantas de cobertura e, concluíram que na cultura do feijão-comum o rendimento de grão não foi muito influenciado pela forma em que é cultivado, mas pelo tipo de espécie que está compondo a palhada.

Portanto, o sistema plantio direto e a adubação verde promovem melhorias ao solo, tendo uma produção tecnológica de baixo custo, garantindo, por consequência, boas produtividades, além de proporcionar uma economia de adubos químicos, por movimentar os nutrientes no solo, porém esse benefício é dado de médio ao longo prazo, dependendo da espécie utilizada, sua alelopatia e sua relação C/N (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997).

### 2.3 Inoculação *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*

De acordo com Espíndola, Guerra e Almeida (1997) bactérias fixadoras de nitrogênio têm a função de disponibilizar o nitrogênio atmosférico ($N_2$) para as plantas através da enzima nitrogenase, expandir o sistema radicular, entre outros fatores que ajudam as plantas a se desenvolverem e produzirem, mitigando o consumo de fertilizantes nitrogenados. Deste modo, ajudam a reduzir o gasto com a adubos, tendo um ganho econômico para o produtor e a maior preservação do meio ambiente.

A utilização de fertilizante nitrogenado tem sido uma prática cada vez mais comum. O fertilizante nitrogenado é considerado a forma mais rápida das plantas obterem nitrogênio, o qual é um fator essencial para as leguminosas, que requerem doses elevadas desse nutriente. Em média, estima-se que sejam consumidos 25 kg $ha^{-1}$ de N. Esse aumento no uso de fertilizantes nitrogenados foi impulsionado pela "Revolução Verde" a partir de 1960. No entanto, ocorrem perdas significativas desse fertilizante devido à volatilização, lixiviação e desnitrificação, resultando em perdas para a microbiota do solo. (HUNGRIA; MENDES; MERCANTE, 1997; HUGRIA; NOGUEIRA, 2022).

No passado, autores como Ostiz *et al.* (1989), precavia juntar bactérias específicas de cada espécie, ou seja, o inoculante de gramíneas não poderia servir para leguminosa e vice versa (*apud*

ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997). Porém, sabe-se que hoje a inoculação e a coinoculação vêm se tornando interesse de muitos produtores, pois tanto o *Rhizobium tropici*, quanto o *A. brasilense*, são bactérias que ajudam a fixar o nitrogênio atmosférico (FBN), e crescimento da cultura, colaborando para uma maior qualidade no desenvolvimento do feijoeiro e produtividade (DE SOUZA; SIMONETTI, 2019).

Segundo Hungria e Nogueira (2022), não são todas as espécies que são beneficiadas pela simbiose das bactérias, as principais são da subfamília *Fabaceae*, tal simbiose pode promover até 96% de fixação de N, considerada um dos processos biológicos mais importantes no ciclo da planta (depois do processo de fotossíntese).

As bactérias mais estudadas no feijoeiro que beneficiam as leguminosas são do gênero *Rhizobium* sp., sua principal função analisada nas leguminosas é a formação em suas raízes de novas estruturas/órgão, chamadas de nódulos, que ajudam no processo de fixação biológica do nitrogênio na planta, captando $N_2$ atmosférico e transformando em amônia dentro dos nódulos (forma de nitrogênio que é utilizado na planta), por troca dessa simbiose, a leguminosa oferece energia a bactéria (MARCANTE *et al.*, 1992).

Ainda segundo Marcante *et al.* (1992), a fixação disponibiliza um rendimento superior a 40 kg $ha^{-1}$ de nitrogênio, sendo quase que suficiente para a produtividade do feijoeiro no país, as bactérias do gênero *Rhizobium* sp. concede bons resultados por ser mais estáveis em solos tropicais e estresse, sendo mais tolerantes que outros gêneros em solos com elevada acidez.

A inoculação envolvendo o *A. brasilense* promove o desenvolvimento das raízes, acarretando na melhora de absorção por minerais e água, tornando a planta mais tolerante aos estresses hídricos e à salinidade, ocasionando em uma planta mais produtiva e vigorosa (BASHAN, HOLGUIN; DE-BASHAN, 2004). Outros autores como Gitti *et al.* (2012) e Hungria, Mendes e Mercante (2013), mencionam que esta espécie proporciona um maior teor de nitrogênio foliar quando se tem a ausência do nitrogênio fornecido em cobertura, resultando em um retorno econômico, além de contribuir para as metas do Programa ABC, que visa envolver boas práticas agrícolas com a fixação do nitrogênio e redução das emissões dos gases de efeito estufa, como emissão de óxido nitroso ($N_2O$), sendo 292 vezes maior que o $CO_2$.

### 2.4 Coinoculação

Tem-se levantado cada vez mais estudos da coinoculação, inoculação combinada ou inoculação mista com bactérias em leguminosas, na qual se tem a função de combinar bactérias sinérgicas para um maior desempenho da planta (BÁRBARO *et al.*, 2008). Segundo HUNGRIA

*et al.* (2013), as estirpes mais usadas em feijoeiro para esta prática são da espécie *R. tropici* e *A. brasilense*.

A coinoculação tem vários benefícios, diante destes, se tem uma maior capacidade de se absorver nutrientes disponíveis no solo, por conta do *A. brasilense* e adequando aporte de N via FBN, tendo assim, um efeito sinérgico. Para uma safra mais produtiva a coinoculação se torna indispensável, a nutrição mantém-se mais balanceada, absorvendo melhor o nitrogênio e outros macro e micronutrientes, o *A. brasilense* ajuda outras bactérias benéficas existentes no solo, como quando é combinado com o *Rhizobium tropici*, promovendo um aumento nos nódulos e sua massa seca, resultando em uma maior nodulação das raízes (MELLINI *et al.*, 2019).

Ao associar o *A. brasilense* à uma leguminosa, tem por resultado a produção de fitormônios (auxina, giberelina e citocinina), por pertencer ao grupo de bactérias promotoras de crescimento de plantas, desenvolve maior zona de contato no sistema radicular para com o solo, explorando um volume favorável, com maior absorção de água e tolerância, isso se deve principalmente ao fato de produzir o ácido indolacético - AIA - (BÁRBARO *et al.*, 2008; HUNGRIA; NOGUEIRA, 2022). Em conformidade Schossler *et al.* (2016), conclui em seu trabalho associando a coinoculação de *Rhizobium tropici* e *A. brasilense* no feijão-comum que quando colocados de forma associada, resulta em uma maior produtividade na lavoura.

Deve-se considerar boas práticas para o sucesso da inoculação e coinoculação, tais práticas envolvem a verificação de produtos pelo MAPA, manter sempre em locais adequados e longe de temperaturas acima de 30°C; se utilizado defensivos agrícolas é necessário que aplique ele primeiro e após a secagem deve-se realizar a inoculação (ou optar por inoculação no sulco), é necessário inocular no mesmo dia que realizar a semeadura. Enquanto para inoculantes turfoso é necessário que se realize uma solução açucarada de 10% para aderir as sementes, e, inoculantes líquidos, seguir as recomendações da bula. A aplicação de cobalto e molibdênio via foliar pode amenizar alguns problemas de práticas da inoculação (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2022).

Mesmo tendo base que a bactéria do *Azospirillum* sp. é comumente usada para gramíneas, se tem intensificado pesquisas e estudos com essa bactéria para entrar em conjunto com o *Rhizobium* sp. e favorecer as plantações de feijoeiro, além da técnica de economizar e aumentar a produtividade, também contribui ambientalmente em sistemas agrícolas sustentáveis, amplificando a eficácia da inoculação (DE SOUZA; SIMONETTI, 2019).

