

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS CENTRAL SEDE ANÁPOLIS - CET
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
BRENDA BÁRBARA ARAÚJO RIBEIRO

**REINOCULAÇÃO EM COBERTURA DE *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense* E OS
MICRONUTRIENTES Mo/Co NO FEIJÃO COMUM**

ANÁPOLIS-GO

2022

BRENDA BÁRBARA ARAÚJO RIBEIRO

REINOCULAÇÃO EM COBERTURA DE *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense* E OS
MICRONUTRIENTES Mo/Co NO FEIJÃO COMUM

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Central de Ciências Exatas e Tecnológicas - Sede: Anápolis, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agroindustriais

Orientador: Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira

ANÁPOLIS-GO

2022

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RB837 RIBEIRO , BRENDA BÁRBARA ARAÚJO
r REINOCULAÇÃO EM COBERTURA DE *Rhizobium tropici*,
Azospirillum brasilense E OS MICRONUTRIENTES Mo/Co NO
FEIJÃO COMUM / BRENDA BÁRBARA ARAÚJO RIBEIRO ;
orientador Itamar Rosa Teixeira; co-orientador Gisele
Carneiro da Silva Teixeira. -- , 2022.
54 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Engenharia Agrícola) -- Câmpus
Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade Estadual
de Goiás, 2022.

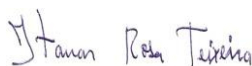
1. P. vulgaris. 2. Nutrição. 3. FBN. 4.
Micronutrientes. 5. Produtividade. I. Teixeira, Itamar
Rosa , orient. II. Teixeira, Gisele Carneiro da Silva,
co-orient. III. Título.

BRENDA BÁRBARA ARAÚJO RIBEIRO

REINOCULAÇÃO EM COBERTURA DE *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense* E OS
MICRONUTRIENTES Mo/Co NO FEIJÃO COMUM

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Central de Ciências Exatas e Tecnológicas - Sede: Anápolis, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

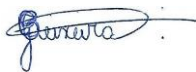
Aprovada em: Anápolis, 30 de junho de 2022.



Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira
Universidade Estadual de Goiás, Câmpus CET
(Orientador)



Prof. Dr. José Hortêncio Mota
Universidade Federal de Jataí
(Participante externo)



Prof. Dra. Gisele Carneiro da Silva Teixeira
Universidade Estadual de Goiás, Câmpus CET
(participante interno)

ANÁPOLIS-GO
2022

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida.

À minha família pelo apoio.

O meu orientador Prof. Itamar Rosa Teixeira pelos ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários da Emater de Anápolis, em especial Jair e Sebastião pelo auxílio na condução do experimento.

À Capes pela concessão da bolsa.

À Universidade Estadual de Goiás, Câmpus CET e o Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização de um sonho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para realização do meu sonho.
Muito obrigado!

RESUMO

A Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN) pode fornecer o nitrogênio necessário a cultura do feijoeiro, porém para que isto ocorra limitações importantes envolvendo a tecnologia de aplicação do inoculante precisam ser superadas. Neste sentido, o emprego da co-inoculação configura como técnica de manejo utilizada a fim de obter benefícios e aumentar o potencial da FBN a partir de associação entre bactérias do grupo rizóbios a exemplo *Rhizobium tropici* e as bactérias promotoras de crescimento vegetal a exemplo do *Azospirillum brasilense*, em associação com a adição de nutrientes que possibilite maior eficiência das bactérias fixadoras do N₂ atmosférico. O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta do feijoeiro a reinoculação de *R. tropici* em co-inoculação com *A. brasilense*, em mistura com os micronutrientes Co/Mo, na safra de inverno de 2021, em Anápolis-GO. Empregou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo estudados os seguintes tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 – Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. As aplicações em cobertura dos tratamentos foram realizadas no estágio R4, empregando as doses recomendadas dos fabricantes dos produtos estudados. No estágio R6 foram avaliadas as características de nodulação (número de nódulos e massa seca de nódulos) e morfofisiológicas das plantas (comprimento da raiz principal, massa seca de raiz, índice de área foliar, altura de planta, massa seca da parte aérea e acúmulo de N na parte aérea). Por ocasião da colheita foram determinados o estande final de plantas e os componentes (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso médio de cem grãos), além do rendimento de grãos. Conclui-se que a inoculação seguida da reinoculação em cobertura com *R. tropici* em co-inoculação com *A. brasilense* mais os micronutrientes Mo/Co, comparado a adubação mineral nitrogenada, melhora a eficiência do processo nodulativo e as características morfofisiológicas da cultura de feijão. A inoculação de sementes e a aplicação em cobertura com *R. tropici*, associada a co-inoculação com *A. brasilense* + Mo e Co tem potencial para substituir totalmente a adubação mineral nitrogenada na cultura de feijão.

Palavras-chave: *P. vulgaris*. Nutrição. FBN. Inóculos. Micronutrientes. Nodulação. Produtividade.

ABSTRACT

Biological nitrogen fixation (BNF) can provide the nitrogen needed for the common bean crop, but for this to occur, important limitations involving the inoculant application technology need to be overcome. In this sense, the use of co-inoculation is a management technique used to obtain benefits and increase the potential of BNF from the association between bacteria of the rhizobia group, such as *Rhizobium tropici*, and plant growth-promoting bacteria, such as *Azospirillum brasilense*, in association with the addition of nutrients that allow greater efficiency of atmospheric N₂ fixing bacteria. This study aimed to evaluate the common bean response to the re-inoculation of *R. tropici* in co-inoculation with *A. brasilense*, mixed with the micronutrients Co/Mo, in the 2021 winter season, in Anápolis-GO. The randomized block design with four replications was used. The following treatments were studied: TR1 – Re-inoculation of *R. tropici*; TR2 – Re-inoculation with co-inoculation of *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 – Re-inoculation of *R. tropici* + Mo/Co micronutrients; TR4 – Re-inoculation with co-inoculation of *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrients Mo/Co; TR5 – Inoculation via seed, without re-inoculation; TR6 – Fertilization with N mineral in the sowing furrow and at topdressing; TR7 – Control, without any source of N. The topdressing treatment applications were carried out at the R4 stage, using the doses recommended by the manufacturers of the studied products. At the R6 stage, the nodulation (number and dry mass of nodules) and morphophysiological characteristics of the plants (taproot length, root dry mass, leaf area index, plant height, shoot dry mass, and N accumulation in the shoot) were evaluated. At the time of harvest, the final stand of plants, yield components (the number of pods per plant, number of grains per pod, and 100-grain weight), and grain yield were determined. It is concluded that inoculation followed by re-inoculation in topdressing with *R. tropici* in co-inoculation with *A. brasilense* + Mo/Co, compared to mineral nitrogen fertilization, improves the efficiency of the nodulation process and the morphophysiological characteristics of common bean plants. Seed inoculation and topdressing application with *R. tropici*, associated with co-inoculation with *A. brasilense* + Mo and Co, has the potential to replace mineral nitrogen fertilization in common beans.

Keywords: *P. vulgaris*. Nutrition. BNF. Inoculum. Micronutrients. Nodulation. Yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dados meteorológicos durante a condução do experimento na safra das águas 2020/2021. Anápolis/GO, INMET.....	244
Figura 2 - Valores médios de nódulos totais (NT), em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	31
Figura 3 - Valores médios de massa seca de nódulos (MSN) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	32
Figura 4 - Valores médios do comprimento da raiz principal (CR) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	344
Figura 5 - Valores médios de altura de planta (AP) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasiliense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	355

Figura 6 - Valores médios do índice de área foliar (IAF) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 - Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	366
Figura 7 - Valores médios de massa seca da raiz (MSR) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	377
Figura 8 - Valores médios de massa seca da parte aérea (MSPA) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	388
Figura 9 - Valores médios do teor foliar de nitrogênio (TN) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	399
Figura 10 - Valores médios de estande final (EF) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	4141

Figura 11 - Valores médios do número de vagens por planta (NVP) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	42
Figura 12 - Valores médios número de vagem por grãos (NVG) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	43
Figura 13 - Valores médios do peso de cem grãos (PCG) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	444
Figura 14 - Valores médios da produtividade de grãos (PROD) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de <i>R. tropici</i> ; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> ; TR3 – Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas e físicas do solo, coletado na camada de 0-20cm, na área da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER). Anápolis/GO, 2021.....	25
Tabela 2 – Tratamentos aplicados no experimento.....	26
Tabela 3 – Resumo da Análise de Variância para os caracteres: nódulos totais (NT) e massa seca de nódulos (MSN). UEG, Anápolis-GO, 2022.....	30
Tabela 4 – Resumo da Análise de Variância para os caracteres: comprimento da raiz principal (CR), massa seca da raiz (MSR), altura de planta (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), índice de área foliar (IAF) e teor de nitrogênio (TN). UEG, Anápolis-GO, 2022.....	33
Tabela 5 – Resumo da Análise de Variância para os caracteres: estande final (EF), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), peso de cem grãos (PCG) e produtividade de grãos (PROD). UEG, Anápolis-GO, 2022.....	40

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1. Informações sobre a cultura de feijão comum.....	17
2.2. Fenologia do feijoeiro.....	18
2.3. Fixação biológica do nitrogênio.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1. Caracterização da área de estudo.....	24
3.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	26
3.3. Implantação e condução.....	27
3.4. Características avaliadas.....	27
3.5. Análise estatística.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1. Análises nodulares.....	30
4.2. Análises morfológicas.....	33
4.3. Análises agronômicas.....	40
5. CONCLUSÃO.....	46
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

As Fabaceas tornaram-se essenciais para a nutrição humana e animal e hoje são cultivadas praticamente em todo o mundo (BRAGA, 2020). O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) é pertencente à família Fabaceae, sendo a espécie mais cultivada no Brasil, onde juntamente com o arroz se destaca como prato típico, servindo como fonte de proteína acessível, e como fonte de renda para pequenos e grandes produtores em distintos níveis tecnológicos em diferentes regiões do país (SALES, 2020).

A área total da produção do feijoeiro na safra 2020/2021 foi de 2,9 milhões de hectares, tendo sido obtido uma produção de 2,9 milhões de toneladas, com produtividade média de apenas 990 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022), sendo a questão nutricional um dos fatores que corrobora para este baixo patamar de produtividade, com destaque para o nitrogênio (N₂), nutriente de maior demanda pela cultura.

A dose de N recomendada para a cultura é de 100 kg ha⁻¹, fracionada em duas aplicações, 40 e 60 kg ha⁻¹, respectivamente na base e em cobertura (VIEIRA, 1998). Esta demanda pode ser suprida pelo N do solo, pela adubação nitrogenada e pelo processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN), sendo a primeira técnica comumente empregada para fornecer a demanda de N para a cultura do feijão. Contudo, a utilização de insumos biológicos em substituição aos insumos químicos industrializados tem sido cada vez mais frequente na atividade, sendo considerada uma alternativa de suprimento de N atrativo do ponto de vista econômico e ecologicamente sustentável, visto que, reduz a utilização de fertilizantes nitrogenados e contribui assim, para evitar a contaminação dos aquíferos, lagos e rios causados pela lixiviação desse nutriente do solo (GARÉ, 2020).

As bactérias fixadoras de nitrogênio possuem um papel ecológico importante, atuando na conversão do nitrogênio atmosférico (N₂), não utilizável pelas plantas e por outros grupos de organismos, em amônia (NH₄⁺), forma assimilável as plantas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). As bactérias do grupo *Rhizobium* são capazes de fixar o nitrogênio do ar atmosférico e fornecê-lo à planta. Enquanto a planta recebe o nitrogênio fixado pelo rizóbio microssimbionte na forma amoniacal, assimilando-o em compostos nitrogenados que podem ser translocados para suas diferentes partes. O feijoeiro desenvolve por associação simbiótica nas raízes com a bactéria rizobiana, e quando essa bactéria está presente no solo, naturalmente ou via inoculação, reconhece e infecta as raízes da planta hospedeira, provocando a formação de nódulos onde ocorre a fixação biológica do N₂ (OLIVEIRA et al., 2017).

Atualmente as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4088 e SEMIA 4080 pertencentes a espécie de *Rhizobium tropici* compõem os inoculantes comerciais destinados ao uso na cultura do feijoeiro (BRASIL, 2011). Estas estirpes são resistentes a elevadas temperaturas do solo, condição de acidez

e maior competitividade quando comparadas as populações naturais de rizóbios no solo, o que as torna mais adaptadas ao cultivo em solos tropicais (BRITO et al., 2015). Estas características praticamente mudaram o paradigma do assunto no tocante ao feijoeiro, pois atualmente inúmeros estudos investigativos que comprovam a capacidade da FBN em fornecer o N_2 demandado pela cultura em condições de campo, desde que sejam empregadas as práticas corretas de inoculação (OLIVEIRA et al., 2018, SOUZA et al., 2022).

Com o intuito de melhorar o desempenho dos rizóbios e, consequentemente, a eficiência da FBN do feijão comum, dentre outros benefícios, a técnica de co-inoculação começa a ser explorada na cultura. A co-inoculação no feijoeiro é uma técnica de manejo utilizada a fim de obter benefícios e aumentar o potencial da FBN a partir de associação entre bactérias do grupo rizóbio e as bactérias promotoras de crescimento vegetal a exemplo do *A. brasilense*. Esta alternativa é representada por um grupo de bactérias associativas capazes de promover o crescimento das plantas através de alterações fisiológicas devido, sobretudo o aumento no crescimento radicular (ZAFAR et al., 2012).

Vários estudos têm constatado que a co-inoculação consiste em combinações de diferentes microrganismos, os quais produzem um efeito múltiplo e que superam os resultados produzidos isoladamente, promove incrementos no rendimento das culturas agrícolas (BULEGON et al., 2016; FIPKE et al., 2016). Devido à interação positiva entre as bactérias, a co-inoculação tem sido sugerida para potencializar a nodulação, estimular o crescimento da planta e beneficiar o processo biológico de fixação de nitrogênio. A bactéria *A. brasilense* é promotora de crescimento de plantas pela sua capacidade de fixação de nitrogênio, possui produção de hormônios, tais como auxinas, citocininas, giberelinas e etileno e aumenta a atividade da redutase do nitrato (OKON e VANDERLEYDEN, 1997). A presença de bactérias do gênero *Azospirillum* consegue liberar fitohormônios que induzem a formação de pêlos radiculares no feijão, sendo possível aumentar a produção de massa seca e o número de nódulos por planta (GARCIA, 2017).