# 3. MATERIAL E MÉTODOS

## 3.1 Instalação e Condução do Experimento

O experimento foi desenvolvido em área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP – Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS), apresentando solo do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico (SANTOS *et al.*, 2018). Foi instalado em delineamento experimental de blocos casualizados disposto em esquema fatorial 5x5 com quatro repetições. As parcelas constituíram-se por 7 linhas de feijão comum espaçadas de 0,45 m entre si, com 7,5 m de comprimento, considerando como bordadura as linhas laterais da parcela e 0,5 m em ambas as extremidades de cada linha em uma área experimental de plantio direto, irrigado por aspersão.

Os tratamentos compôs-se na combinação do fator cobertura: (T1) Milho; (T2) Milho + *Urochloa brizantha*; (T3) Milho + *Urochloa ruziziensis*; (T4) Milho + *Crotalaria spectabilis*; (T5) Milho + guandu, associado ao fator inoculação: (T1) ausência de inoculação e de N em cobertura; (T2) ausência de inoculação e com 80 kg $ha^{-1}$ de N em cobertura; (T3) *Azospirillum brasilense* (200 mL $ha^{-1}$) aplicado via foliar em $V_3$ + 40 kg $ha^{-1}$ de N em cobertura; (T4) *Rhizobium tropici* (200 mL $ha^{-1}$) via inoculação de sementes + 40 kg $ha^{-1}$ de N em cobertura; (T5) *Rhizobium tropici* (200 mL $ha^{-1}$) via inoculação de sementes + *Azospirillum brasilense* (200 mL $ha^{-1}$) aplicado via foliar em $V_3$ + 40 kg $ha^{-1}$ de N em cobertura (coinoculação). A inoculação foliar foi realizada utilizando pulverizador costal elétrico de pressão constante e volume de calda de 180 L $ha^{-1}$.

O histórico da área consiste em uma área com sistema plantio direto consolidado, o semeio - retratado como plantas de coberturas - do milho (o híbrido simples AG 7098®) foi realizado dia 09 de novembro de 2020, com as plantas de cobertura semeadas nas entrelinhas 3 dias após a semeadura do milho, a dessecação da vegetação ocorreu com a aplicação do herbicida gliphosate (1.560 g $ha^{-1}$ do i.a.) após a colheita realizada após 120 DAE.

Os resultados de matéria seca se deram por meio da contagem no número de plantas em 5 m de linhas, em 4 pontos aleatórios, onde o milho solteiro resultou em uma massa seca de 10333,85 kg $ha^{-1}$ e produção de palha de 9,93 ton. $ha^{-1}$, o T2 obteve massa seca total de 10639,45 kg $ha^{-1}$ e palhada de 10,58 ton. $ha^{-1}$, T3 massa seca de 10256,30 kg $ha^{-1}$ com 8,97 ton. $ha^{-1}$ de produção de palha, T4 resultando em 11382,75 kg $ha^{-1}$ de massa seca e 12,35 ton. $ha^{-1}$ de palhada, e, por fim, o T5 obteve um total de 11972,70 kg $ha^{-1}$ de massa seca e 10,79 ton. $ha^{-1}$ de palhada.

Após o consócio com milho, foi realizado safra com feijão-caupi (BRS Nova Era), na qual se obteve acúmulo nutricional por conta das palhadas, logo foi realizado outra safra com arroz de sequeiro e em seguida com o feijão de cores (presente nesse trabalho).

Duas semanas antes da semeadura fez a aplicação do herbicida gliphosate (1.560 g $ha^{-1}$ i.a.) para dessecação da vegetação existente na área de cultivo. A semeadura do feijão foi realizada no dia 25 de abril de 2022, com semeadora de plantio direto, utilizando a cultivar IAC 1850, na semeadura foi regulada para 13,2 plantas $m^{-1}$, com germinação de 80%. A cultivar é do grupo comercial carioca, com arquitetura de planta ereta, com hábito de crescimento indeterminado tipo II, adaptado à colheita mecânica direta, apresentando alto potencial produtivo, estabilidade de produção e resistência às principais doenças e ao acamamento.

As sementes foram tratadas um pouco antes da semeadura com piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil, nas doses de 5 + 45 + 51 g do i.a. (para cada 100 kg de sementes) e uma parte das mesmas foram inoculadas com *Rhizobium tropici* 4088 (200 mL $ha^{-1}$) após o tratamento realizado, em local de sombra e após a inoculação se fez a semeadura em seguida. A adubação no sulco de semeadura efetuou-se de acordo com a análise química de solo (Tabela 1) e a recomendação de Ambrosano *et al.* (1996), aplicando 250 kg $ha^{-1}$ da formulação 08-28-16.

**Tabela 1 -** Resultados na análise de solo da área experimental da FEPE, referente ao dia 22 de setembro de 2020 (antes da implantação da cultura). Selvíria – MS, 2022.

| **S-$SO_4$** | **$P_2O_5$** | **M.O** | **pH** | **K** | **Ca** | **Mg** | **H+Al** | **Al** | **SB** | **CTC** | **V** | **B** | **Cu** | **Fe** | **Mn** | **Zn** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ----mg $dm^{-3}$--- | | g $dm^{-3}$ | $CaCl_2$ | ---------- | | | mmol$_c$ $dm^{-3}$ | | | ---------- | (%) | ---------- | | mg $dm^{-3}$ | | ---------- |
| 4 | 30 | 20 | 5,3 | 2 | 24 | 16 | 28 | 0 | 42 | 70 | 60 | 0,28 | 4 | 22 | 27,3 | 3,4 |

**Fonte:** Dados disponibilizados pelo orientador Dr. Orivaldo Arf.

Após a emergência (dia 2 de maio de 2022), no estádio $V_3$ (primeira folha trifoliada formada), 10 dias após a emergência (DAE), se aplicou o herbicida fenoxaprope-p-etílico (82,5 g $ha^{-1}$ i.a.) para controle de plantas daninhas de folha estreita, com adição de acetamiprido (50 g $ha^{-1}$ i.a.) para controle de mosca branca, a aplicação foi realizada nas condições de solo úmido e vazão de 300 L $ha^{-1}$. Já a inoculação de *A. brasilense* foi feita aos 15 DAE, ou seja, estágio $V_3$ para $V_4$, sendo aplicado após às 17 horas, com dose de 200 mL $ha^{-1}$, vazão do pulverizador elétrico de 180 L $ha^{-1}$. Aos 23 DAE fez-se a aplicação do herbicida fomesafen (200 g $ha^{-1}$ i.a.) e inseticida acetamiprido + piriproxifem (40 g $ha^{-1}$ i.a. + 20 g $ha^{-1}$ i.a.), no final da tarde, em solo úmido e vazão do pulverizador de 300 L $ha^{-1}$.

A adubação em cobertura foi realizada aos 21 DAE (plantas em $V_4/V_5$), reduzida pela metade nos tratamentos inoculados considerando que os restos culturais e os microrganismos inoculados forneceriam os outros 50% do nitrogênio exigido pela cultura, sendo assim, seguindo o Boletim 100, aplicou-se 80 kg $ha^{-1}$ de N no tratamento sem inoculação e com 80 kg $ha^{-1}$ de N em cobertura e metade da dose aplicada (40 kg $ha^{-1}$ de N) nos tratamentos com inoculação, após, realizou a irrigação para evitar perdas de N por volatilização.

No manejo de água da cultura do feijão comum utilizou-se a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) a partir da evaporação diária do tanque Classe A e utilizando cinco coeficientes de cultura (Kc), adaptados e distribuídos em cinco períodos compreendidos entre a semeadura e a colheita de acordo com a escala fenológica de Fernandez *et al.* (1986). Para a fase $V_0$-$V_2$ utilizou o valor de 0,3; para a fase $V_3$-$V_4$ o valor de 0,70; para a fase $R_5$-$R_7$ o valor de 1,05; para a fase $R_8$ o valor de 0,75 e na fase $R_9$ o valor de Kc de 0,25, de acordo com Soratto *et al.* (2003) e Arf *et al.* (2004).

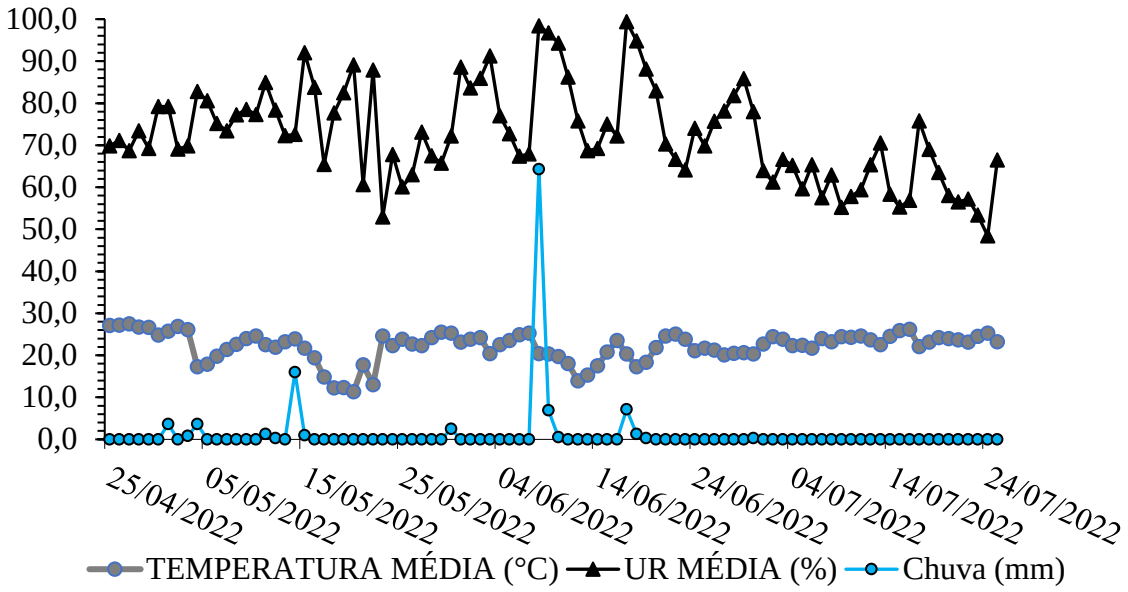
Os demais tratos culturais e fitossanitários foram os normalmente recomendados à cultura do feijão de outono-inverno para a região, para controle de pragas e doenças, foi realizado ao fim a aplicação de acetamiprido (50 g $ha^{-1}$ i.a.), com adição de mancozebe (1,35 kg $ha^{-1}$ i.a.), aos 28 DAE e aos 42 DAE se realizou a aplicação beta-ciflutrina (18,75 g $ha^{-1}$ i.a.) e procimidona (750 g $ha^{-1}$ i.a.).

O florescimento da cultura se deu aos 41 DAE, no dia 12 de julho de 2022, ao realizar a coleta das plantas (aos 43 DAE) para a realização da análise de nitrogênio foliar, realizou também a aplicação do inseticida lambda-cialotrina (75 g $ha^{-1}$ i.a.), mais procimidona (750 g $ha^{-1}$ i.a.) e abamectina (7,2 g $ha^{-1}$ i.a.). Antes da colheita se fez mais duas aplicações, onde uma se ocasionou no aos 58 DAE com procimidona (750 g $ha^{-1}$ i.a.), abamectina (7,2 g $ha^{-1}$ i.a.) e clorantraniloprole (100 g $ha^{-1}$ i.a.); após se fez outra aplicação aos 67 DAE com mancozebe (1,35 kg $ha^{-1}$ i.a.) e lambda-cialotrina (75 g $ha^{-1}$ i.a.) adicionado a espalhante.

A colheita foi realizada dia 25 de julho de 2022, 84 DAE (após 3 meses da semeadura), por meio do arranquio de 2 linhas de 3 metros em cada parcela e coleta de 10 plantas para realização dos componentes de produção.

Na Figura 1 observa-se os fatores de temperatura média em °C, umidade relativa média (%) e a precipitação pluvial em mm, durante todo o ciclo do feijoeiro, compreendendo a partir do dia 25 de abril à 25 de julho de 2022. Ao analisar os dados, verifica-se que se teve um grande período de estiagem (sem chuva) durante o ciclo da cultura, tendo sua máxima precipitação no mês de junho, portanto, foi necessário o complemento no fornecimento de água via irrigação para atender as necessidades das plantas, evitando assim prejuízos em seu desenvolvimento e produtividade, para isso se teve o auxílio em campo de irrigação por aspersão (sendo ligado de forma periódica e em períodos regulares para o bom desenvolvimento do feijoeiro). Já a médias da umidade relativa ficou em torno de 73% e a média da temperatura em torno de 22°C.

**Figura 1-** Valores diários médios de precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e Umidade Relativa (%) coletadas durante a condução do experimento. Selvíria – MS, 2022.




**Fonte:** http://clima.feis.unesp.br/

### 3.2 Avaliações realizadas

As avaliações realizadas em campo e laboratório, foram:

**- Análise do teor de nitrogênio foliar:** foram coletadas folhas do feijoeiro no estádio $R_6$, onde a planta atingiu seu florescimento pleno no dia 14 de junho de 2022, essas amostras coletadas foram submetidas à lavagem com água destilada, e, após secas em estufa, foi feita a análise do teor de N total (metodologia Malavolta *et al.*, 1997).

**- Componentes da produção:** foram coletadas 10 plantas útil das parcelas e realizada as avaliações de:

- **número de vagens por planta**: determinado pela relação do número total de vagens/número de plantas;
- **número de grãos por planta**: obtido 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;
- **massa de 100 grãos**: obtido da coleta ao acaso e pesagem de 2 amostras de 100 grãos por parcela.

**- População final: s**endo feita na colheita no feijão, na qual consistiu na utilização de uma régua de 3 metros, arrancando e contando as plantas de feijão de duas linhas na área útil de cada parcela.

**- Produtividade de grãos –** foi determinada pela pesagem dos grãos em balança analítica, dos grãos originários das plantas colhidas na área útil das parcelas, convertendo em kg $ha^{-1}$ e corrigindo a umidade à 13%.

**- Rendimento de peneira –** os grãos colhidos foram acondicionados em sacos de papel e armazenados em câmara seca e fria. Posteriormente foi realizada a classificação dos grãos por meio de agitação manual em laboratório, nas peneiras de crivos oblongos 10/64" x 3/4 (3,98 x 19,05 mm)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) e fundo.

**- Teor de N nos grãos:** amostras de grãos de cada parcela foram submetidas a secagem em estufa de ventilação forçada de ar com temperatura de 60 °C. Posteriormente moídas e submetidas à determinação do teor de N, segundo Malavolta *et al.* (1997).

**- Teor de proteína bruta nos grãos:** as amostras de grãos de cada parcela foram moídas e submetida a análise de teor de nitrogênio e após multiplicada por 6,25%, segundo Malavolta *et al.* (1997).

### 3.3 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos ao Teste F da Análise de Variância, e, quando houve significância, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002). Isso foi feito para os fatores coberturas vegetais e inoculação isolados e para possíveis interações, quando constatadas. Se utilizou do programa estatístico SISVAR para as análises estatísticas (FERREIRA, 2000).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes de produção (vagem planta$^{-1}$; grãos planta$^{-1}$; grãos vagem$^{-1}$ e população final em planta ha$^{-1}$) e nitrogênio foliar em g kg$^{-1}$ (Tabela 2), tiveram diferença no fator inoculação, exceto a variável de grãos vagem$^{-1}$, já a variável de população final apresentou diferença nos fatores de coberturas vegetais.