A adição de nutrientes em co-inoculação também pode contribuir para melhoria da eficiência da FBN no feijoeiro, em especial os micronutrientes molibdênio e cobalto (TORRES et al., 2014). O molibdênio é indispensável ao metabolismo do N_2 , pois faz parte das enzimas nitrato redutase e nitrogenase, sendo essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas (HAMILTON et al., 2020). Devido à alta mobilidade do molibdênio na planta, a adubação em cobertura pode proporcionar bons resultados, desde que seja realizada no início do período de desenvolvimento vegetativo da cultura (OLIVEIRA et al., 2017). O cobalto é útil nas fabáceas por participar da estrutura da vitamina B12, que regula a concentração de oxigênio nos nódulos impedindo a inativação da enzima nitrogenase (MENCALHA, 2017).

A aplicação de células rizobianas, associado à *A. brasilense* é realizada comumente via semente antes da semeadura, contudo a formação inicial de nódulos é crítica para o feijoeiro, com

início entre 15 a 20 dias após a semeadura (ARAÚJO et al., 1996), e apenas um conjunto de nódulos totalmente funcionais permite fornecer a quantidade apropriada de N à cultura. O envelhecimento precoce da população de bactérias nodulantes (VAN DE VELDE et al., 2006) e associada ao estresse ambiental (PUPPO et al., 2005) podem causar senescência nodular e cessação da FBN, geralmente coincidindo com o estágio de florescimento e enchimento de grãos, fases em que justamente a demanda por nutrientes, água e fotoassimilados pela planta é maior. Além disso, os nódulos surgidos tardiamente com o avançar do ciclo da cultura pode contribuir de forma restrita para a nutrição da cultura e acréscimo de produtividade (PORTES et al., 2012). Desta forma, a reinoculação em cobertura feita diretamente no solo pode renovar a população rizobiana efetiva na incorporação de N₂, associando a aplicação do *A. brasilense* e os micronutrientes Mo/Co, justamente em uma fase em que a cultura do feijão tem maior demanda nutricional.

Diante do exposto, a produção agrícola pode ser melhorada com o emprego de microorganismos, os quais se apresentam como alternativas de manejo nutricional sustentável no cenário atual. Com isso, a atuação conjunta dos dois microrganismos associado à adição dos micronutrientes Mo/Co constituiu-se em ótima solução na busca de maiores rendimentos da cultura do feijoeiro com base em uma nutrição com recursos sustentáveis. Desta forma este trabalho tem por objetivo avaliar a capacidade de resposta do feijoeiro à reinoculação com *R. tropici* em conjunto com co-inoculação de *A. brasilense* e a aplicação dos micronutrientes Co/Mo em cobertura, no estágio V4.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Informações sobre a cultura de feijão comum

O gênero *Phaseolus* pertence à família Fabaceae, originou-se nas Américas com cerca de 55 espécies e estas possuem ampla variedade de coloração, como os feijões carioca, roxo, mulatino e preto, das quais cinco são cultivadas em maiores quantidades: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *P. polyanthus* Greenman (BRAGA, 2020). No Brasil, fica evidente essa ampla diversidade de tipo, sendo que cada região possuem o tipo de consumo de grãos de feijão. Entre as mais importantes economicamente e cultivadas no Brasil são o feijão comum (*P. vulgaris*) e o feijão-fava (*P. lunatus*).

A transição do feijão silvestre para a forma cultivada do feijão comum atual é incerta, porém acredita-se que esse evento tenha ocorrido há 8.000 anos atrás. As evidências indicam que dois grandes eventos ocorreram no processo de domesticação, originado no norte do México (Chihuahua), através da América Central e da Cordilheira dos Andes ao noroeste da Argentina.

O feijão comum possui ampla gama de adaptações e sua produção é muito heterogênea em termos ecológicos, sistemas de cultivo e desempenho agrônômico. Cultivares melhoradas do feijoeiro comum com a capacidade de expressão de alta produtividade, ampla adaptação, menor sensibilidade aos estresses bióticos ou abióticos e ciclo variando de 75 a 98 dias representam uma das mais significativas contribuições à eficiência do setor produtivo (FARIA, 2012). Nos estados do sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná), Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo o feijão preto é o mais consumido, enquanto que nas outras regiões do país, o feijão carioca apresenta um consumo maior, correspondendo cerca de 70% da produção nacional. No geral, o feijão carioca representa a maior alíquota de produção e consumo no Brasil (DEMITO, 2019).

A cultura do feijoeiro é uma cultura que assume grande importância socioeconômica, além de ser considerado o principal alimento proteico, uma vez que é alimento básico consumido no Brasil, principalmente da classe populacional de baixa renda, resultando, assim, em um alimento indispensável para a maioria dos brasileiros (FARIA, 2012). Em países da América do Sul e da África, feijões é uma fonte barata e rica de proteína, substituindo, muitas vezes, a proteína animal na dieta da população (DEMITO, 2019). O teor proteico do feijão pode chegar a 33% com valor energético de 341 cal/100g (SILVA & WANDER, 2013). Os grãos possuem de 20 a 35% de proteína, dependendo dos tratos culturais e da cultivar (TOLEDO & BRAZACA, 2008).

Pela sua facilidade e adaptabilidade em desenvolver sob diversas condições edafoclimáticas, o feijoeiro é produzido praticamente em todo território nacional, são empregados sistemas de produção diversificados, desde a agricultura de subsistência até cultivos altamente

tecnificados (LANDAU et al., 2020; GARÉ, 2020). No Brasil, a cultura do feijão ocupa um lugar de destaque, sendo o feijão comum e feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) os mais importantes social e economicamente, enquanto o feijão fava, mesmo pouco produzido tem grande importância na região nordeste do país (FREIRE FILHO et al., 2011; BRAGA, 2020).

O feijoeiro é considerado uma cultura atípica, por esse motivo, os produtores conseguem cultivar em três safras anuais no país. A semeadura na 1ª safra, também conhecida como safra das águas, ocorre entre outubro e dezembro, é realizada nas Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Tocantins e Rondônia e tem como característica o plantio e a colheita mecanizada pelo alto índice de chuvas. A 2ª safra, ou safra da seca, é plantada em período com menor índice de chuva, normalmente em fevereiro ou março, é plantado nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. A 3ª safra, safra outono-inverno ou safra irrigada, ocorre no inverno, referindo-se à colheita de feijão irrigado plantado entre os meses de maio e julho no Centro-Sul do Brasil (SILVA & WANDER, 2013; LANDAU et al., 2020).

O feijão-comum da safra de inverno está entre as culturas mais plantadas nos sistemas produtivos sob regime de irrigação por aspersão em área de Cerrado (SILVA & WANDER, 2013). A colheita do feijão pode ser feita, em média, após 90 dias de plantio. Elementos climáticos, como chuva e temperatura, exercem grande influência na produção do feijão (LANDAU et al., 2020). A utilização da irrigação e adubações, para uma população adequada de plantas, concorre para maiores níveis de produtividade e consequentemente uma rentabilidade atrativa e de um rápido retorno econômico para a cultura de feijão (AZEVEDO et al., 2008). A colheita do feijão acontece em épocas específicas durante o ano, que podem variar em função da região de produção, enquanto que o seu consumo é durante todo o ano, necessitando assim, de técnicas adequadas de secagem e de armazenamento para a manutenção da qualidade desses grãos por longos períodos de armazenamento.

2.2. Fenologia do feijoeiro

A base de qualquer cultura está enraizada em sua agricultura, desde os primórdios o homem iniciava suas atividades de cultivo e criação de animais, onde as primeiras formas de agricultura eram praticadas próximas a rios, em local que havia terra fértil e não se exigia muito desenvolvimento (CUNHA, 2017). O aprimoramento das práticas de cultivo e criação de animais se deu a partir do crescimento populacional e o aumento da necessidade de produzir alimentos, com isso o uso contínuo do solo gerou carência por nutrientes. A partir dessa escassez começou-se o aprimoramento dos cultivos com ferramentas, excrementos de animais, como forma de melhorar a terra, de forma a instalar acampamentos fixos e sedentários (MAZOYER; ROUDART, 1997).

Em meados do século XVII iniciou-se o emprego de rotação de culturas, destacando-se como a primeira revolução agrícola. Na segunda metade do século XX surge a revolução agrícola contemporânea com elevada motorização e mecanização, seleção de variedades de plantas, raças de animais com forte potencial de rendimento, ampla utilização de fertilizantes e de alimentos concentrados para gado. Paralela a essa revolução, na década de 60, inicia a revolução verde, que era contrária a ideia de motorização e mecanização, mas baseava na seleção de variedades de bom rendimento, uso de fertilizantes, produtos para tratamento e um maior controle da água para irrigação (CUNHA, 2017).

No contexto atual, com aproximadamente 7 bilhões e meio de habitantes no mundo, as últimas estimativas surgem que, globalmente pessoas ainda sofrem desnutrição crônica. O número de pessoas que vivem em áreas rurais tem aumentado, o que influencia diretamente no combate à fome e a pobreza. Há uma previsão da ONU de que em 2050 o número de pessoas no planeta estará entre 9 e 11 bilhões de pessoas. Admitindo não haver mais carências nem subnutrição no mundo, a quantidade de produtos vegetais destinados à alimentação dos homens e dos animais terá que dobrar no mundo inteiro. E para que esse aumento da produção agrícola tão significativo ocorra, a atividade agrícola deverá ser estendida e intensificada em todas as regiões do mundo em que isso for sustentavelmente possível (ONU 2017; CUNHA 2017).

Com a necessidade de aumentar a produtividade agrícola em escala global ao risco de insegurança alimentar torna-se inquietante ao considerar a projeção de aumento populacional de na faixa de 30%. Para tender a demanda populacional, será preciso aumentar a produção agrícola mundial em até 60%. Assim, o Brasil é um importante fornecedor global de alimentos, ao aumento contínuo da produção agrícola do País trará benefícios e essa necessidade implica, contudo, um desafio adicional, uma vez que o aumento da produção não poderá ser unicamente baseado no aumento da área cultivada. Com isso, não é difícil concluir que a maior parte do aumento da produção agrícola do mundo precisará vir do aumento da produtividade da área agrícola consolidada (MARIN et al., 2016).

O déficit estrutural na demanda por macronutriente no mercado brasileiro é decorrente abundância e competitividade do agronegócio e das restrições estruturais da indústria de produção de fertilizantes, dado que o país carece de insumos dessa indústria (CRUZ et al., 2017). A indústria química tem relevância na estrutura produtiva brasileira, sendo o segundo maior produto interno bruto (PIB) industrial que em 10 anos passou da quarta para a segunda posição, alcançando 10,5% do faturamento da indústria de acordo com o instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE, 2020). A indústria química é composta por diversos tipos de empresas que atuam em diversos setores e é a importante fornecedora de insumos que englobam uma ampla gama de aplicações que vai

desde os produtos químicos de uso industrial, no setor agropecuário como fertilizantes e defensivos químicos e produtos para consumidor final como higiene pessoal e limpeza (CRUZ et al., 2017).

O setor do agronegócio tem importância para a economia tanto pela geração de empregos como pelos saldos comerciais positivos com o resto do mundo e pela contribuição para crescimento e desenvolvimento econômico do País. O Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro, calculado pelo Cepea (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), da Esalq/USP, em parceria com a CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil), cresceu 8,36% em 2021. No segundo trimestre de 2022 houve uma queda de 1,7% e no primeiro semestre chegou a 2,48% (CEPEA, 2022). A redução em grande medida da forte alta dos custos com insumos no setor, tanto na agropecuária quanto nas agroindústrias. É importante ressaltar que tal retração se verifica frente ao patamar recorde de PIB alcançado em 2021. Nesse setor, o segmento de fertilizantes representa um importante elo, sendo o Brasil o quarto maior consumidor de fertilizantes no mundo.

Os fertilizantes são substâncias minerais ou não minerais, de origem natural ou sintética, que são capazes de proporcionar a planta um ou mais nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento, sendo os principais elementos não minerais são carbono, hidrogênio e oxigênio e os minerais são divididos em três grupos macronutrientes primários, macronutrientes secundários e os micronutrientes (CRUZ et al., 2017). Esses nutrientes são constituintes de muitos componentes das plantas, tais como as proteínas, ácidos nucleicos e clorofila, e são essenciais para os processos como transferência de energia, manutenção da pressão interna e ação enzimática (ISHERWOOD, 2003).

O uso de fertilizantes corretivos é utilizado em boa parte das regiões produtoras do Brasil, principalmente as áreas caracterizadas por solos ácidos e de baixa fertilidade, sendo este consumo cresce fortemente nas últimas décadas (MARIN et al., 2016). Considerando os fatores relevantes da agricultura brasileira nas próximas décadas, a intensificação da produção sustentável emerge claramente como uma necessidade permanente e uma produção estratégica do País como líder na produção de alimentos.

2.3. Fixação biológica do nitrogênio

Para a cultura do feijoeiro, o nitrogênio (N) é exigido em grandes quantidades, pois cerca de 50% da quantidade absorvida é exportada para os grãos (SORATTO et al., 2013). As plantas de modo geral que necessitam do nitrogênio em maior quantidade para seu desenvolvimento e sua indisponibilidade limita a produtividade das plantas em ecossistemas naturais e agrícolas. O nitrogênio participa da constituição de diversos componentes celulares nos vegetais principalmente das proteínas, ácidos nucleicos e da molécula de clorofila (ROCHA et. al., 2020). A deficiência de

nitrogênio ocasiona vários níveis de clorose, além do enfraquecimento, comprometendo o crescimento e consequentemente a produção (SOUZA et al., 2021). Por se tratar de um elemento que apresenta mobilidade nas plantas, os primeiros sintomas surgem nas folhas mais velhas e passam para as folhas jovens, tornando-se uma clorose generalizada se a deficiência nutricional não for corrigida (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Entre os minerais, o nitrogênio é o mais caro devido ao seu processo de fabricação e potencialmente o mais poluente, sendo de grande importância, pois é um fator limitante de produção (RAMOS et al., 2020). Este macronutriente é o nutriente que mais encarece o custo de produção, além de possuir custo ambiental, principalmente nas regiões tropicais, onde a perda por volatilização da amônia e a lixiviação do nitrato podem superar até 50% da quantidade aplicada (LISBOA et al., 2019). No entanto, a recomendação de fertilizantes pode ser difícil de ser alcançada, devido à complexidade da dinâmica do N no solo podendo comprometer as doses recomendadas, sejam inferiores à demanda da cultura limitando a produtividade dos grãos, ou até mesmo doses excessivas, que aumentam o risco de desequilíbrio nutricional e ambiental (NASCIMENTO et al., 2021).