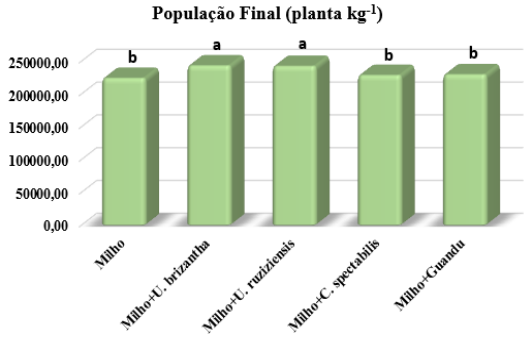
**Tabela 2 –** Valores médios de população final (planta ha$^{-1}$), vagens por planta, grãos por planta, grãos por vagem e nitrogênio foliar (g kg$^{-1}$), para cultivar IAC 1850. Selvíria – MS, 2022.

| TRATAMENTO | Pop. Final (planta ha$^{-1}$) | Vagens planta$^{-1}$ | Grãos planta$^{-1}$ | Grãos vagem$^{-1}$ | N foliar (g kg$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coberturas vegetais (C)** | | | | | |
| Milho | 225.185b | 12,85 | 64,47 | 4,98 | 39,40 |
| Milho+*U. brizantha* | 244.259a | 13,40 | 54,87 | 4,81 | 40,11 |
| Milho+*U. ruziziensis* | 243.519a | 12,40 | 60,61 | 4,85 | 39,91 |
| Milho+*C. spectabilis* | 229.630b | 13,12 | 65,78 | 5,01 | 40,45 |
| Milho+Guandu | 230.741b | 12,47 | 59,78 | 4,91 | 40,11 |
| **Inoculações (I)** | | | | | |
| Controle-N | 234.259 | 11,68b | 55,00b | 4,72 | 41,52a |
| Controle+N | 231.667 | 12,26b | 60,29b | 4,89 | 42,20a |
| *Azospirillum brasilense* | 225.741 | 14,32a | 68,99a | 4,91 | 39,36b |
| *Rhizobium tropici* | 244.630 | 13,52a | 68,55a | 5,02 | 39,17b |
| *Rhiz. + Azosp.* | 237.037 | 12,45b | 62,67b | 5,02 | 37,73b |
| **Teste F** | | | | | |
| C | 2,76* | 0,49$^{ns}$ | 0,69$^{ns}$ | 0,57$^{ns}$ | 0,25$^{ns}$ |
| I | 1,77$^{ns}$ | 3,00* | 3,22* | 1,23$^{ns}$ | 5,67** |
| C x I | 0,60$^{ns}$ | 0,70$^{ns}$ | 0,70$^{ns}$ | 1,24$^{ns}$ | 0,71$^{ns}$ |
| **Média Geral** | 234.667 | 12,85 | 63,10 | 4,91 | 40,00 |
| **CV(%)** | 9,96 | 21,30 | 23,21 | 10,30 | 7,44 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1% respectivamente. CV(%) – coeficiente de variação. Controle-N é o controle sem aplicação de nitrogênio e inoculante e Controle+N o controle com aplicação de nitrogênio e sem inoculante.

A população final obteve melhores resultados com as coberturas vegetais de Milho com *Urochloa brizantha* e Milho com *Urochloa ruziziensis* (Figura 2).

**Figura 2 -** Valores médios que mostra a significância dos valores de população final (planta kg$^{-1}$).




**Fonte:** Dados do próprio autor.

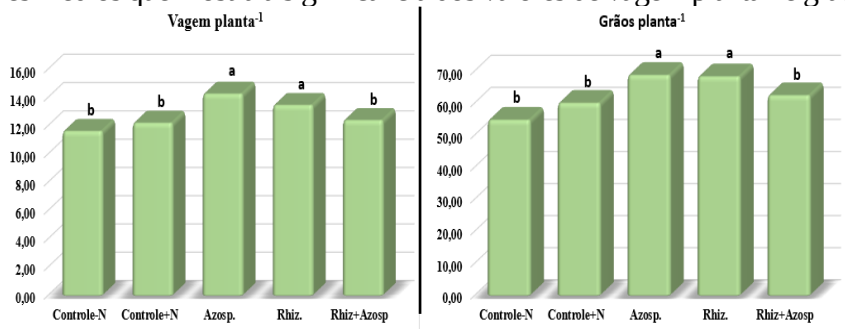
Diferentemente do estudo realizado por Takasu (2019), no qual nenhuma diferença foi observada tanto para a inoculação quanto para a cobertura vegetal, assim como para a interação entre elas, outros pesquisadores relataram resultados significativos ao avaliar os componentes de produção.

Binotti *et al.* (2007), ao analisarem o manejo do solo e a adição de nitrogênio, afirmaram que a adoção do SPD ao longo de vários anos resulta em uma melhor produção em relação ao número de vagens por planta. O uso de cobertura vegetal, que também faz parte do SPD, tem demonstrado resultados significativos para as lavouras, o que está em consonância com os achados deste estudo em questão.

Assim como Gerlach (2014) em seu trabalho verificou incrementos utilizando adubo verde em dois anos de cultivo para a variável dos componentes de produção e população final, assim como foi evidenciado ao se observar o fator população final (planta $ha^{-1}$) da Tabela 2 e Figura 2.

Os melhores resultados para vagem por planta e grãos por planta se deram inoculação de *A. brasilense* ou *Rhizobium tropici* (Figura 3), essas diferenças foram significativas quando comparada com a coinoculação e os controles.

**Figura 3 –** Valores médios que mostra a significância dos valores de vagem $planta^{-1}$ e grãos $planta^{-1}$.




**Fonte:** Dados do próprio autor.

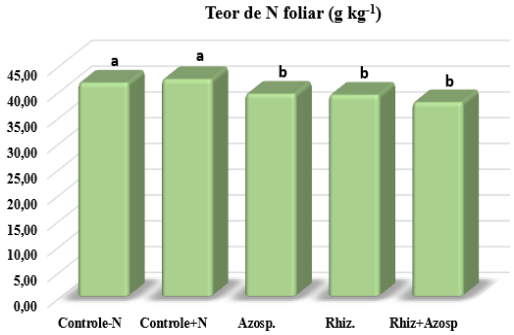
Schossler *et al.* (2016) ao estudar sobre o rendimento de produtividade do feijoeiro em conjunto com a inoculação e coinoculação verifica que houve diferença dos inoculantes sobre os fatores de número de vagens por planta, obtendo melhores valores significativos com os tratamentos de inoculação separadamente do *Rhizobium tropici* e *A. brasilense*, o que também se verifica na Tabela 2.

Com relação à análise do teor de nitrogênio foliar (Tabela 2), foi observada uma diferença significativa em relação à inoculação, demonstrando melhores resultados nos dois tratamentos de controle.

Ao analisar o Controle-N, pode-se chegar na hipótese de que há estirpes nativas no solo que contribuíram para um melhor resultado de nitrogênio foliar, pois nessa área experimental se faz a prática de SPD com rotação de culturas e aplicação frequente de bactérias fixadoras de

nitrogênio; já em relação ao Controle+N, pode-se dizer que o que influenciou o melhor teor de N foliar foi propriamente o nitrogênio aplicado em cobertura na área (Figura 4).

**Figura 4-** Valores médios que mostra a significância dos valores de teor de nitrogênio foliar (g $kg^{-1}$).




**Fonte:** Dados do próprio autor.

Assim como na Tabela 2 e Figura 4, Takasu (2019) também não encontrou diferença na inoculação em relação ao teor de N foliar. No entanto, mesmo não tendo significância, os teores se apresentam na faixa adequada do desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.)*, sendo essa faixa representada entre 30 a 50 g $kg^{-1}$, de acordo com Ambrosano *et al.* (1997).

Resultados diferentes foram observados pelo autor Gerlach (2014), que não encontrou diferenças significativas em relação às coberturas vegetais utilizadas. No entanto, o autor observou que no primeiro ano houve diferenças significativas nas coberturas vegetais em relação ao teor de nitrogênio foliar. O autor concluiu que o nitrogênio disponibilizado pelas coberturas vegetais estudadas não foi suficiente para o completo desenvolvimento do feijoeiro, sendo necessário complementar com adubos. Essa conclusão foi semelhante à encontrada por Nascimento (2015), que também estudou esse assunto, mas não encontrou diferenças significativas ao analisar as coberturas vegetais em relação ao teor de nitrogênio foliar.

Kaneko *et al.* (2010) ao realizar em dois anos consecutivos a condução do experimento não obteve significância na inoculação em relação ao teor de N foliar do feijoeiro, porém, em nitrogênio fertilizante apresentou diferença, o que pode ser explicado sobre o controle com N ter dado um maior valor significativo, comparado com as bactérias fixadoras. Enquanto Pelegrin *et al.* (2009) não obtiveram diferença no teor de N foliar para nenhum tratamento (sem nitrogênio ou inoculado e com nitrogênio), o que também ocorreu ao analisar trabalho de Viçosi e Pelá (2020) que não houve significância para a inoculação, apenas para as doses de nitrogênio.

Assim como Kaneko *et al.* (2010) e Pelegrin *et al.* (2009) concluíram para o teor de N foliar que foi significativo nas testemunhas que tinham adubação nitrogenada, o que se deve a aplicação de N mineral ser diretamente relacionado ao teor de nitrogênio, por ser um solo mais fértil e também por conter rizóbios nativos com alta eficiência simbiótica.

Os grãos coletados em área útil da parcela no final da safra, foram obtidos como mostra a Tabela 3. A massa de cem grãos (g) e a produtividade resultaram em significância para as inoculações e aplicação de N-fertilizante, não apresentando diferença para o fator coberturas vegetais.

**Tabela 3 –** Valores médios da massa de cem grãos (g) e produtividade (kg $ha^{-1}$), para a cultivar IAC 1850. Selvíria – MS, 2022.

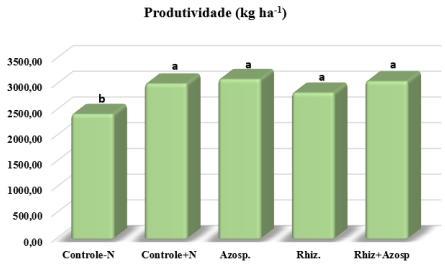
| **TRATAMENTO** | M100 Grãos (g) | Produtividade (kg $ha^{-1}$) |
|---|---|---|
| **Coberturas vegetais** | | |
| Milho | 23,71 | 2.853 |
| Milho+*U. brizantha* | 22,85 | 2.807 |
| Milho+*U. ruziziensis* | 22,86 | 2.832 |
| Milho+*C. spectabilis* | 23,57 | 3.010 |
| Milho+Guandu | 23,24 | 2.993 |
| **Inoculações** | | |
| Controle-N | 22,25b | 2.435b |
| Controle+N | 23,92a | 3.026a |
| *Azospirillum brasilense* | 23,57a | 3.113a |
| *Rhizobium tropici* | 23,08a | 2.849a |
| *Rhiz. + Azosp.* | 23,41a | 3.073a |
| **Teste F** | | |
| C | $2,07^{ns}$ | $0,97^{ns}$ |
| I | 5,40** | 8,34** |
| C x I | $0,50^{ns}$ | $0,39^{ns}$ |
| **Média Geral** | 23,25 | 2899,19 |
| **CV(%)** | 5,27 | 14,88 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1% respectivamente. CV(%) – coeficiente de variação. Controle-N é o controle sem aplicação de nitrogênio e inoculante e Controle+N o controle com aplicação de nitrogênio e sem inoculante.

Ao analisar a Tabela 3, percebe-se que mesmo não obtendo diferença para as coberturas vegetais, ela proporciona um teor ótimo que contribui de certa forma para a produtividade do feijoeiro, por conta da relação C/N que faz a liberação de forma gradual da palhada para o solo, sendo que as leguminosas fazem a liberação mais acelerada de N das leguminosas.

De acordo Conab (2023), a produtividade média alcançada para o feijão-comum de cores no Brasil é de 1,659 kg $ha^{-1}$ quando aplicados 167 kg $ha^{-1}$. Ao analisar a Figura 5, pode-se observar que essa produtividade foi alcançada em todos os tratamentos estudados, tanto para a cobertura vegetal (que não apresentou diferença significativa), quanto para as inoculações e aplicações de nitrogênio.

**Figura 5 -** Valores médios que mostra a significância dos valores de produtividade (kg $ha^{-1}$).




**Fonte:** Dados do próprio autor.

A produtividade atingida tanto no Controle-N quanto nos demais que deram significância, não necessitou de uma dose alta de fertilizante nitrogenado por conter as bactérias presentes na inoculação e também nativas do solo – SCHLINDWEIN *et al.*, 2008.

Na parcela Controle-N, também não necessitou de altos teores de fertilizante por ser um solo de SPD que favorece a comunidade de microrganismos fixadores de nitrogênio nativos, contendo uma microbiota nativa e existente no solo, o que explica o fato do controle sem adubo e sem inoculante não ter dado um valor extremamente baixo, o que é confirmado por Pelegrin *et al.* (2009). Júnior (2022) obteve resultados semelhantes ao da presente pesquisa, confirmando o papel essencial que os rizóbios tem para a vida da planta e sua resposta final ao ciclo.

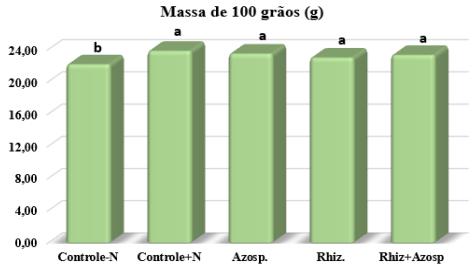
Em contrapartida, Bettiol (2019) e Takasu (2019) em suas conclusões mencionam que as diferentes formas de inoculação e a presença do adubo nitrogenado não afetaram a produtividade de grãos em SPD. Portanto, ao analisar a variável de produtividade, é evidente que alguns autores obtiveram resultados significativos ao aplicar nitrogênio, realizar inoculação e coinoculação, enquanto outros não obtiveram esses resultados.

Oliveira (2010), concluiu que o tipo de aplicação de N-fertilizante influencia na produtividade do feijão, o mesmo enfatizou que o fornecimento em superfície do fertilizante pode aumentar o fator produtividade, em conformidade também com os autores Crusciol *et al.* (2003), que concluíram o mesmo fato ao analisar o efeito do nitrogênio sob o feijão-comum.

Os autores Castro Pias *et al.* (2022) realizaram uma meta-análise abrangente dos resultados de um grande número de estudos envolvendo o cultivo do feijão em sistema de plantio direto e adubação nitrogenada, totalizando 56 pesquisas conduzidas em Selvíria (MS). Eles destacaram que fatores como matéria orgânica do solo, inoculação e a safra anterior à cultura exercem influência significativa na redução do uso de adubação nitrogenada e no aumento da produtividade do feijoeiro, como visto na análise de solo (Tabela 1), a m.o apresentou 20 g $dm^{-3}$ (valor ideal). A presença de palhada, por exemplo, contribui para a melhoria da matéria orgânica do solo e auxilia no atendimento das necessidades de nitrogênio das plantas de feijão.

Enquanto para a variável de massa de cem grãos (Figura 6), todas as formas de inoculação foram iguais ao controle nitrogenado (Controle+N) e superiores ao Controle-N, evidenciando que se pode economizar fertilizantes quando usado as inoculações, pois mantém os mesmos resultados significativos.

**Figura 6 -** Valores médios que mostra a significância dos valores de massa de cem grão (g).




**Fonte:** Dados do próprio autor.

Após colheita do feijão-comum, foi conduzido o "teste de peneiras" ou "rendimento de peneira" (Tabela 4). Esse teste é usado para classificar os grãos com base em seu tamanho, o qual está relacionado ao tipo da cultivar, a fertilidade do solo, a disponibilidade de água e nutrientes fornecidos à planta durante todo o seu ciclo, bem como o controle de pragas e doenças.