A FBN é o segundo processo biológico mais importante para as plantas, de importância fundamental, ficando somente atrás da fotossíntese. A FBN é predominante em plantas pertencentes à família Fabaceae, como o feijão fornecendo o N_2 necessário para o bom desenvolvimento das plantas na presença de nódulos funcionais e disponíveis durante o ciclo da planta (TEIXEIRA et al., 2021). A FBN é um processo bioquímico, natural e essencial, realizado por bactérias que possuem a enzima nitrogenase. Estes organismos são encontrados em vários ambientes e vivendo livremente, associado ou em simbiose com outros seres vivos. A FBN é realizada em simbiose com bactérias diazotróficas, que induzem a formação de nódulos nas raízes, e estes são influenciados por fatores bióticos e abióticos que compreendem a eficiência simbiótica (FERREIRA et al., 2015).

Este sistema faz com que as bactérias simbióticas que vivem no solo percebam os sinais químicos sintetizados pela planta, e assim a planta hospedeira libera os compostos que atraem as bactérias simbiontes em direção às raízes, por quimiotactismo (RAMOS et al., 2020). O nitrogênio atmosférico é convertido em amônia pelas bactérias fixadoras, através de processos metabólicos deixando o nutriente na forma disponível para as plantas absorverem e assimilarem. Para que a FBN seja efetiva é necessário que ocorra durante a associação simbiótica, controlado pela troca de sinais entre rizóbios e a planta hospedeira (SOUZA et al., 2021).

A FBN pode dispensar o uso de fertilizantes nitrogenados e consequentemente reduzir também as emissões dos gases do efeito estufa em (SOUZA et al., 2017). Os solos tropicais são deficientes em nitrogênio, e o processo da FBN pode representar uma alternativa ao uso de fertilizantes nitrogenados, com vantagens de não causar poluição ambiental e ser economicamente

viável (RAMOS et al., 2020). Além do reconhecimento entre o simbiote e o hospedeiro por meio de trocas de sinais bioquímicos, para estabelecer a simbiose deve se levar em conta os fatores abióticos tais como as condições do solo que são importantes e exercem influência direta sobre hospedeiro-simbiote.

A primeira etapa para garantir a alta eficiência da FBN, é a inoculação das sementes com o produto inoculante específico para a cultura, ou seja, a inoculação é um processo no qual esses microorganismos benéficos ao crescimento vegetal são adicionados às sementes antes da semeadura (EMBRAPA, 2020). Os produtos utilizados são de baixo custo quando comparados aos insumos químicos, estes são disponibilizados na forma líquida de uso mais comum e são aplicados diretamente na semente ou nos sulcos de semeadura. No formato turfoso pode ser aplicado somente na semente (BERTOLO et al., 2021).

Apesar do adubo mineral nitrogenado ser a fonte N predominante nas áreas de cultivo de feijão a FBN, em inúmeras pesquisas foram constatados a capacidade das bactérias fixadoras de N em atender as exigências da culturas, a exemplo de estudo conduzido por Araújo et al. (2007) em que foi verificado que somente uma aplicação de inoculante com as estirpes SEMIA 4077/SEMIA 4080 no feijão pertencente à cv. Carioca possibilitou a obtenção do maior patamar de produtividade de grãos de feijão – 1.783 kg ha⁻¹ comparado adubação mineral com N e testemunha (sem nada), cujas produtividades médias foram de 1.314 e 950 kg ha⁻¹. Ademais, a inoculação pode propiciar produtividades de feijão próximas às obtidas em lavouras que adotadas alto nível tecnológico na atividade, variando de 2.500 a 3.500 kg ha⁻¹ (PELEGRIN et al., 2009, ANDRAUS et al., 2016; TEIXEIRA et al., 2021; SOUZA et al., 2021). No trabalho realizado por Chaves et al. (2018) relatam um aumento da produtividade do feijoeiro de 11%, quando utilizado a inoculação, sendo superior ao que recebeu aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N. Nos estudos de Oliveira et al. (2017) afirmam que, a adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro pode ser substituída na sua totalidade pela inoculação com a bactéria *R. tropici*, uma vez que está, aumenta a produtividade do feijoeiro comum cv. Pérola; e, a inoculação, como relatado por Barros et al. (2013), pode substituir a adubação nitrogenada de 20 kg ha⁻¹ no plantio, sem perda de produtividade.

Além das espécies de *Rhizobium* já citadas, outra bactéria, o *Azospirillum brasilense*, pode trazer benefícios a produtividade do feijoeiro. Entretanto, embora o número de pesquisas envolvendo essas bactérias estejam aumentando nos últimos anos no Brasil, com sucesso comprovado nas culturas de soja (HUNGRIA et al., 2013; GALINDO et al. 2018) e milho (HUNGRIA et al., 2010; GALINDO et al., 2016), na cultura do feijoeiro, muito pouco se conhece sobre o efeito desses microrganismos no fornecimento de nitrogênio.

A reinoculação é um termo usado para descrever a inoculação numa área que já foi realizada uma inoculação prévia e, portanto, já possui no solo uma população estabelecida de

bactérias. O processo de co-inoculação consiste na utilização em conjunto com outro microorganismo, sendo o exemplo mais utilizado, a bactéria *Azospirillum*, cujo o principal mecanismo é promover o crescimento vegetal é a síntese de fito hormônios como auxinas e citocininas, principalmente do sistema radicular, que favorece a nodulação (BERTOLO et al., 2021).

A co-inoculação envolvendo a aplicação de *R. tropici* + *A. brasilense* pode ainda envolver a aplicação de micronutrientes, que assumem um papel importante quanto à própria inoculação: molibdênio (Mo) e o cobalto (Co) que desempenham funções fundamentais nos processos bioquímicos que ocorrem no interior dos nódulos (ARAÚJO, 2013). O Mo auxilia na nodulação que é indispensável ao processo de FBN sendo um importante nutriente na constituição das enzimas nitrato redutase e nitrogenase, ambas necessárias para o processo de metabolismo do N, durante a fixação biológica e incorporação do amônio nos tecidos vegetais (CARVALHO et al., 2019). Já o cobalto é essencial para a fixação do N₂, pois participa na síntese de cobamida e da leghemoglobina nos nódulos (MASCHNER, 2012). O Mo e o Co podem ser absorvidos pelas raízes, considerados móveis no floema, contudo, quando aplicados via foliar, são tidos como parcialmente móvel, demonstrando a sua capacidade em cobertura.

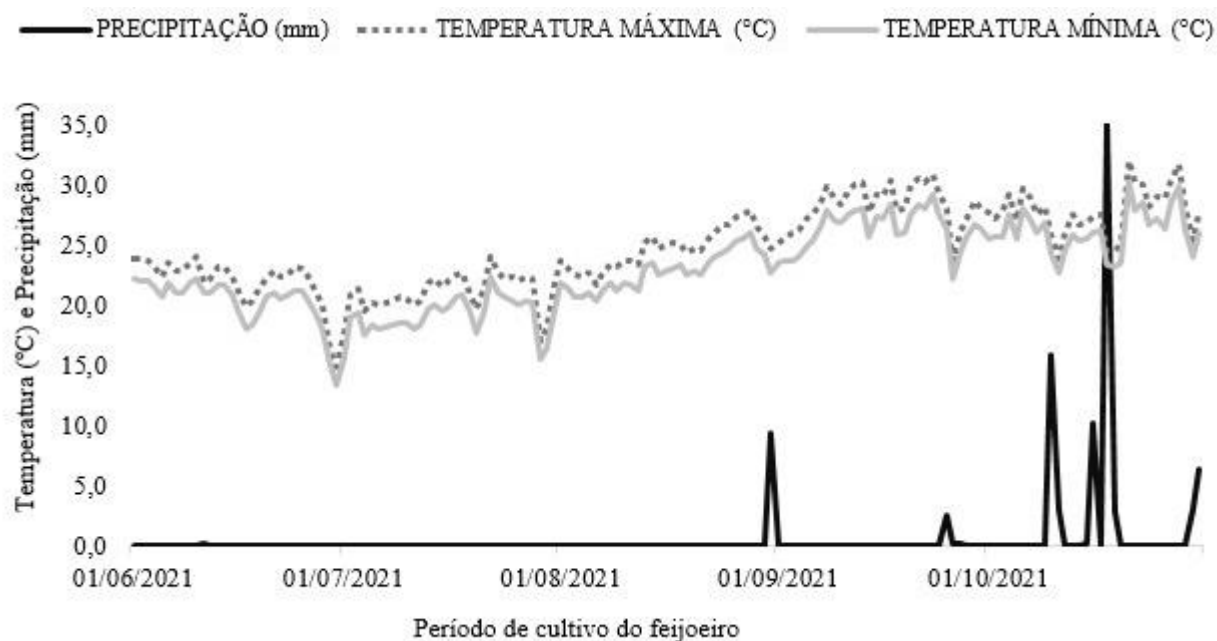
Vários fatores podem influenciar na disponibilidade de Mo e Co no solo, entre os quais pode-se destacar o pH, a taxa de biomassa orgânica, a textura, os óxidos de ferro e alumínio, o potencial redox e a interação com outros nutrientes (FERREIRA e CRUZ, 1991). De forma geral, os solos brasileiros apresentam baixos teores de Mo e Co, diferenciando em maior e menor grau entre suas regiões, sendo que em solos do Cerrado, são considerados mais pobres em nutrientes. Assim, o fornecimento destes nutrientes nas adubações é necessário, podendo ser feito em co-inoculação com rizóbio combinado com *A. brasiliense* quando utilizada a FBN (BARBOSA et al., 2020).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido sob condição de campo em junho na safra “inverno” de 2021, na área experimental da Agência Goiânia de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária – EMATER, situada no município de Anápolis-GO, cuja a localização geográfica: 16°20'12,13" Sul e 48°53'15.96", altitude média de 1058 m (GOOGLE EARTH, 2021). O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo AW tropical úmido, com estação seca no período outono inverno (maio-outubro) e chuvoso no período primavera-verão (novembro-abril) e a temperatura média anual é de 22°C, com precipitação média anual de 1677 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2021). Os dados climáticos que prevaleceram durante a condução do experimento em campo são mostrados na figura abaixo (Figura 1).

Figura 1 - Dados meteorológicos durante a condução do experimento na safra de inverno 2021. Anápolis/GO, INMET.



Amostra de solo classificado com Latossolo Vermelho Amarelo distroférico foi retirada na camada de 0-20cm e enviada para análise químico-físico, cujos resultados são apresentados na Tabela.

Tabela 1 – Características químicas e físicas do solo, coletado na camada de 0-20cm, na área da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER). Anápolis/GO, 2021.

Características Químicas		
Variáveis	Unidades	Resultados
Cálcio (Ca)	cmol/dm ³	1,4
Magnésio (Mg)	cmol/dm ³	0,55
Alumínio (Al)	cmol/dm ³	0,15
Acidez Potencial (H+ Al)	cmol/dm ³	2,35
Potássio (K)	cmol/dm ³	0,21
Potássio (K)	mg/dm ³	82,55
P (Melich)	mg/dm ³	4,15
Enxofre (S)	mg/dm ³	1,6
Zinco (Z)	mg/dm ³	6,25
Boro (B)	mg/dm ³	0,21
Cobre (Cu)	mg/dm ³	2,8
Ferro (Fe)	mg/dm ³	33,8
Manganês (Mn)	mg/dm ³	17,6
CTC pH 7,0	-	4,52
Saturação de bases (V%)	%	47,71
Matéria Orgânica (Mo)	g/dm ³	20,5
Carbono	g/dm ³	11,89
pH (CaCl ₂)	-	4,8
Características físicas		
Variáveis	Unidades	Resultados
Areia	g/kg	415
Silte	g/kg	105
Argila	g/kg	480

Fonte: próprio autor.

De acordo com os resultados da análise de solo, realizou-se a calagem usando calcário filler (PRNT 100%) na dose de 1,5 ton ha⁻¹ de calcário, objetivando assim atingir saturação por bases de 70%, aguardando dois meses para reação do corretivo no solo área a realização da semeadura.

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizado (DBC), com 7 tratamentos e quatro repetições, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Tratamentos aplicados no experimento.

Tratamentos	Denominação
TR1	Reinoculação de <i>R. tropici</i>
TR2	Reinoculação com co-inoculação de <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i>
TR3	Reinoculação de <i>R. tropici</i> + micronutrientes Mo/Co
TR4	Reinoculação com co-inoculação <i>R. tropici</i> + <i>A. brasilense</i> + micronutrientes Mo/Co
TR5	Inoculação via semente, sem reinoculação
TR6	Adubação mineral de N na base e cobertura
TR7	Testemunha, sem qualquer fonte de N

Fonte: próprio autor.

Para a reinoculação utilizou-se a dose de 150 mL por hectare, conforme recomendações do fabricante. O inoculante utilizado na inoculação e em reinoculação foi o BIOMAX premium líquido (inoculante para feijão), a base de *R. tropici* (SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088) com garantia de 2×10^9 ufc mL⁻¹. O inoculante a base de *A. brasilense* pertencente a marca Azotrop foi usado, na dose de 100 mL ha⁻¹. Os micronutrientes molibdênio e cobalto foi utilizado da marca Biocross com dose recomendada equivalente a 30 e 3 mL ha⁻¹, respectivamente. A fonte de adubo mineral nitrogenada, utilizada na base e em cobertura no TR6, foi ureia respectivamente as doses de 20 e 40 kg ha⁻¹ de N.

Destaca-se que todos os tratamentos que receberam reinoculação em cobertura, receberam anteriormente inoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co antes da semeadura, com os mesmos produtos e seus respectivas doses citadas acima, porém readequando as doses para tratamentos via semente.

As sementes utilizadas no experimento pertencem a cultivar de feijoeiro comum do grupo comercial carioca BRS Estilo, que possui arquitetura de planta ereta, crescimento indeterminado tipo II, ciclo médio de 92 dias, adaptada a colheita mecânica direta. Esta cultivar possui ainda elevado potencial produtivo e estabilidade de produção, com grãos claros e de excelência qualidade comercial. Em relação as doenças, a cultivar apresenta resistência ao *Bean common mosaic vírus*, *Colletotrichum lindemuthianum* e a *Uromyces appendiculatus* (EMBRAPA, 2009).

3.3. Implantação e condução

A área experimental foi constituída de parcelas de quatro linhas de 5 metros de comprimento cada, com espaçamento entre linhas de 0,5 metros, tomando como área útil as duas linhas centrais. Destas, utilizando 0,5 metros no início e final da linha para as análises de desenvolvimento e a parte central foi destinado para análises dos componentes do rendimento de grãos.

Após o período de reação do corretivo (dois meses) foi feito o preparo de solo de forma convencional, com aração e duas gradagens. Em seguida, realizou-se a adubação de base nos tratamentos, com emprego de 400 kg ha⁻¹ do adubo formulado 00-20-20. O tratamento TR6, com adubação mineral, recebeu o formulado 05-25-20 na base e em cobertura 60 kg ha⁻¹ de N no estágio R4, usando ureia como fonte. A densidade de semeadura foram 12 sementes por metro linear. Os tratamentos com adubação mineral de N na base e cobertura (TR6), enquanto o tratamento testemunha (TRT) somente com a adição na semeadura de 400 kg ha⁻¹ do adubo formulado 00-20-20, sem qualquer fonte de N. Os tratamentos foram inoculados e semeados imediatamente no solo.

A reinoculação foi realizada no estágio V4, com o auxílio do pulverizador costal de capacidade de 20 L, com bico tipo leque, com jato direcionado ao solo na base das plantas, realizada sempre no final da tarde, visando melhor eficiência da inoculação. Os inoculantes foram diluídos conforme recomendações do fabricante em solução aquosa para entregar um volume final de 150 L ha⁻¹.

Os tratos culturais empregados foram os comumente aplicados ao feijoeiro, através do monitoramento da cultura, utilizando o pulverizador tratorizado e produtos recomendados, os quais incluíram o controle de plantas daninhas, através da associação do método químico Flex® na dose de 0,06 L ha⁻¹ e Fusilade® na dose de 0,08 L ha⁻¹; para controle de percevejos foi utilizado Engeo pleno® na dose 0,01 L ha⁻¹ e para controle de mosca branca utilizou-se o inseticida Sperto® 0,01g ha⁻¹. Durante toda a condução do experimento realizou-se a irrigação por aspersão em dias alternados e sempre pelo período da manhã, visando atender as necessidades da cultura.

3.4. Características avaliadas

No estágio R6 foram coletadas cinco plantas na área útil da parcela, no início e final das linhas úteis, contendo o sistema radicular do feijoeiro, com auxílio de um enxadão, para avaliação das características de nodulação (número de nódulos e massa seca de nódulos) e morfofisiológicos das plantas (comprimento da raiz principal, massa seca de raiz, altura de planta, massa seca da parte aérea, área foliar e teor foliar de N na parte aérea).

Para a avaliação dos nódulos totais (NT), as raízes foram lavadas e posteriormente feitas a contagem do número de nódulos encontrados. Para a contagem dos nódulos foram considerados nódulos com 2mm ou mais de diâmetro e o resultado foi expresso em unidades por planta. Após a avaliação, os nódulos foram destacados, acondicionado em sacos de papel kraft e levados à estufa de circulação forçada de ar, por aproximadamente 48 horas a $\pm 65^{\circ}\text{C}$, com pesagem do material seco em balança de precisão (0,01 g), para determinação da massa seca de nódulos por planta (MSN). Com base nesses resultados obtidos foi calculada a razão entre a massa seca e o número de nódulos por planta, para obtenção da massa seca por nódulo em gramas (MOREIRA, 2017).

Com auxílio de uma régua graduada foi avaliado o comprimento da raiz principal (CR) medindo a distância compreendida entre o colo da planta e a extremidade final da raiz (coifa), e a altura da planta (AP) medindo a região do colo da planta até o ápice do caule principal, sendo os resultados expressos em cm. O índice de área foliar (IAF) foi obtido usando o medidor foliar com scanner CI-202. Para obter a massa seca, os órgãos das plantas foram separados em raiz (MSR) e parte aérea (MSPA), sendo as amostras colocadas em sacos de papel kraft, e levadas para estufa por aproximadamente 48 horas a $\pm 65^{\circ}\text{C}$ até atingir peso constante, e posteriormente quantificada em balança de precisão (0,01 g) a massa seca dos órgãos das plantas separadas, sendo os resultados expressos em gramas por planta (SILVA, 2009).

Após a secagem das folhas na estufa de circulação forçada de ar foi realizada a determinação do teor de nitrogênio (TN). As amostras foram pesadas aproximadamente 0,50g e homogeneizadas em 2,5 g de mistura catalítica (sulfato de potássio e sulfato de cobre) e 7,0 mL de ácido sulfúrico realizando a digestão em uma temperatura de 450°C , sendo mantido nessa temperatura por 4 a 5 horas, até o líquido ficar transparente. Posteriormente a este procedimento, com as amostras digeridas em temperatura ambiente, implementou ao destilador adaptado o tubo kjeldahl e foram adicionados uma solução de hidróxido de sódio a 50%, procedendo a destilação até chegar um volume de amostra final de 150 mL. Foi acoplado ao destilador um Erlenmeyer (receptor do destilado), com 20,0 mL de solução de ácido bórico a 4% e 5 gotas de indicador misto (0,132 g de vermelho metila e 0,06g de verde bromo cresol). Em seguida, a amostra foi titulada com solução de H_2SO_4 a $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, até o ponto de viragem detectado visualmente. Os resultados foram calculados pela equação 2, conforme citado por CARMO et al., 2000, e os valores foram expressos em gramas.

$$N = \frac{V * a * 0,0014}{m}$$

Em que:

N = Concentração de nitrogênio disponível em g;

V = Volume da solução de ácido sulfúrico 0,01 mol L⁻¹ gasto na titulação após concentração do branco (mL);

a = Fator de correção da solução de ácido sulfúrico 0,1 mol L⁻¹;

0,014 = Miliequivalente em grama de nitrogênio e;

m = Massa da amostra em gramas (g).

Na ocasião da colheita quando as plantas estavam apresentando queda das folhas e vagens com coloração amarelo palha (estádio R9) foi avaliado o estande final (EF), os componentes (número de vagens por planta - NVP, número de grãos por vagem – NGV e peso de cem grãos - PCG) e a produtividade de grãos (PROD). O estande final foi obtido computando-se o número final de planta colhida na área útil da parcela. Os dados dos componentes NVP, NGV e PCG foram obtidos pela contagem de 10 plantas coletadas na área útil de cada parcela e o REND foi obtido com a coleta do restante das plantas da área útil das linhas centrais. O NVP foi obtido com base na média do número de vagens por planta, e o resultado expresso em unidades por planta. O NGV foi obtido pela média do número de grãos obtidos no total de vagens colhidas e o resultado expresso em unidades por vagem. O PCG foi obtido utilizando amostras aleatórias de 100 grãos e o resultado expresso em gramas. O REND foi obtido pesando a massa dos grãos provenientes de todas as plantas coletadas na área útil, em balança de precisão de 0,01 g, e os resultados obtidos foram extrapolados para kg ha⁻¹ e o teor de água corrigido para 13%.

3.5. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (p≤0,05) e quando significativos foram submetidos ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística foi obtida utilizando o Software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises nodulares

Pelos resultados da análise de variância, pode-se notar que as variáveis NT e MSN foram influenciadas pelos tratamentos testados (Tabela 3). Nota-se, que nas avaliações o coeficiente de variação (C.V) apresenta inferior a 10% na variável MSN e entre 10 e 20% para a variável NT, e desta forma pode-se dizer que houve boa precisão experimental nas avaliações destas variáveis se comparados aos valores de coeficientes de variação (CV), estabelecidos por Pimentel-Gomes (1990) para avaliar precisão experimental: baixo quando inferior a 10%, médio entre 10 e 20%, alto entre 20 e 30% e muito alto com superior a 30%.

Tabela 3 – Resumo da Análise de Variância para os caracteres: nódulos totais (NT) e massa seca de nódulos (MSN). UEG, Anápolis-GO, 2022.

Causas de variação	G.L	Quadrado Médio	
		NT	MSN
Tratamento	6	153,7889*	98,9758**
Resíduo	21	6,8754	0,9313
Fcal	-	22,368	106,276
C.V (%)		18,2	8,7

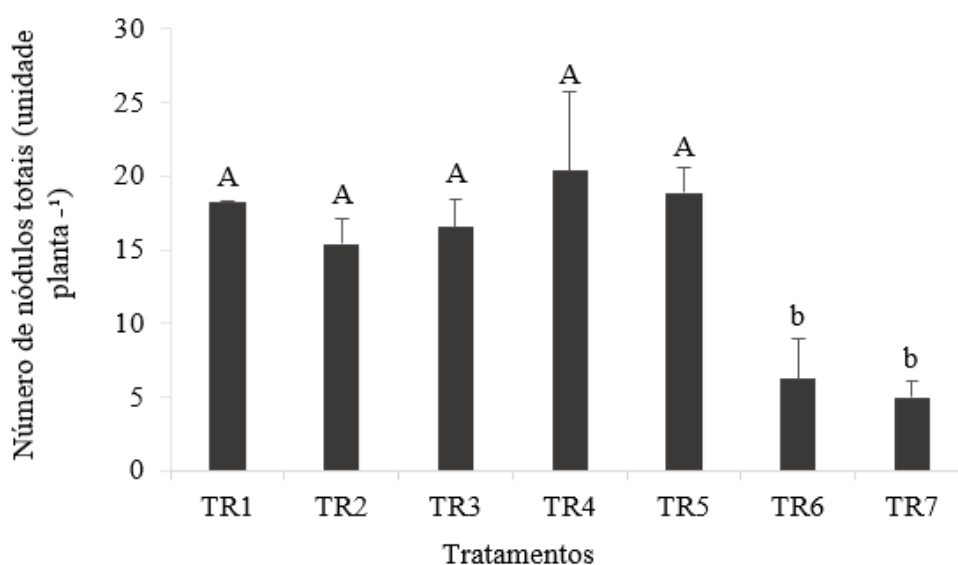
G.L. Grau de Liberdade; C.V. Coeficiente de variação; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; ** significativo a 1% pelo teste de F; ^{ns} não significativo.

A maior média de NT, com 2 mm ou mais de diâmetro, presentes no sistema radicular do feijoeiro foi encontrado no tratamento com reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co (TR4), com 20,4 un planta⁻¹, porém não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos que receberam inoculação na semente e reinoculação (Figura 2). Em contrapartida, o tratamento que recebeu adubação nitrogenada nas raízes (TR6) seguido do tratamento testemunha (TR7) apresentou os menores valores médios de nódulos por planta, com valores médios respectivos de 6,3 e 5,0 unidade planta⁻¹.

O maior número de nódulos produzidos pelas plantas de feijão no tratamento que envolveu a reinoculação com estipes de *R. tropici*, *A. brasilense* e Mo/Co em relação aos demais tratamentos reinnoculados e o tratamentos com inoculação via semente, pode ser atribuído ao fato do processo de nodulação ser um evento complexo e distinto segundo Hungria e Ruschel (1987), visto que a eficiência não é determinada pela variedade da planta e nem pela estirpe de rizóbios, mas sim, pelas interações entre os simbioss.

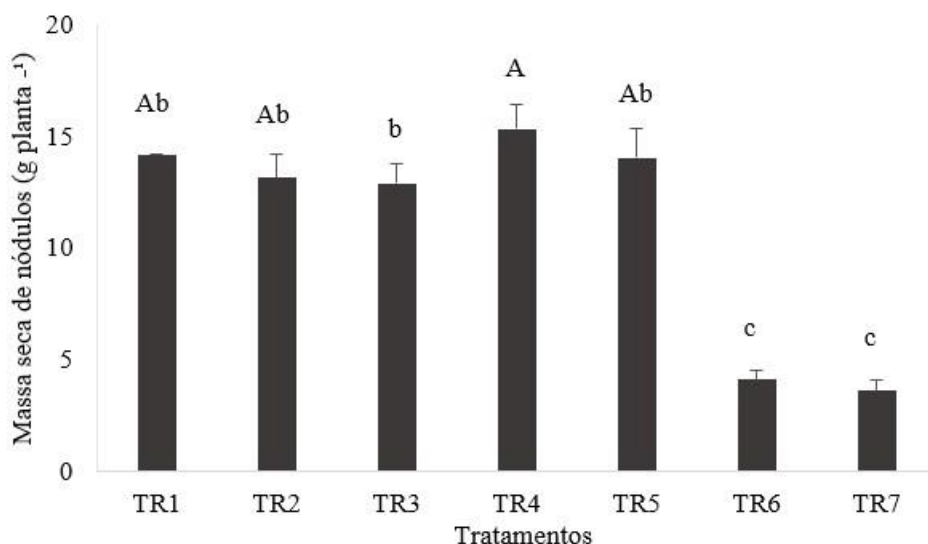
A diminuição do número e atividade dos nódulos no sistema radicular do feijoeiro no tratamento com adubo mineral nitrogenado está relacionada ao fornecimento de N_2 prontamente assimilável para a população bacteriana, inibindo assim o processo de fixação N_2 do ar atmosférico. Estes resultados são condizentes aos obtidos por Tristão et al. (2019), ao observarem que a adubação nitrogenada diminui o número de atividade de nódulos nas raízes de feijão. Destaca-se ainda, que a população de bactérias fixadoras nativas encontradas no solo não foi eficiente em promover a nodulação do feijoeiro, em razão de ter apresentado o menor número de nódulos por planta, demonstrando assim a importância dos processos de inoculação e reinoculação em cobertura para atender a exigência do feijoeiro no tocante a necessidade de nitrogênio.

Figura 2 - Valores médios de nódulos totais (NT), em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 - Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 - Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 - Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 - Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 - Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 - Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



O tratamento TR4 proporcionou a obtenção de maior média da MSN (15,35 g planta⁻¹) seguido dos demais tratamentos em que foi empregada a reinoculação, a exceção do tratamento TR3 que diferenciou dos demais. Os menores valores médios para MSN foram detectados nos tratamentos TR6 com adubação nitrogenada e no TR7 testemunha, sem qualquer fonte de inoculação e adubo nitrogenado (Figura 3).