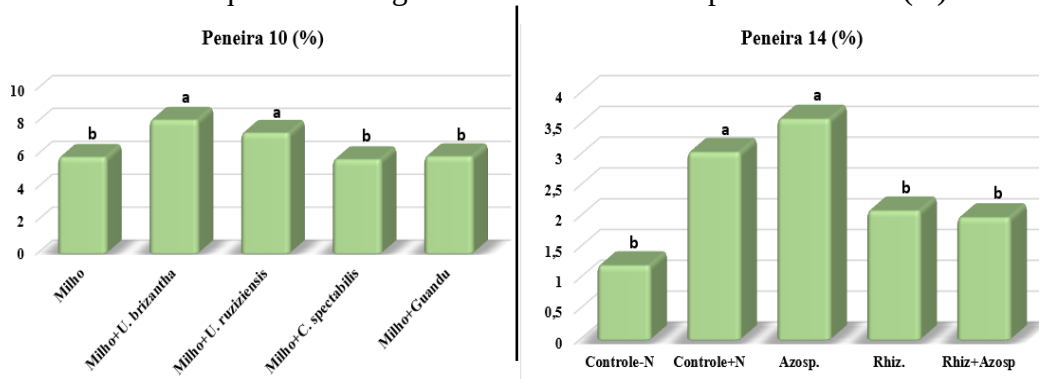
**Tabela 4 –** Valores médios para peneiras de crivos oblongos de diferentes tamanhos dado em porcentagem, para a cultivar IAC 1850. Selvíria – MS, 2022.

| TRATAMENTO | Peneira 10 | Peneira 11 | Peneira 12 | Peneira 13 | Peneira 14 | Fundo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ---------- % ---------- | | | | | |
| **Coberturas vegetais (C)** | | | | | | |
| Milho | 5,91b | 17,71 | 33,94 | 25,87 | 3,08 | 1,82 |
| Milho+*U. brizantha* | 8,17a | 21,81 | 32,75 | 20,82 | 1,90 | 2,30 |
| Milho+*U. ruziziensis* | 7,38a | 20,01 | 34,34 | 22,04 | 1,93 | 2,25 |
| Milho+*C. spectabilis* | 5,77b | 18,55 | 35,87 | 25,20 | 2,74 | 1,49 |
| Milho+Guandu | 5,95b | 19,38 | 35,49 | 22,99 | 2,34 | 1,64 |
| **Inoculações (I)** | | | | | | |
| Controle-N | 8,03 | 21,46 | 33,67 | 19,19 | 1,22b | 2,45 |
| Controle+N | 5,79 | 17,55 | 34,57 | 25,93 | 3,06a | 1,51 |
| *Azospirillum brasilense* | 6,17 | 19,47 | 35,16 | 25,42 | 3,60a | 1,71 |
| *Rhizobium tropici* | 6,92 | 19,71 | 34,86 | 23,19 | 2,11b | 1,84 |
| *Rhiz. + Azosp.* | 6,28 | 19,26 | 34,13 | 23,20 | 2,00b | 1,99 |
| **Teste F** | | | | | | |
| C | 2,77* | $1,65^{ns}$ | $1,14^{ns}$ | $1,56^{ns}$ | $1,76^{ns}$ | $2,09^{ns}$ |
| I | $1,84^{ns}$ | $1,30^{ns}$ | $0,26^{ns}$ | $2,45^{ns}$ | 5,86** | $2,02^{ns}$ |
| C x I | $1,01^{ns}$ | $1,06^{ns}$ | $0,55^{ns}$ | $0,84^{ns}$ | $1,18^{ns}$ | $0,98^{ns}$ |
| **Média Geral** | 6,64 | 19,49 | 34,48 | 23,38 | 2,40 | 1,90 |
| **CV(%)** | 43,63 | 27,91 | 15,17 | 32,53 | 72,24 | 58,98 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1% respectivamente. CV(%) – coeficiente de variação. Controle-N é o controle sem aplicação de nitrogênio e inoculante e Controle+N o controle com aplicação de nitrogênio e sem inoculante.

Com base nos valores médios da tabela acima, conclui-se que as peneiras de 10 e 14 (%), apresentaram significância no fator cobertura e inoculação respectivamente, como visto da Figura 7. Enquanto a peneira de crivos oblongos tamanho 10 obteve diferença no controle de coberturas vegetais de Milho + *Urochloa brizantha* e Milho + *Urochloa ruziziensis*, a peneira de crivos oblongos tamanho 14 obteve significância no Controle-N e inoculação com *A. brasilense*.

**Figura 7 -** Valores médios que mostra a significância dos valores das peneiras 10 e 14 (%).




**Fonte:** Dados do próprio autor.

Oliveira *et al.* (2010), quando compara o consórcio de milho à leguminosas, conclui que o feijão se torna mais produtivo em palhada de milho com mais alguma espécie de gramínea, quando comparada às coberturas vegetais apenas com milho, o que explica a diferença da peneira número 10 (Figura 7).

O autor Bettiol (2019), ao analisar as inoculações e adubação mineral no feijão-comum, não obteve diferenças para o rendimento de peneiras em função do fornecimento de nitrogênio e para a inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense*, o qual se diferente dos resultados do presente trabalho. Porém, ao analisar as maiores porcentagens de retenção dos grãos nas peneiras, o mesmo citou que foi encontrado nas peneiras de crivos 12 e 13, o que também pode ser encontrado na Tabela 4. Essa característica se dá principalmente pelo fato das peneiras de número 12 serem as mais preferidas pelas empacotadoras, por ser classificada como um grão graúdo (FARINELLI, 2003 *apud* BETTIOL, 2019).

Os autores Marcos e Avancine (1983) e Fasolo *et al.* (2010) concluíram que existem as diferenças de tamanhos e espessuras de grãos por conta dos níveis de qualidade fisiológica e principalmente pela influência da qualidade físico-química do solo, como a disponibilidade de nutrientes e água, baixa taxa de doenças, pragas e daninhas.

Amostras de grãos coletados em cada parcela ao final da safra - Tabela 5, em nenhuma das variáveis apresentou significância, tanto no fator coberturas vegetais quanto no fator de inoculação.

**Tabela 5 –** Valores médios para o teor de nitrogênio no grão (g $kg^{-1}$) e teor de proteína bruta (PB), para a cultivar IAC 1850. Selvíria – MS, 2022.

| TRATAMENTO | N no grão (g $kg^{-1}$) | PB (%) |
|---|---|---|
| **Coberturas vegetais (C)** | | |
| Milho | 30,16 | 18,85 |
| Milho+*U. brizantha* | 31,01 | 19,38 |
| Milho+*U. ruziziensis* | 29,88 | 18,68 |
| Milho+*C. spectabilis* | 29,82 | 18,64 |
| Milho+Guandu | 29,52 | 18,45 |
| **Inoculações (I)** | | |
| Controle-N | 29,90 | 18,69 |
| Controle+N | 30,43 | 19,02 |
| *Azospirillum brasilense* | 29,68 | 18,55 |
| *Rhizobium tropici* | 30,10 | 18,81 |
| *Rhiz. + Azosp.* | 30,27 | 18,92 |
| **Teste F** | | |
| C | $0,86^{ns}$ | $0,85^{ns}$ |
| I | $0,23^{ns}$ | $0,23^{ns}$ |
| C x I | $1,27^{ns}$ | $1,27^{ns}$ |
| **Média Geral** | 30,08 | 18,8 |
| **CV(%)** | 9,14 | 9,14 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1% respectivamente. CV(%) – coeficiente de variação. Controle-N é o controle sem aplicação de nitrogênio e inoculante e Controle+N o controle com aplicação de nitrogênio e sem inoculante.

Ramires *et al.* (2018) constataram em sua pesquisa resultados diferentes de teor de nitrogênio no grão, na qual resulta que maiores teores foi obtido quando há presença da inoculação no feijoeiro e a adubação nitrogenada – dependendo da cultivar analisada –.Gomes Junior e De Sá (2010) e Marschner (1995) complementa ao descrever que a adubação nitrogenada influência de certa forma no teor de nitrogênio no grão, onde na fase de enchimento as proteínas e aminoácido sintetizadas com o nitrogênio se armazenam no grão (*apud* RAMIRES *et al.*, 2018).

Outros autores obtiveram resultados semelhantes ao desta pesquisa, como Zambonin (2020) que analisou a inoculação com *Rhizobium tropici* e coberturas vegetai, na qual verificou que o teor de N no grão não resultou em diferenças significativas. Bettiol (2019), Gilabel (2018) ao realizar a avaliação de proteína bruta, também não obteve resultados significativos para o fornecimento de nitrogênio, já Silva *et al.* (2009) analisando o nitrogênio em cobertura e diferentes espécies de palhadas, evidencia uma diferença para a aplicação de nitrogênio e para as coberturas vegetais de algodão e trigo no feijão-comum.

No presente trabalho pode-se afirmar que muitas variáveis obtiveram resultados significativos, dentre essas têm-se o destaque para a produtividade. Os tratamentos que foram realizados à inoculação tiveram apenas 40 kg $ha^{-1}$ de nitrogênio em cobertura e do mesmo modo

obtiveram os mesmos resultados que a produtividade com o Controle+N que recebeu o dobro da dose de fertilizante nitrogenado, ou seja, 80 kg $ha^{-1}$ de N; ressaltando que os inoculantes não são apenas benéficos para a cadeia do meio ambiente, como também ajudam a minimizar os custos do produtor, sendo complementar para um bom desenvolvimento no ciclo da lavoura do feijão.

## 5. CONCLUSÃO

As coberturas vegetais não influenciaram na produtividade da cultura do feijão, no entanto, as melhores coberturas vegetais foi a de milho com *Urochloa brizantha* e com *Urochloa ruziziensis* para maior população final e maiores porcentagem de grãos na peneira de crivo oblongo tamanho 10.

A inoculação e coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* proporcionou produtividade semelhante ao tratamento testemunha com adubação nitrogenada, resultando em economia de fertilizante nitrogenado para o produtor.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ALVARENGA, R. C. *et al*. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

AMBROSANO, E.J. *et al*. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. (Boletim Técnico, 100).

ARF, O. *et al*. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do Feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasilieira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 2029-2036, 1999.

AZEVEDO, J. A. *et al*. **Produtividade do feijão de inverno influenciada por irrigação, densidade de plantio e adubação em solo de cerrado**. Brasília, DF: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. v. 145.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira:** 2012-2014. Brasília, DF: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. v. 272.

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

BETTIOL, J. V. T. **Produção sustentável do feijão comum: i**noculação, coinoculação e adubação mineral em cultivares de ciclo precoce. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Jaboticabal, 2019.

BÁRBARO, I. M. et al. **Técnica alternativa:** co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. [*S. l.: s.n*.], 2008.

BINOTTI, F. F. S. *et al*. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 121-129, 2007.

CALEGARI, A. *et al*. Aspectos gerais da adubação verde. *In*: COSTA, M. B. B. da (coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. p. 1-56.

CANALLI, L. B. S; BORDIN, I. Rotação de culturas. *In*: BERTOL, O. J.; COLOZZI FILHO, A.; BARBOSA, G. M. C.; SANTOS, J. B.; GUIMARÃES, M. F. (ed.). **Manual de manejo e conservação do solo e da água para o estado do Paraná**. Curitiba: NEPAR-SBCS, 2019. p. 129–132

CASTRO PIAS, O. H. *et al*. Common bean yield responses to nitrogen fertilization in Brazilian no-till soils: a meta-analysis. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Vicosa, MG, v. 46, 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** safra 2020/21: décimo segundo levantamento. Brasília, DF: Conab, 2021. v. 7, n. 12, p. 38-53, 2021. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos. Acesso em: 14 jan. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** safra 2022/23: nono levantamento. Brasília, DF: Conab, 2023. v. 9. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?limitstart=0. Acesso em: 14 jan. 2023.

COSTA, J. G. C. **Cultivo do feijoeiro:** morfologia. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/morfologia. Acesso em: 15 jan. 2023.

CRUSCIOL, C. A. C. *et al*. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 25, p. 108-115, 2003.

De SOUZA, S. L. S.; SIMONETTI, A. P. M. M. Inoculação e coinoculação de *Rhizobium* e *Azospirillum* na cultivar de feijão BRS FC 104. **Revista Cultivando o Saber**, Edição Especial, p. 14-23, 2019.

ESPÍNDOLA, J. A. A; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. **Adubação verde:** estratégia para uma agricultura sustentável. Brasília, DF: Embrapa, CNPAB e Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. ISSN 0104-6187.

FASOLO, L. M. *et al*. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira:** 2009-2011. Vitória, ES: Incaper, 2010.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)** Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986. 34 p.

FERREIRA, C. M.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. **Feijão na Economia Nacional**. Brasília, DF: Embrapa, 2002. v. 135.

FERREIRA, D. F. **SISVAR:** Sistema de análise de variância. versão 4.2. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 2000.

FREITAS, F. D. O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 1199-1203, 2006.

GASSEN, D. A adubação verde e o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, [*s. l.*], p. 32-38, 2010.

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. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - Unesp, 2017.

GERLACH, G. A. X. **Consórcio entre milho e leguminosas, produção de palha e manejo do nitrogênio no feijão "de inverno" em região com verão chuvoso e inverno seco**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia - Universidade Estadual Paulista - Unesp, 2014.

GITTI, D. D. C. *et al*. Inoculation of Azospirillum brasilense cultivars of beans types in winter crop. **Revista Agrarian**, [*s. l.*], v. 5, n. 15, p. 36-46, 2012.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja**. Brasília, DF: Embrapa Soja, 2013.

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

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Fixação biológica do nitrogênio**. Brasília, DF: Embrapa Soja, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção de feijão:** Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/feijao/br. Acesso em: 01 jan. 2023.

JUNIOR, E. M. O. *et al*. **Co-inoculação na cultura do feijão**. [*S. l.: s. n*.], 2022.

KANEKO, F. H. *et al*. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 125-133, 2010.

LIMA, B. V. *et al*. Efeitos da adubação verde nos atributos do solo. **Revista Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 14, n. 1, p. 515-523, 2017.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. p. 102-147.

MARCANTE, F. M. et al. **A inoculação do Feijoeiro comum com rizóbio**. Brasília, DF: Embrapa Arroz e Feijão, 1992. n. 10. p. 1-8.

MARCOS, J. M. J.; AVANCINE, F. Tamanho da semente de feijão e desempenho do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 9, p. 1001-1008, 1983.

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

MELLINI, B. S. *et al.* Inoculação e co-inoculação no desenvolvimento agronômico do feijoeiro. *In*: SIMPÓSIO MINEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 5. 2020, [*s. l.*]. **Anais** [...] [*S. l.: s. n*.], 2020. v. 15, n. 1.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Perfil do feijão no Brasil**. Brasília, DF: MAPA, 2023. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais. Acesso em: 10 jan. 2023. Acesso em: 01 jan. 2023.

NASCIMENTO, V. **Impactos do manejo de um sistema plantio direto no crescimento e produtividade do arroz de terras altas e feijão de inverno em sucessão e nos atributos do solo**. 2015. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade estadual Paulista – Unesp, 2015.

OLIVEIRA, P. de *et al*. **Sistema Santa Brígida-Tecnologia Embrapa:** consorciação de milho com leguminosas. Embrapa: Santo Antônio de Goiás, 2010.

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 Ciências) - Universidade de São Paulo - USP, 2010.

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

PELEGRIN, R. de *et al*. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 219-226, 2009.