Figura 3 - Valores médios de massa seca de nódulos (MSN) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 - Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 - Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 - Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 - Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 - Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 - Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Os resultados referentes ao NN e MSN são concordantes quanto aos efeitos dos tratamentos testados, com destaque para o tratamento T4 em que foi empregado a associação *R. tropici*, *A. brasilense* e os micronutrientes Mo/Co. A adição do *A. brasilense* promove aumento do crescimento de raiz, enquanto o Mo/Co melhora o metabolismo do N e a atividade da população bacteriana (MARSCHNER, 2012), e em consequência gera melhoria da eficiência da população de estirpe de *R. tropici* na FBN do feijoeiro. Em trabalho realizado por Leite et al. (2009) foi verificado efeito positivo do Mo sobre a fixação de N₂, visto que houve mais N acumulado por massa de raiz e de nódulos, ou seja, maior eficiência radicular e nodular na absorção de N, corroborando em parte com os resultados obtidos no presente trabalho. Semelhantemente, em estudo conduzido por Viçosi e Pelá (2020), notou-se que o incremento na dose de adubo mineral nitrogenado proporcionou redução na FBN, corroborando assim com o aumento da concentração de N mineral na solução solo desfavorecendo assim a simbiose entre planta e os rizóbios. A concentração do N na solução do solo é devido ao acúmulo a nível radicular do nitrito e nitrato que são capazes de reduzir a disponibilidade do bacterioide.

4.2. Análises morfológicas

As variáveis comprimento da raiz principal (CR), massa seca da raiz (MSR), altura de planta (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), índice de área foliar (IAF) e teor de nitrogênio foram influenciadas pelos tratamentos estudados de acordo com o resultado da análise de variância (Tabela 4). Pode-se verificar ainda, que em geral houve boa precisão experimental na obtenção dos dados conforme os valores de C.V obtidos, que variaram de 11,5 a 23,5%, se comparados aos valores citados por Pimentel-Gomes (1990) para avaliar precisão experimental: baixo quando inferior a 10%, médio entre 10 e 20%, alto entre 20 e 30% e muito alto com superior a 30%.

Tabela 4 – Resumo da Análise de Variância para os caracteres: comprimento da raiz principal (CR), massa seca da raiz (MSR), altura de planta (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), índice de área foliar (IAF) e teor de nitrogênio (TN). UEG, Anápolis-GO, 2022.

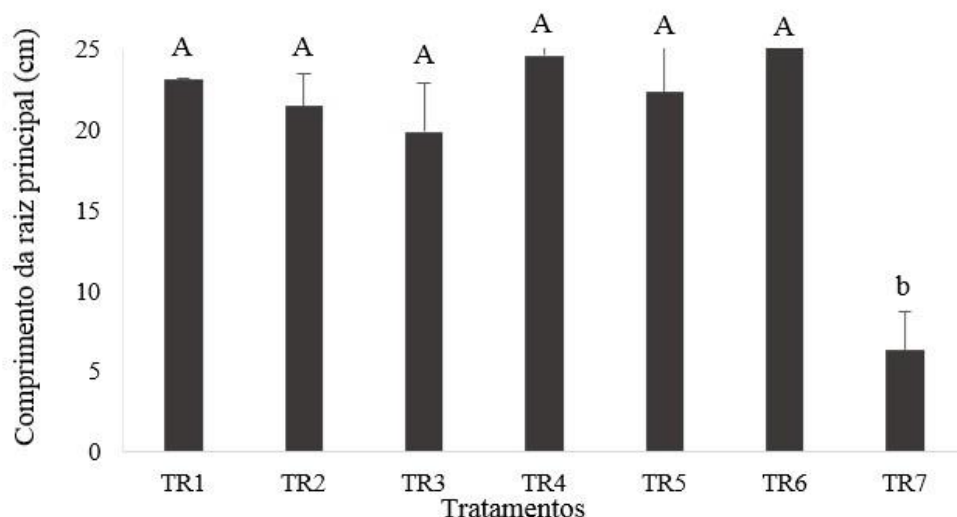
Causas de variação	G.L	Quadrado Médio					
		CR	AP	IAF	MSR	MSPA	TN
Tratamentos	6	172,4155**	653,6445**	1,5553*	59,4205*	366028,09*	672,4561*
Resíduo	21	9,5394	61,1747	0,1427	4,6369	2118,1121	31,9414
Fcal	-	18,074	10,685	10,987	12,815	17,283	21,053
C.V (%)		15,0	17,6	23,5	21,9	18,9	11,5

G.L. Graus de Liberdade; C.V. Coeficiente de variação; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; ** significativo a 1% pelo teste de F; ^{ns} Não significativo.

O maior valor médio obtido para CR (25,8 cm) foi verificado no tratamento com adubação mineral (TR6), seguido do tratamento reinoculado com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co (TR4) que apresentou CR de 24,6 cm. Os tratamentos em que foram realizados a reinoculação com *R. tropici* (TR1), reinoculado com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense* (TR2), reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co (TR3) e inoculação via semente (TR5) obtiveram médias de CR de 23,2; 21,5; 19,3 e 22,4 cm respectivamente (Figura 4). Por outro lado, o tratamento testemunha (TR7) apresentou a menor média para o CR - 6,33 cm (Figura 4).

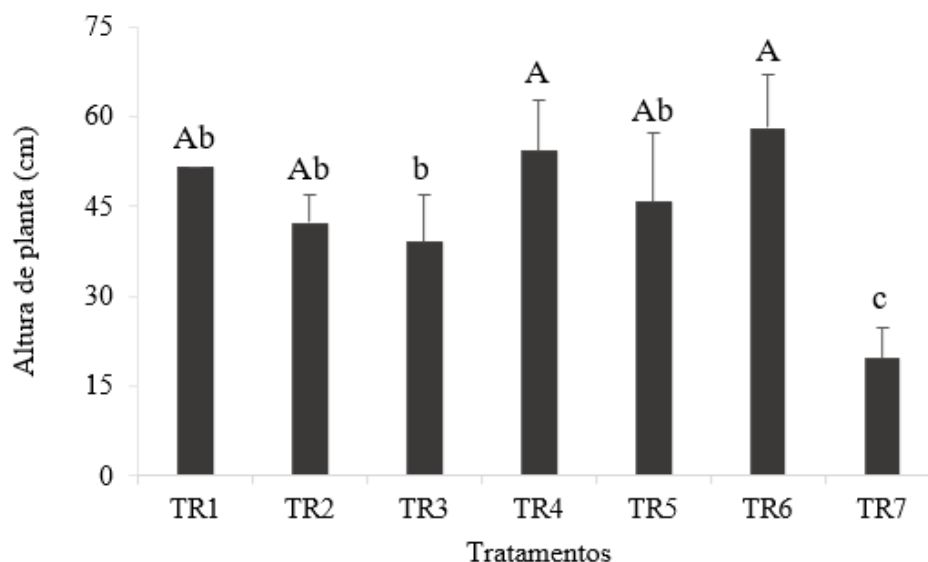
A disponibilização de N prontamente assimilável pelas plantas pelo uso do adubo mineral nitrogenado, desde a fase de emergência pode ser apontado como responsável pelo maior crescimento de raízes das plantas de feijão apresentado no tratamento TR6. Contudo, os tratamentos que receberam inoculação via semente e reinoculação em cobertura, com associação *R. tropici* e *A. brasilense* apresentaram valores de comprimento de raízes muito próximos as plantas que receberam adubação mineral, confirmando assim a ação efetiva do *A. brasilense* em promover crescimento de raiz associado a aumento da atividade fixadoras de N das bactérias rizobiontes de *R. tropici*, conforme apontado por Portes et al. (2012).

Figura 4 - Valores médios do comprimento da raiz principal (CR) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 – Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



A comparação das médias da variável AP demonstrou que o tratamento com adubação mineral nitrogenada (TR6) proporcionou a maior média (58,1 cm), seguido dos tratamentos com reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co (TR4), com média de 54,3 cm; reinoculação de *R. tropici* (TR1), com média de 51,9 cm; inoculação via semente, sem reinoculação (TR5), com média de 45,9 cm; e reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasiliense* (TR2), com 42,3 cm. Os tratamentos que apresentaram as menores médias para AP foram a testemunha, sem qualquer fonte de N (TR7) e a reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co (TR3), com 19,7 e 39,1 cm respectivamente, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 5).

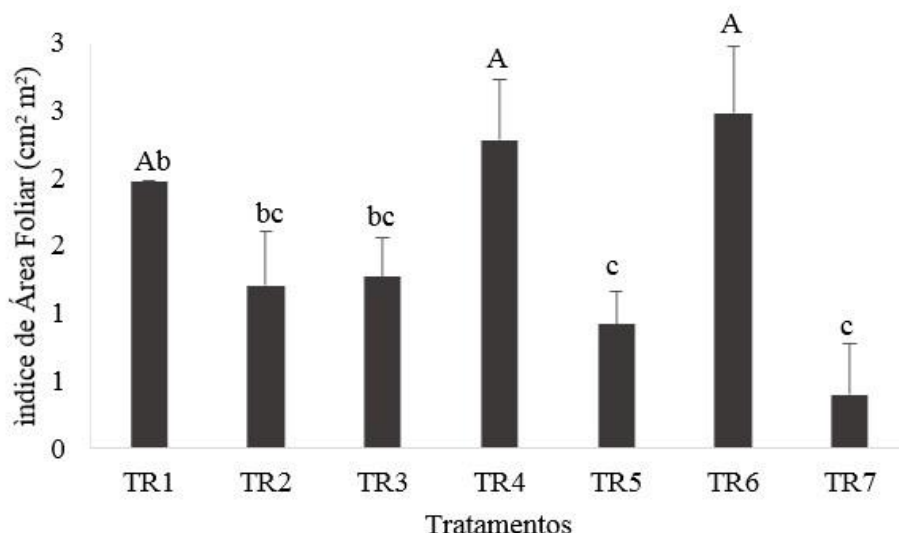
Figura 5 - Valores médios de altura de planta (AP) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 – Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



A menor AP de feijão foi verificada na testemunha (TR7) dentre todos os tratamentos testados, provavelmente pela omissão no fornecimento de nitrogênio no referido tratamento, pois o mesmo apresenta correlação positiva com as taxas fotossintéticas, com conseqüente influencia no desenvolvimento das plantas. Em pesquisa realizada por Schossler et al. (2016) foi observada diferenças significativas para altura de planta de feijão, de modo que os tratamentos com inoculação utilizando apenas *R. tropici* e a coinoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* apresentaram maior altura em comparação a testemunha. No trabalho de Barbosa et al. (2020), observaram também que a testemunha apresentou menor altura devido ter sido disponibilizado menor quantidade de nitrogênio para as plantas de feijão, por perdas de nitrogênio por volatilização e, ou lixiviação.

Os valores médios do IAF apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, sendo os tratamentos com adubação mineral de N na base e cobertura (TR6) e reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co (TR4), apresentaram melhores médias com 2,5 e 2,3 cm² m² respectivamente, seguido do tratamento reinoculação com *R. tropici* (TR1), que diferiram estatisticamente dos demais tratamentos. Os tratamentos com os menores valores médios foram com inoculação via semente, sem reinoculação (TR5) - 0,91 cm² m² e testemunha, sem qualquer fonte de N (TR7) (0,40 cm² m²), demonstrando em ambos os tratamentos que somente a inoculação de *R. tropici* via semente e a população de bactérias fixadoras nativas foram incapazes de promover acréscimo da área foliar, provavelmente devido a reduzida quantidade de N fornecida as plantas.

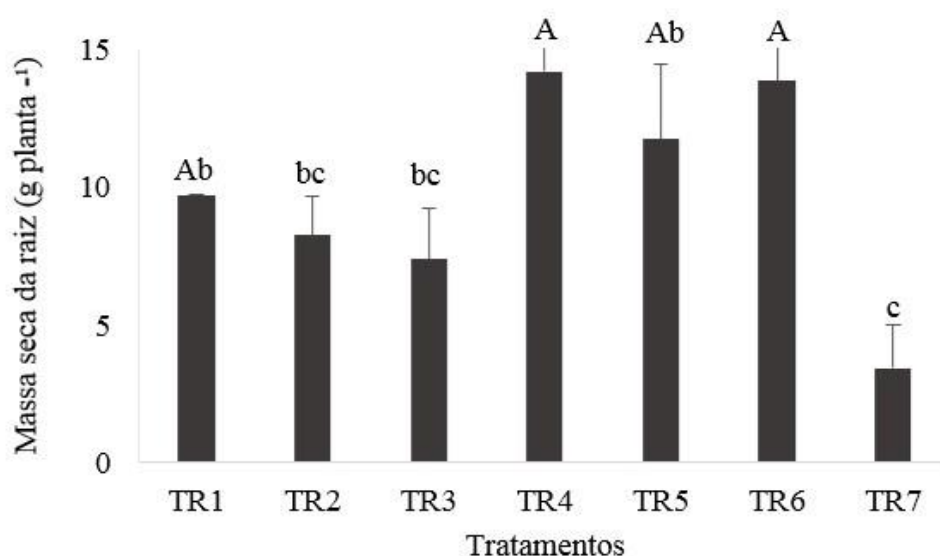
Figura 6 - Valores médios do índice de área foliar (IAF) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 – Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 - Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Os maiores valores médios da MSR foram verificados nos tratamentos envolvendo a reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co (TR4), adubação mineral de N (TR6), inoculação via semente, sem reinoculação (TR5) e reinoculação de *R. tropici* (TR1), apresentando valores médios respectivos de 14,2; 13,9; 11,7 e 9,7 g planta⁻¹, diferindo dos demais tratamentos inoculados, reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense* (TR2) e reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co (TR3) que apresentaram valores médios para MSR de 8,2 e 7,4 g planta⁻¹ (Figura 7). O tratamento testemunha (TR7) apresentou o menor valor médio para MSR (3,4 g planta⁻¹), confirmando que a falta de adubação nitrogenada e/ou inoculação via semente/reinoculação em cobertura com *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co prejudicou o desenvolvimento do sistema radicular do feijoeiro.