PEREIRA, V. G. C. *et al*. Exigências agroclimáticas para a cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [*s. l.*], v. 3, n. 1, p. 32-42, 2014.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais:** exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002.

PITELLI, R. A. Competição e controle de plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 1-24, 1987.

RAMIRES, R. V. *et al*. Inoculação com rizóbio associado ao manejo de nitrogênio em feijão comum. **Colloquium Agrariae,** Presidente Prudente, p. 1809-8215, 2018.

SANTOS, A. B. *et al*. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 11, p. 1265-1271, 2003.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SCHOSSLER, J. H. *et al*. Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria,** Curitiba, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. **O Feijão-Comum no Brasil passado, presente e futuro**. Brasília, DF: Embrapa de Arroz e Feijão, 2013. v. 287.

SCHLINDWEIN, G. *et al*. Influência da inoculação de rizóbios sobre a germinação e o vigor de plântulas de alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 658-664, 2008.

SCHOSSLER, J. H. *et al*. Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016.

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. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Ilha Solteira, 2019.

TOLEDO, T. C. F.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 355-360, 2008.

VANIN, T. W. *et al*. Efeito alelopático de resíduos vegetais de milho na cultura de feijão comum. **Cultivando o Saber**, v. 1, n. 1, p. 153-159, 2008.

VIÇOSI, K. A.; PELÁ, A. Doses de nitrogênio em cobertura e inoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijão-vagem. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 29, n. 3, p. 326-336, 2020.

ZAMBONIN, G. **Feijão comum submetido à inoculação com *Rhizobium tropici*, nitrogênio em cobertura e foliar**. 2020. 77 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2020.

## 7. ANEXO DE FOTOS NO CAMPO

**Figura 8 -** Manejo da palhada com desintegrador mecânico, (A) palhada em campo, (B) e (C) prática do manejo com a máquina e o implemento. Selvíria – MS, 25/04/2022.




**Fonte:** Fotos tiradas pelo orientador

**Figura 9 -** Instalação da cultura com semeadora de precisão com 7 linhas. Selvíria – MS, 25/04/2022.



**Fonte:** Fotos tiradas pelo orientador

**Figura 10 -** Emergências da cultura. Selvíria – MS, 01/05/2022.



**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 11 -** Aspecto da cultura em campo. Selvíria – MS, 20/05/2022.



**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 12 -** Adubação nitrogenada em cobertura. Selvíria – MS, 23/05/2022.



**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 13 -** Coleta de folhas para avaliação de N. Selvíria – MS, 16/06/2022.



**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 14 -** Análise de N foliar em laboratório. Ilha Solteira – SP, UNESP, 07/07/2022.




**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 15 -** Colheita do experimento. Selvíria – MS, 25/07/2022.



**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 16 -** Secagem à pleno sol do feijão colhido. Selvíria – MS, 25/07/2022.



**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 17 -** Trilhando manualmente o feijão com ajuda de peneira. Selvíria – MS, 01/08/2022.



**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 18 –** Coleta de plantas para determinação de massa seca. Selvíria – MS, 01/08/2022.




**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 19 –** Teste de Peneiras no laboratório de sementes da UNESP. Ilha Solteira - SP 06/09/2022.



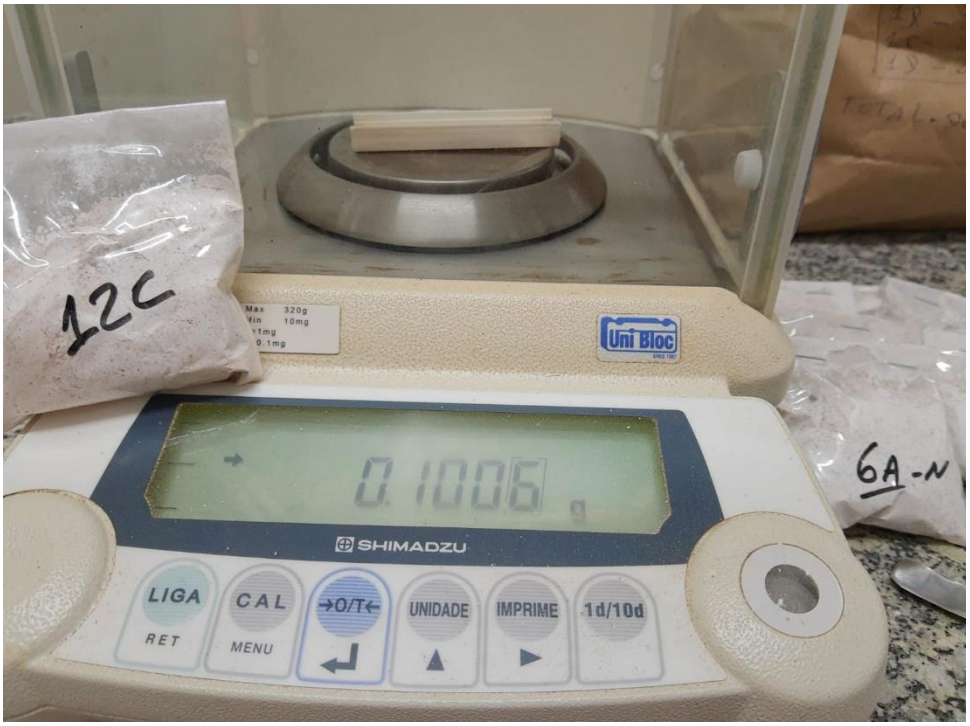

**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 20 –** Teste de número de grãos por planta. Ilha Solteira - SP 04/10/2022.



**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 21 –** Pesagem para análise de N no grão no laboratório da UNESP. Ilha Solteira - SP 04/10/2022.



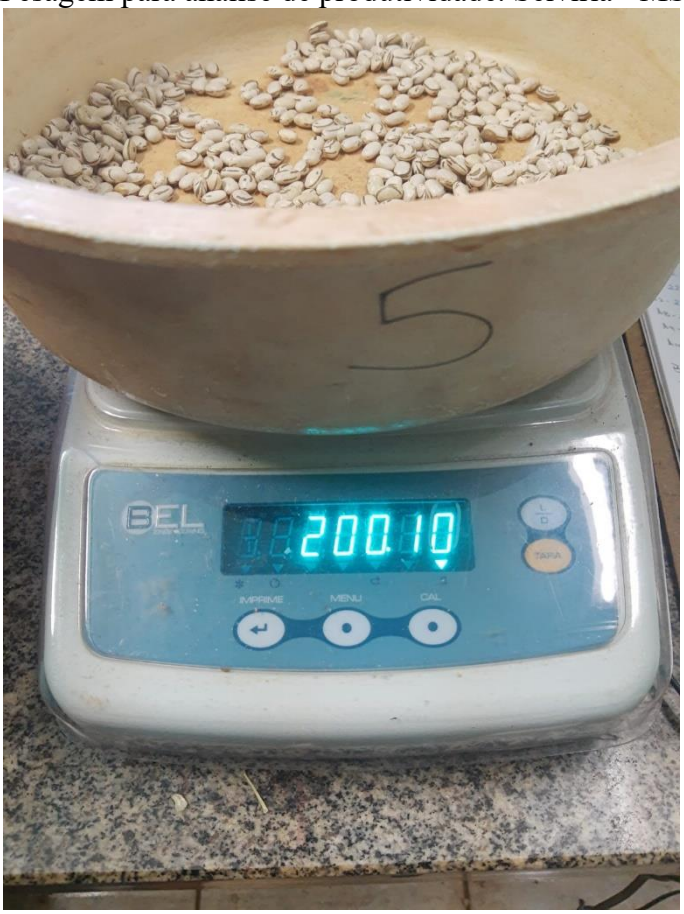

**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 22 –** Análise de N no grão no laboratório da UNESP. Ilha Solteira - SP 05/10/2022.




**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 23 –** Pesagem para análise de produtividade. Selvíria - MS 10/10/2022.




**Fonte:** Próprio autor.