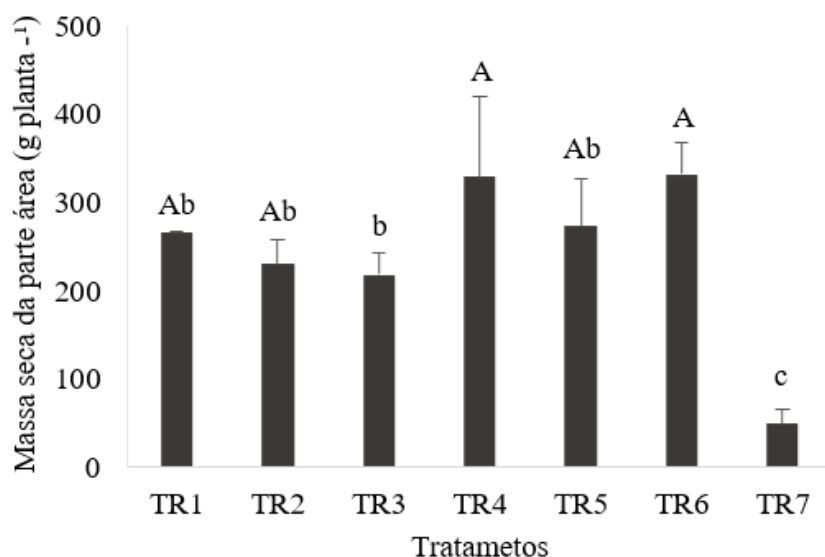
Oliveira et al. (2017), observaram que a massa seca da raiz e as doses de molibdênio promoveram um aumento da massa das raízes de feijão no tratamento sem inoculação, e um decréscimo quando inoculado. Estes resultados são contrários aos obtidos na presente pesquisa, diferença que pode ser atribuída ao fato no referido estudo ter sido investigado doses crescentes de Mo, e nas maiores doses (150 g ha⁻¹), sobretudo, ter prejudicado a ação das bactérias rizobianas inoculadas. Destaca-se ainda, que a associação *A. brasilense* com os micronutrientes Mo/Co em co-inoculação com *R. tropici*, podem ter contribuído para maior eficiência da fixação simbiótica de N, reduzindo a necessidade da planta em investir na produção de raízes para aumentar a eficiência de absorção do N do solo.

Figura 7 - Valores médios de massa seca da raiz (MSR) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 – Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Os maiores valores médios da MSPA foram verificados nos tratamentos com adubação mineral de N na base e cobertura (TR6) e reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co (TR4), com 332,2 e 328,8 g planta⁻¹, não diferindo estatisticamente dos tratamentos inoculação via semente, sem reinoculação (TR5), reinoculação de *R. tropici* (TR1) e reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense* (TR2), cujos valores médios respectivos da MSPA foram de 273,3; 266,7 e 230,4 g planta⁻¹. O tratamento com reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co (TR3) apresentou valor médio 217,89 g planta⁻¹. O tratamento testemunha, sem qualquer fonte de N apresentou a menor média em relação aos outros tratamentos para a variável analisada, com 49,8 g planta⁻¹ (Figura 8). Os resultados obtidos para a MSPA e a AP apresentaram comportamento semelhante em termos de significâncias dos tratamentos testados, demonstraram a existência de forte relação entre estas variáveis.

Figura 8 - Valores médios de massa seca da parte aérea (MSPA) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 – Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

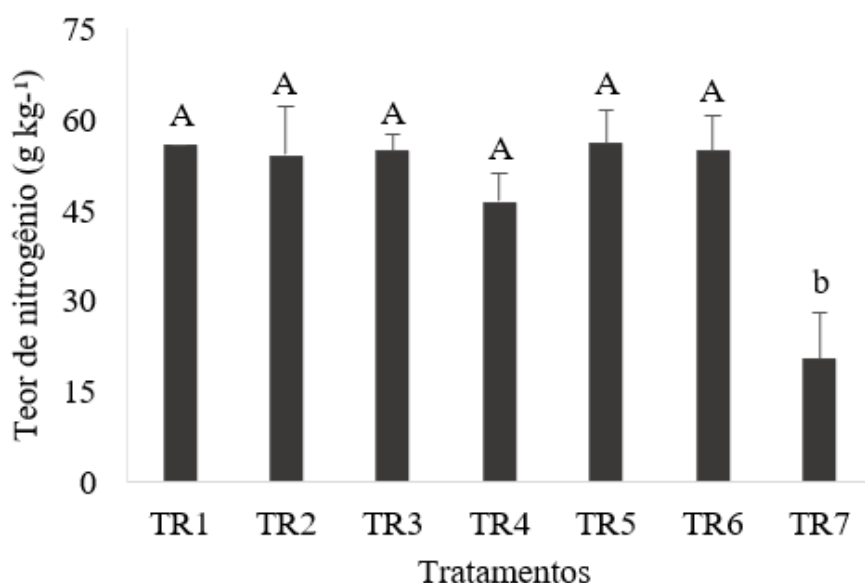


Dentre os tratamentos estudados pode-se averiguar que os valores médios do TN apresentaram diferença significativa somente em relação ao tratamento testemunha, sem qualquer fonte de N (TR7), cujo teor foliar de N foi de 21 g kg⁻¹, diferindo dos tratamentos inoculados via semente e reinoculados em cobertura e com adubação mineral nitrogenada, que apresentando valores médios de TN entre 45 a 55 g kg⁻¹. Estes resultados são concordantes aos verificados em pesquisa realizada por Carneiro et al. (2018), que estudaram a produtividade do feijão carioca inoculado com estirpes de *Rhizobium* spp., e verificaram menor acúmulo de nitrogênio no tratamento testemunha. Destaca-se que foi a testemunha o único tratamento que apresentou sintomas de clorose generalizada na folhagem de feijão levando a detecção de deficiência, devido a menor quantidade de N disponibilizado as plantas (21 g kg⁻¹), e confirmado por informações de literatura (AMBROSANO et al., 1997), cujo valor encontrado está aquém da faixa de teor adequado de N presente na folha de feijão no florescimento, entre 30 a 50 g kg⁻¹. Por outro lado, os valores dos teores foliares de N entre 45 a 55 g kg⁻¹ detectados nos tratamentos inoculados via semente e reinoculados em cobertura e com adubação mineral nitrogenada enquadram-se entre os valores citados na literatura.

A aplicação de fertilizantes nitrogenados, assimiláveis com maior rapidez pela planta, pode esclarecer os resultados obtidos nos tratamentos com adubação mineral, mas os tratamentos com inoculação via semente e reinoculados em cobertura apresentaram teores foliares de N próximos, a exceção do tratamento reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co (TR4), o que pode ser justificado pelo “fator diluição” do N na planta segundo Malavolta et al. (1989), visto que este em geral se destacou dos demais em relação ao acréscimos do processo de nodulação e das características morfológicas analisadas.

O N está diretamente ligado ao aumento da biomassa vegetal, desta forma, uma FBN eficiente disponibiliza mais N para as plantas aumenta a biomassa vegetal (Leite et al., 2009). Em estudo conduzido por Fernandes et al. (2003) foi constatado que o teor de N acumulado pelas plantas inoculadas é superior as plantas não inoculadas devido a FBN. Tais resultados foram confirmados na presente pesquisa. Destaca-se ainda, que teor N ou índice de utilização de nitrogênio é diretamente proporcional à biomassa da parte aérea e ao teor de nitrogênio na planta (VIEIRA et al., 2010), e desta forma, pode-se considerar que o maior acúmulo de N nas folhas do feijoeiro está associado as taxas elevadas da atividade da enzima nitrogenase, justificando assim a maior eficiência da FBN, equivalente aos tratamentos com adubação mineral nitrogenada, corroborando aos relatos de Leite al. (2009) sobre o tema.

Figura 9 - Valores médios do teor foliar de nitrogênio (TN) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 – Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



4.3. Análises agronômicas

As variáveis agronômicas avaliadas na colheita do feijoeiro foram influenciadas pelos tratamentos de acordo com resultado da análise de variância (Tabela 5). Os valores de CVs das variáveis EF, NVP, NGV, PCS e PROD foram respectivamente de 11,0; 23,1; 9,2; 12,9 e 21,4%, portanto pode-se verificar boa precisão experimental na obtenção dos dados, quando comparado aos limites máximos aceitáveis dos CVs estabelecidos por Oliveira et al. (2009): estande final (15,3%), vagem por planta (26,3%), grãos por vagem (18,3%), peso de 100 grãos (11,3%), produtividade de grãos (24,8%).

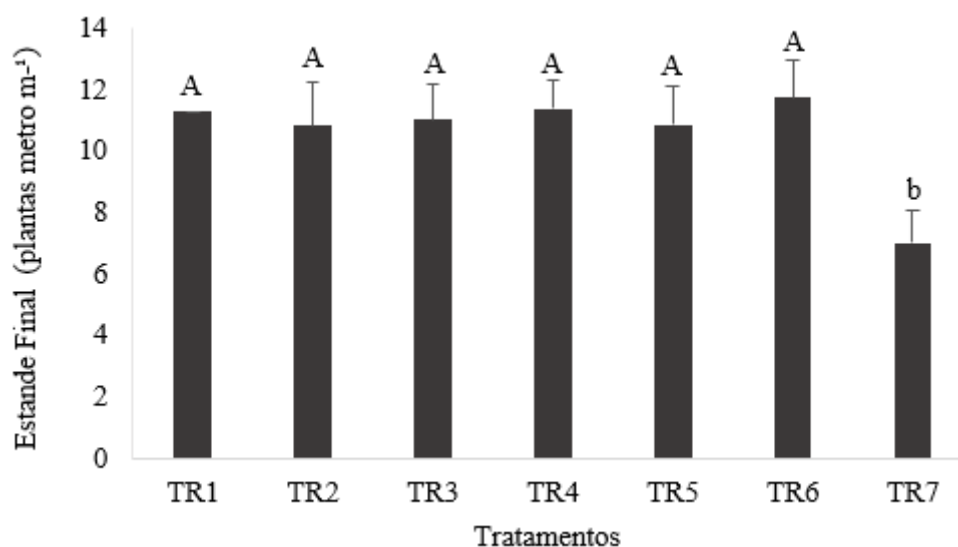
Tabela 5 – Resumo da Análise de Variância para os caracteres: estande final (EF), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), peso de cem grãos (PCG) e produtividade de grãos (PROD). UEG, Anápolis-GO, 2022.

Causas de variação	G.L	Quadrado Médio				
		EF	NVP	NGV	PCS	PROD
Tratamento	6	10,2489	68,4061**	1,189*	55,3086*	2703790,621**
Resíduo	21	1,3622	11,7329	0,2057	9,2154	191719,6079
Fcal	-	7,523	5,83	5,78	6,002	14,103
C.V (%)	-	11,0	23,1	9,2	12,9	21,4

G.L. Graus de Liberdade; C.V. Coeficiente de variação; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; ** significativo a 1% pelo teste de F; ^{ns} Não significativo.

Os valores médios do EF diferiram estatisticamente entre os tratamentos, sendo que a testemunha, sem qualquer fonte de N (TR7) apresentou o valor médio de 7,0 plantas por metro linear, enquanto nos demais tratamentos testados, incluindo inoculação de sementes e reinoculação em cobertura de *R. tropici* + *A. brasilense* e os micronutrientes Mo/Co, o EF variou de 10 a 12 plantas por metro linear, demonstrando que houve um comprometimento no EF no tratamento testemunha (Figura 10), possivelmente com reflexo direto nos componentes e no rendimento de grãos de feijão, visto que o EF desejável para uma boa produção da Fabaceae em questão gira em torno de 12 plantas por metro linear (ARAÚJO, 1998).

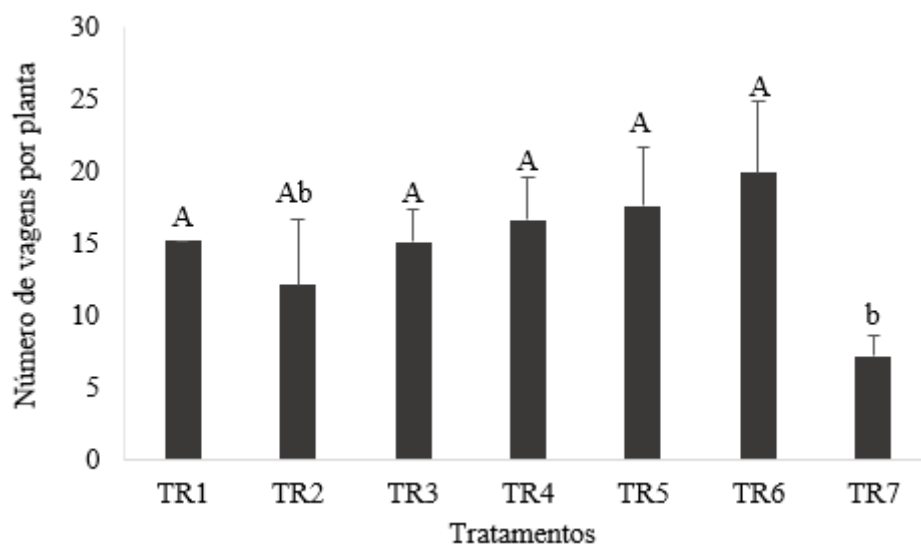
Figura 10 - Valores médios de estande final (EF) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 - Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 - Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 - Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 - Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 - Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 - Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Quanto ao componente NVP (Figura 11), observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos, em que a adubação mineral (TR6) apresentou o maior valor médio (19,9 und. planta⁻¹), seguido dos tratamentos que receberam inoculação via semente e reinoculação em cobertura, não diferindo estatisticamente entre si. Em contrapartida, a menor média do NVP foi verificada no tratamento testemunha, sem qualquer fonte de N com 7,2 und. planta⁻¹, confirmando que a restrição de N as plantas acabaram comprometendo o componente NVP de feijão. Em pesquisa realizada por Fonseca et al. (2013) foi averiguado que o NVP é dependente da estirpe de *Rhizobium tropici* utilizada, pois estas estirpes apresentam diferentes especificidade ao hospedeiro e por isso podem demonstrar comportamento diferencial e valores distintos se fixação e acmulo de nitrogênio nas plantas, conforme encontrado nesta pesquisa.

A eficiência da inoculação com *R. tropici* associado a *A. brasilense* é atribuído as alterações fisiológicas causadas nas plantas devido a liberação dos hormônios como as auxinas e as citocininas que aumentam o crescimento radicular e com isso a planta tende a absorver água e nutrientes (Zafar et al., 2012), a exemplo dos micronutrientes Mo e Co.

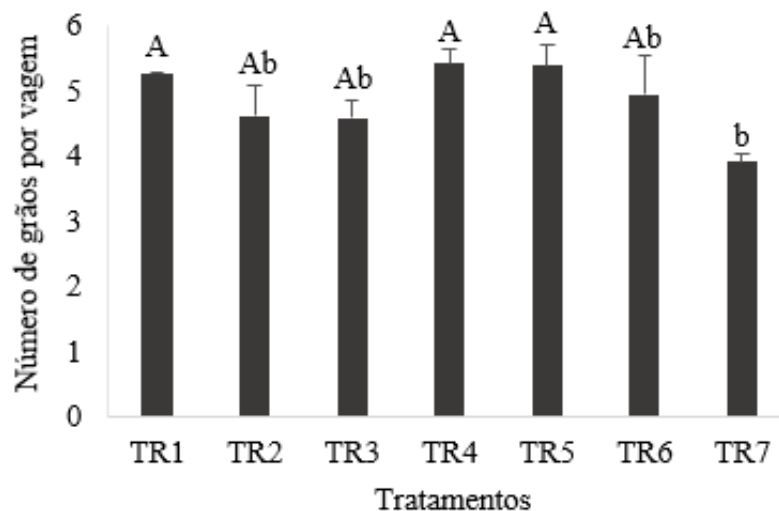
Figura 11 - Valores médios do número de vagens por planta (NVP) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 – Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Os valores de NGV apresentaram comportamento semelhante ao NVP, com os tratamentos envolvendo inoculação via semente e reinoculação em cobertura diferindo estatisticamente somente da testemunha (Figura 12), que apresentou a menor média (3,9), sem qualquer fonte de N. Destaca-se os resultados dos tratamentos reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co (TR4) e inoculação via semente, sem reinoculação (TR5) com 5,4 vagens planta⁻¹ e o tratamento com reinoculação de *R. tropici* (TR1) com 5,3 vagens planta⁻¹, seguido dos tratamentos com adubação mineral de N na base e cobertura (TR6), reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense* (TR2) e o tratamento reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co (TR3) não diferiram estatisticamente entre si, e apresentando médias de 5,0; 4,6 e 4,6 vagens por planta respectivamente.

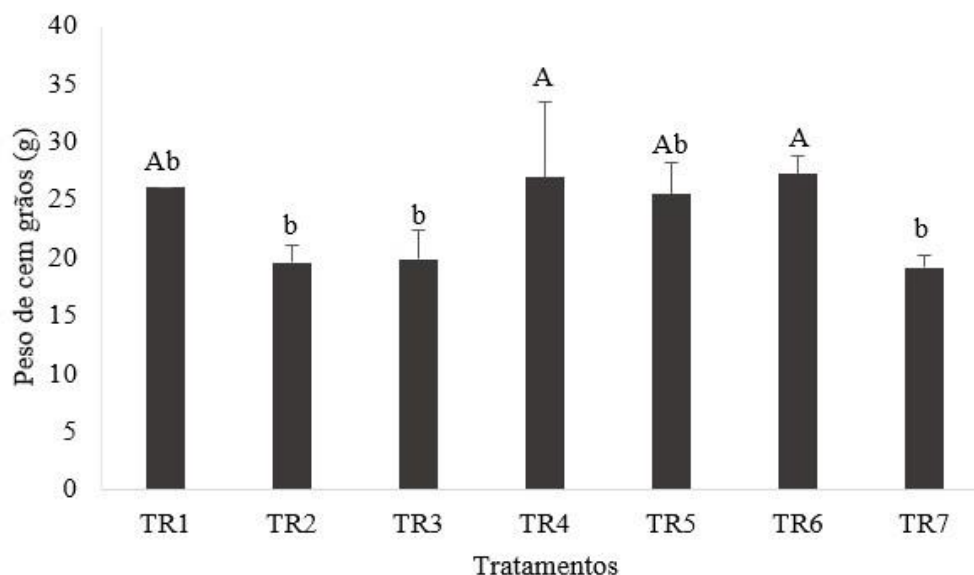
Em pesquisa realizada por Oliveira et al. (2017), constatou-se que o NGV não diferiu em função da inoculação e das doses de Mo aplicadas via foliar, justificando a falta de resposta alta herdabilidade genética, contudo, estes resultados são divergentes deste estudo, o que pode ser atribuído a diferenças nas condições de manejo aplicados a cultura como também a material genético usado.

Figura 12 - Valores médios número de vagem por grãos (NVG) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 – Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Os valores médios do PCG diferiram significativamente entre os tratamentos. Os tratamentos que apresentaram maiores médias foram adubação mineral de N na base e cobertura (TR6) e reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co (TR4) apresentando médias respectivas de 27,2 e 26,9 g, seguido dos tratamentos reinoculação de *R. tropici* (TR1) e inoculação via semente, sem reinoculação (TR5). Contrariamente, os menores valores médios do PCG foram notados nos tratamentos com reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co (TR3) com 19,9 g, reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense* (TR2) com 19,6 g e o tratamento testemunha, sem qualquer fonte de N (TR7) 19,2 g (Figura 13). Apesar do PCG ser uma variável influenciada predominantemente pela genética da planta, houve influencia dos tratamentos sobre a mesma, a exemplo do NGV, devido aos mesmos fatores citados acima.

Figura 13 - Valores médios do peso de cem grãos (PCG) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 – Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 – Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 – Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 – Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 – Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 – Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

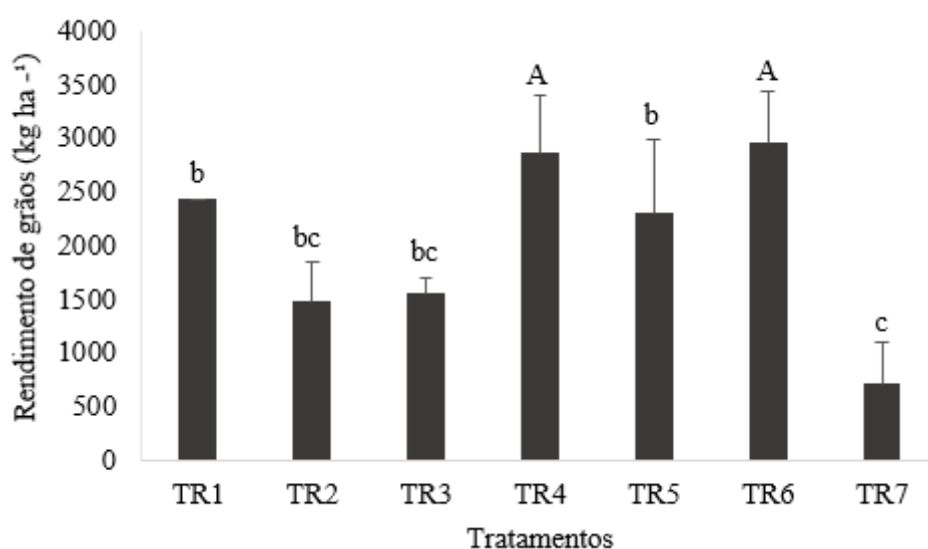


Os valores médios de produtividade diferiram estatisticamente entre os tratamentos testados, com destaque para a adubação mineral de N na base e cobertura (TR6) e da reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co (TR4), com médias de produtividade de grãos respectivamente de 2.952 e 2.865 kg ha⁻¹, diferindo estatisticamente dos tratamentos com reinoculação de *R. tropici* (TR1) e inoculação via semente, sem reinoculação (TR5), cujas médias respectivas de produtividade foram 2.426 e 2.298 kg ha⁻¹, além dos tratamentos reinoculação com *R. tropici* + micronutrientes (TR3) e reinoculado com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense* (TR2) com 1.555 e 1.477 kg ha⁻¹, e do tratamento testemunha, sem qualquer fonte de N (TR7) com apenas 707 kg ha⁻¹ de grãos (Figura 14).

Quando se compara a produtividade média de grãos obtida da cultura do feijão no Brasil na última safra (2020/2021), 990 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022), à produtividade verificada neste estudo, especificamente no tratamento com inoculação e reinoculação em cobertura com *R. tropici* + *A. brasilense* e os micronutrientes Mo/Co, cujo média foi de 2.865 kg ha⁻¹, verifica-se que este valor é quase três vezes a média nacional, e apenas 3% inferior a média obtida no tratamento com adubação mineral nitrogenada, confirmando a capacidade do inoculante *R. tropici* em associação com a aplicação do *A. brasilense* mais o micronutrientes Mo/Co em atender a demanda de N pela cultura de feijão. Além disso, estes resultados confirmam que somente a inoculação de sementes não é suficiente para suprir a demanda do feijoeiro por nitrogênio, havendo a necessidade do

procedimento de reinoculação em cobertura no estágio R4, como também a incapacidade das bactérias fixadoras nativas do solo em fornecer o N necessário a cultura em questão.

Figura 14 - Valores médios da produtividade de grãos (PROD) em função dos tratamentos: TR1 - Reinoculação de *R. tropici*; TR2 - Reinoculação com co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense*; TR3 - Reinoculação de *R. tropici* + micronutrientes Mo/Co; TR4 - Reinoculação com co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + micronutrientes Mo/Co; TR5 - Inoculação via semente, sem reinoculação; TR6 - Adubação mineral de N na base e cobertura; TR7 - Testemunha, sem qualquer fonte de N. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Recentemente alguns resultados de pesquisa são unânimes em afirmar que o procedimento de reinoculação com *R. tropici* na cultura do feijoeiro, realizado próximo ao florescimento, promover o revigoramento da atividade fixadora da população de bactérias inoculadas por ocasião da semeadura (TRISTÃO et al., 2019; SOUZA et al., 2021; TEIXEIRA et al., 2022). Neste estudo, pode-se notar que nas análises morfológicas e agrônômicas obtiveram resultados semelhantes, mas com a inclusão de outros produtos na aplicação como o *A. brasilense* em associação com os micronutrientes Mo/Co, e que garantiu a obtenção de elevados patamares de produtividade, equivalente ao uso de fonte mineral nitrogenada.

Assim, fica evidenciado que a inoculação de *R. tropici* por meio à FBN em associação com *A. brasilense* mais os micronutrientes, adicionados nas sementes e posteriormente em cobertura pode suplementar ou até mesmo substituir a adubação nitrogenada na cultura do feijão, permitindo reduzir doses de adubos nitrogenados sem ocasionar redução no rendimento de grãos, diminuindo custo e amenizando problemas ambientais.

5. CONCLUSÃO

- O processo de nodulação e as características morfofisiológicas do feijoeiro são melhorados pelo uso de inoculante em combinação com *A. brasilense* mais os micronutrientes Mo/Co em relação à adubação mineral nitrogenada.
- A utilização de adubo mineral nitrogenado é capaz de aumentar o teor de nitrogênio da parte área, porem reduz o número de nódulos e a eficiência da utilização do nitrogênio.
- O emprego da mistura inoculante + *A. brasilense* + os micronutrientes Mo/Co aplicado na semente e reinoculado em cobertura no estágio R4, propicia a obtenção de produtividade de feijão de até 2.865 kg ha⁻¹.
- A inoculação de sementes com *R. tropici* em cobertura, associada a co-inoculação com *A. brasilense* + Mo/Co pode substituir totalmente a adubação mineral nitrogenada no feijoeiro.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. 27p
- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. & CANTARELA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1997. p. 189-193. (Boletim técnico, 100).
- ANDRAUS, M.P.; CARDOSO, A.A.; FERREIRA, E.P.B. Differences in nodulation and grain yield on common bean cultivars with different growth cycles. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 47, p. 1148-1161, 2016.
- ARAÚJO, G.A.A. VIEIRA, C.; PAULO JR. T.J.; BORÉM, A. Preparo do solo e plantio. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais da cultura no estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, Cap. 5, p. 99-122, 1998.
- ARAÚJO, F.F.; CARMONA, F.G.; TRISTAN, 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 - Agronomia**, v. 29, p. 535-540, 2007.
- ARAUJO, F.F.; MUNHOZ, R.E.V; HUNGRIA, M. Início da nodulação em sete cultivares de feijoeiro inoculadas com duas estirpes de *Rhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, p. 435-443, 1996.
- ARAÚJO, S. C. **Fixação biológica do nitrogênio**: importância de dois micronutrientes. Associação Nacional dos produtores e importadores de inoculantes – ANPII. 2013. Disponível em: <<http://www.anpii.org.br/fixacao-biologica-do-nitrogenio-importancia-de-dois-micronutrientes/#:~:text=No%20caso%20do%20aporte%20de,ocorrem%20no%20interior%20dos%20n%C3%B3dulos>>. Acesso em 19 abr. 2022.
- AZEVEDO, J.A.; SILVA, E. M.; RODRIGUES, G. C.; GOMES, A. C. **Produtividade do feijão de inverno influenciada por irrigação, densidade de plantio e adubação em solo de Cerrado**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/571897/1/comtec145.pdf>>. Acesso em 15 dez. 2021.
- BARBOSA, C.K.R.; REIS, J.N.; BRIGANTE, G.P.; JUNIOR, K.S.F. Adubação nitrogenada, inoculação e co-inoculação na cultura do feijão-comum. **Caderno de Ciência Agrárias**, v. 12, p. 1-6, 2020.
- BARILI, L.D.; VALE, N.M.; ROCHA, F. ROZETTO, D.S.; COAN, M.M.D.; COIMBRA, J.L.M.; COELHO, C.M.M.; SOUZA, C.A. Componentes do rendimento em acessos de feijão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 2, p. 125-133, 2010.

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**. v. 23, n. 1. p. 76-83, 2001.

BRAGA, C. S.; **Caracterização morfoagronômica, fenologia e viabilidade polínica de genótipos de feijão**. 2020. 91p. Dissertação (Genética e melhoramento de plantas). Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado. Alta Floresta, Mato Grosso. 2020.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 13, de 24 de março de 2011. Aprova as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos micro-organismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil, na forma dos Anexos I, II e III, desta Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**, 25 mar. 2011. Seção 1, p. 3. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumosagricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-13-de-24-03-2011-inoculantes.pdf>. Acesso em: 28 set. 2020.

BRITO, L.F.; PACHECO, R.S.; SOUZA FILHO, B.F.; FERREIRA, E.P.B.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A.P. Response of common bean to rhizobium inoculation and supplemental mineral nitrogen in two brazilian biomes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 981-992, 2015.

BULEGON, L.G.; RAMPI, L.; KLEIN, J.; KESTRING, D.; GUIMARÃES, V.F.; BATTISTUS, A.G.; INAGAKI, A.M. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamérica**, v. 34, p. 169-170, 2016.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Goiás**. 2021. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/goias-879942/>>. Acesso em: 28 mai. 2020.

COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; CARVALHO, F.I.H.; AZEVEDO, R. Correlações canônicas: II – análise do rendimento de grão de feijão e seus componentes. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 31-35, 2000.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Informações agropecuária: safras**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

CARNEIRO, N.U.; SANTANA, M.K.; FÁVARO, L. H.S.; MARTINS, F.A.D. Produtividade do feijão carioca inoculado com estirpes de *Rhizobium* spp. Anais do II seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica, Uberaba. **Anais...** v. 2, n. 1, 2018.

CARVALHO, I.L.; XAVIER, F.M.; MENEGUZZO, M.R.R.; MARTINS, A.B.N.; MENEGHELLO, G.E.; VILLELA, F.A. Translocação de molibdênio em plântulas de feijoeiro. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 1, p. 95-105, 2019.

CARVALHO, R.H.; JESUS, E.C.; FILHO, B.R.F.; FONTANA, A.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A.P. Crescimento e produção do feijoeiro comum sob co-inoculação com *Rhizobium*, *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* em condições de campo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, [s/p], 2018.

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – ESALQ – USP. **Alta dos custos pressiona PIB do agronegócio no primeiro semestre recuo de 2048%**. Disponível em: <<https://cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em 10 out de 2022.

CUNHA, L. G. S. **Cenários e desafios da indústria de fertilizantes**. 2017. 63p. Monografia de graduação. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

DEMITO, A. **Efeitos da umidade e da temperatura de armazenamento sobre parâmetros de avaliação de propriedades tecnológicas e nutricionais de grãos de feijão carioca**. 2019. 70 p. Tese de doutorado (Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soluções tecnológicas: fixação biológica de nitrogênio em soja**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3780/fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-soja>. Acesso em: 23 abr. 2021.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Feijão - BRS Estilo**. 2009. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/580/feijao---brs-estilo> >. Acesso em: 14 de jun. 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Co-inoculação no feijoeiro comum consegue atingir 114% de lucratividade**. 2018. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/36190338/coinoculacao-no-feijoeiro-comum-consegue-atingir-114-de-lucratividade> >. Acesso 15 fev. 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. 59p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas**. 2ª. Ed. Londrina, Editora Planta. 2006. 403p.

FARIA, M. T. **Produtividade da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigada por aspersão convencional com diferentes métodos de estimativa de lâmina de irrigação**. Jaboticabal. 2012. 99p. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Tese de Doutorado (Ciência do Solo). Jaboticabal.

FERREIRA, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2014.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.CP. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato e CNPq, 1991. 734p.

FERREIRA, N.S.; RIOS, R.M.; JUNIOR, N.J.M.; BORGES, W.L. Fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de Caupi. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Anais...** Natal, 2015.

FERREIRA, P. A. A.; SILVA, M. A. P.; CASSETARI, A.; RUFINI, M.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. B. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p.2210-2212, 2009.

FIPKE, G.M.; CONCEIÇÃO, G.M.; GRANDO, L.F.T.; LUDWIG, R.L.; NUNES, U.R.; MARTIN, T.N. Co-inoculation with diazotrophic bacteria in soybeans associated to urea topdressing. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 522-533, 2016.

FLORENTINO, L.A.; JUNIOR, K.S.F.; FILHO, M.V.P.; OLIVEIRA, T.E.; SOUZA, F.R.C.; SILVA, A.B. Inoculação e aplicação de diferentes doses de nitrogênio na cultura do feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, p. 963 -970, 2018.

FLORENTINO, L. A.; FRANCO JUNIOR, S.; PAREDES FILHO, M. V.; OLIVEIRA, T. E.; SOUZA, F. R. C.; SILVA, A. B. Inoculação e aplicação de diferentes doses de nitrogênio na cultura do feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p.91-100, 2018.

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. N. Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbios. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1778-1787, 2013.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. EMPRAPA Meio Norte. Teresina, PI. 84p.

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. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Ilha Solteira.

GARÉ, L.M. **Reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em sistema de plantio direto em fase inicial e consolidado**. 2020. 53p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Ilha Solteira.

GILABEL, A.P. **Co-inoculação de *Rhizobium* e *Azospirillum* e adubação nitrogenada na cultura do feijão comum**. 2018. 85p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Ilha Solteira.

GOOGLE EARTH. **Google Earth Pro**. 2019. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

HAMILTON, P.L.; SOUZA, J.R.; MARTINS, M.C.; SÁ, J.M., Potencial germinativo de sementes de feijão comum tratadas com cobalto e molibdênio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, p. 384-392, 2020.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. EMBRAPA. Londrina. 2011.36p

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Alternative methods of soybean inoculation to overcome adverse conditions at sowing. **African Journal Agriculture Research**, v. 10, p. 2329–2338, 2015.

HUNGRIA, M.; RUSCHEL, A.P. Atividade da nitrogenase e evolução do hidrogênio pelos nódulos de *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, n.3, p.175-188, 1987.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Pesquisa Industrial Anual, empresas 2020**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/1719/pia_2020_v39_n1_empresa_informativo.pdf>. Acesso em 10 out 2022.

ISHERWOOD, K.F.O. **Uso de fertilizantes minerais e o meio ambiente**. International Fertilizer Industry Association (IFA) – original / United Nations Environment Programme – edição revisada - (UNEP), (França), Edição em português pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA). (2000).

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. 1.ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 452p.

LACERDA, E. G.; SANCHES, L.F.J.; QUEIROZ, J.O.; SILVA, C.P. Adubação nitrogenada no vigor das mudas, concentração de aminoácidos e proteínas totais e no teor de clorofila no feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*). **Revista Agri-Environmental Science**, v.6, e020002, 2020

LANDAU, E.C.; SILVA, G.A.; MOURA, L.; HIRSCH, A. GUIMARÃES, D.P. **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: sistemas agrícolas, paisagem naturais e análise integrada do espaço rural**. EMBRAPA. 2020. Brasília. v.4, p. 414, 2020.

LEITE, U. T.; ARAÚJO, G.A.A.; MIRANDA, G.V.; VIEIRA, R.F.; PIRES. A.A. Influência do conteúdo de molibdênio na qualidade fisiológica da semente de feijão: cultivares Novo Jalo e Meia-Noite. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 225-231, 2009.

LISBOA, C.C.; OLIVEIRA, J.R.; LIMA, F.R.D.; SILVA, E.A.; SILVA, C.A.; MARQUES, J. J. G. S. Lixiviação de nitrato e amônio em Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, e5658, 2019.

NASCIMENTO, G.H.; MORAES, L.C.; MOREIRA, S.G.; MARTINS, PIMENTEL, G.V. Fator de fertilização associado ao índice de suficiência de nitrogênio para a adubação de cobertura nitrogenada em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, p. 1-9, e69160, 2021.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. 1989. 201p.

MARTIN, T.N. Uso do software ImageJ na estimativa de área foliar para a cultura do feijão. **Interciência**, v. 38, p. 843-848, 2013.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p.

MENCALHA, J. **Enriquecimento de sementes de feijão-comum com cobalto**. 2017. 36p. Dissertação (Pós-Graduação em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais.

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

MOREIRA, L.P. Nodulation, contribution of biological N₂ fixation, and productivity of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculated with rhizobia isolates. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, p. 644-651, 2017.

MORETTI, L.G.; LAZARINI, E.; BOSSOLANI, J.W.; PARENTE, T.L.; CAIONI, S.; ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. Can additional inoculations increase soybean nodulation and grain yield?. **Agronomy Journal**, v. 110, p. 715-721, 2018.

OLIVEIRA, D.P.; SOARES, B.L.; FRANCESCHINI, L.A.; CARDILLO, B.E.S.; RUFINI, M.; MORAES, A.R.; MOREIRA, F.M.S.; ANDRADE, M.J.B. Viability of liquid medium-inoculation of *Rhizobium etli* in planting furrows with common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 394-398, 2018.

OLIVEIRA, C.A.B.; PELÁ, G.M.; PELÁ, A. Inoculação com *Rhizobium tropici* adubação foliar com molibdênio na cultura do feijão comum. **Agricultura Neotropical**, v. 4, p. 43-50, 2017.

OLIVEIRA, R.L.; MUNIZ, J.A.; ANDRADE, M.J.B.; REIS, R.L. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.1, p.113-119, 2009.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **Applied and Environment Microbiology**, v.6, p.366-370, 1997.

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

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

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
PORTES, T.A.; ARAUJO, B.R.B. Alocação comparada de fitomassa em soja e feijão e possível controle na fixação biológica do nitrogênio. **Acta Scientiarum – Agronomy**, v. 34, p. 285-292, 2012.

PUPPO, A.; GROTEN, K.; BASTIAN, F.; CARZANIGA, R.; SOUSSI, M.; LUCAS, M.M.; FELIPE, M.R.; HARRISON, J.; VANACKER, H.; FOYER, C.H. Legume nodule senescence: Roles for redox and hormone signaling in the orchestration of the natural aging process. **New Phytologist**, v. 165, p. 683-701, 2005.

RENNIE, R.J.; KEMP, G.A. N₂-fixation in field beans quantified by ¹⁵N isotope dilution. II. Effect of cultivars of beans. **Agronomy Journal**, v. 75, p. 645-649, 1983.

ROCHA, T.T.T.; CARVALHO, A.J.E.; LEMOS, J.P.; SILVA, I.R.; SANTOS, E.P. Nodulação do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L. cv BRS Esteio) a partir de sementes tratadas com um inoculante alternativo e a influência da adubação foliar com molibdênio na FBN. **Brasilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 5243-5249, 2022.

ROSA, W.B.; JUNIOR, J.B.D.; COSTA, A.C.T.; LANA, A.C.T.; QUEIROZ, S.B.; PEREGO, I.; ABRAÃO, P.C. Desempenho agrônomo e viabilidade econômica da adubação nitrogenada e molíbdica no feijão comum. **Brasilian Journal of Development**, 6, n. 9, p. 65815-65831, 2020.

SAAD, A.M.; LIBARDI, P.L. Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado por pivô central. In: Seminário de Quimigação, Barreiras, 1997. **Anais...** p.25-34.

SALES, L.Z.S. **Momentos de reinoculação de *Rhizobium tropici* no feijoeiro na implantação de sistema de plantio direto**. 2020. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Ilha Solteira.

SILVA, F.C.D.S. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 245p.

SILVA, R.T.L.; ANDRADE, T.D.P.; MELO, E.C.; PALHETA, E.C.V.; GOMES, M.A.F. Inoculação e adubação mineral na cultura do Feijão-Caupi em latossolos da Amazônia oriental. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 152-156, 2011.

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

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

SOUSA, W.S.; SORATTO, R.P.; PEIXOTO, D.S.; CAMPOS, T.S.; SILVA, M.B.; SOUZA, A.G.V. TEIXEIRA, I.R.; GITARI, H.I. Effects of Rhizobium inoculum compared with mineral nitrogen fertilizer on nodulation and seed yield of common bean. A meta-analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, 2022.

SOUSA, W.S.; TEIXEIRA, I.R.; CAMPOS, T.S.; SILVA, G.C.; SILVA, M.B.; MOREIRA, S.G. Supplementary reinoculation in topdressing of in common bean crop: effects on nodulation, morphology, and grain yield. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, 2021.

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; SANTOS, L.A.; JOB, A.L.G. Nutriente extraction and exportation by common bean cultivars under different fertilization levels: I- macronutrients. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1027-1042, 2013

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2012. 719p.

TEIXEIRA, I.R.; LOPES, P.R.; SOUSA, W.S.; SILVA, G.C. Response of common bean to rhizobium reinoculation in topdressing. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 274-282, 2022.

TORRES, H.R.M.; NETO, A.R.S.; RIBEIRO, P.R.C.C.; RIBEIRO, J.J. Produtividade do feijão *Phaseolus vulgaris* L. com aplicações crescentes de molibdênio associadas ao cobalto via foliar. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 2468-2481, 2014.

TRISTÃO, F.H.L.; ASSIS, M.W.D.; MINGOTTE, F.L.C.; CALOR, P.S.; SOUZA, J.R.; MORELLO, O.F.; LEMOS, L.B. Inoculação com *Rhizobium tropici* associada à adubação nitrogenada em cobertura no desempenho agrônômico do feijoeiro de inverno. **Science and Technology Innovation in Agronomy**, v.3, n.1, p. 191-201, 2019.

VAN DE VELDE, W.; GUERRA, J.C.P.; DE KEYSER, A.; DE RYCKE, R.; ROMBAUTS, S.; MAUNOURY, N.; MERGAERT, P.; KONDOROSI, E.; HOLSTERS, M.; GOORMACHTIG, S. Aging in legume symbiosis. A molecular view on nodule senescence in *Medicago truncatula*. **Plant Physiology**, v. 141, p. 711-720, 2006.

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

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J; BORÉM, A. (Eds). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1998. Cap. 6, p.123-151.

VIEIRA, R.F.; FERREIRA, A.C.B.; PRADO, A. L. Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro: conteúdo do nutriente na semente e desempenho das plantas originadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 163-169, 2011.

VIEIRA, C. L.; FREITAS, A. D.; SILVA, A. F.; SAMPAIO, E. V.; ARAUJO, M. S. Inoculação de variedades locais de feijão massacar com estirpes selecionadas de rizobio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1170- 1175, 2010.

WESTERMANN, D.T.; KLEINKOPF, G.E.; PORTER, L.K.; LEGGETT, G.E. Nitrogen sources for bean seed production. **Agronomy Journal**, v. 3, p. 660-664, 1981.

ZAFAR, M.; ABBASI, M.K.; KHAN, M.A.; KHALIQ, T.; SULTAN, T.; ASLAM, M. Effect of plant growth-promoting Rhizobacteria on growth, nodulation and nutrient accumulation of lentili under controlled conditions. **Pedosphere**, v.22, p. 848-859, 2012.

ZILLI, J.E.; MARSON, L.C.; MARSON, B.F.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 541–544, 2008.