



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJÃO À INOCULAÇÃO COM RIZÓBIO E CO-INOCULAÇÃO DE RIZÓBIO + AZOSPIRILLUM, APLICADOS VIA SEMENTE E SOLO

Guilherme Romão Silva

MESTRADO

**Ipameri-GO
2023**

Guilherme Romão Silva

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJÃO À INOCULAÇÃO COM
RIZÓBIO E CO-INOCULAÇÃO DE RIZÓBIO + AZOSPIRILLUM,
APLICADOS VIA SEMENTE E SOLO**

Orientador: Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás–UEG, Unidade Universitária de Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri-GO
2023

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

S581r Silva, Guilherme Romão
RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJÃO À INOCULAÇÃO COM
RIZÓBIO E CO-INOCULAÇÃO DE RIZÓBIO + AZOSPIRILLUM,
APLICADOS VIA SEMENTE E SOLO / Guilherme Romão Silva;
orientador Itamar rosa Teixeira . -- Ipameri, 2023.
53 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação Mestrado
Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de Ipameri,
Universidade Estadual de Goiás, 2023.

1. Fixação biológica de nitrogênio. 2. Nodulação. 3.
feijão comum . 4. Rizóbio . 5. Azospirillum. I.
Teixeira , Itamar rosa , orient. II. Título.





CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJÃO À INOCULAÇÃO COM RIZÓBIO E CO-INOCULAÇÃO DE RIZÓBIO + AZOSPIRILLUM, APLICADOS VIA SEMENTE E SOLO”

AUTOR(A): Guilherme Romão Silva
ORIENTADOR(A): Itamar Rosa Teixeira

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:


Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira (Orientador)
Universidade Estadual de Goiás / Campus Henrique Santillo Anápolis- GO


Prof. Dr. Nei Peixoto

Universidade Estadual de Goiás / Unidade Universitária Ipameri- GO

Prof.^a Dr.^a Cristiane Fernandes Lisboa

Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri/ Campus Unaí- MG


Prof. Dr. Fenelon Lourenço de Sousa Santos
Centro Universitário de Goiás - UNIGOIÁS

Documento assinado digitalmente



CRISTIANE FERNANDES LISBOA

Data: 02/08/2023 15:38:40-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Registro de Declaração

Número: 202

Livro: R-01 Folhas: 04

Data: 21/06/2023

Assinatura: 

Data da realização: 21 de Junho de 2023



AGRADECIMENTOS

Esta dissertação de mestrado não seria possível sem o precioso apoio de várias pessoas. Gostaria de agradecer a Deus, o criador de todas as coisas, que me proporcionou esta oportunidade, e a força para concluir a jornada.

Gostaria de expressar um agradecimento especial àqueles que são fundamentais para todas as minhas conquistas e vitórias: minha mãe e meu pai. Eles representam os pilares centrais da minha formação. Sem o apoio constante e o amor incondicional que eles sempre me proporcionaram, certamente não teria alcançado este ponto.

Desejo expressar minha gratidão eterna à minha companheira Edinete Nunes, uma verdadeira fonte de inspiração que me motivou a perseguir meus objetivos e a concluir com sucesso esta importante fase da minha jornada acadêmica. Sua presença constante e seu otimismo inabalável foram fundamentais, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Agradeço aos amigos do mestrado em Produção Vegetal, especialmente a Diego Bacin, Yago Cezar, Tatiane Vaz, Maurílio e Juliane.

Não poderia deixar de agradecer a um amigo que fiz durante esta jornada, que me ajudou na condução do experimento e sempre buscou o melhor de mim. Muito obrigado, Frederico Landim, por toda a ajuda e companheirismo!

Quero agradecer também aos amigos que fiz em Ipameri, especialmente a Nilo Vilela, Diego Bacin e Lila Arantes, pela amizade e por serem os melhores vizinhos que eu poderia ter.

Agradeço também ao corpo docente da Universidade Estadual de Goiás, principalmente aos professores doutores Ednaldo Candido e Roberli Ribeiro, pelos ensinamentos e oportunidades oferecidas.

Todo projeto necessita de uma fonte de financiamento, sabendo disso quero agradecer enormemente a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e o estado de Goiás, que financiou a bolsa, e antes de todas as instituições de fomento promoveu o reajuste das mesmas valorizando o pesquisador e a pesquisa do estado.

Um trabalho de qualidade só é possível graças a uma boa orientação, e diante disso, agradeço todo o apoio dado pelo Professor Dr. Itamar Rosa Teixeira, que me acolheu na orientação do mestrado e sempre me guiou pacientemente pelo caminho da pesquisa. Obrigado, professor, por todo o aprendizado!

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO	12
3. MATERIALEMÉTODOS	13
3.1 Informações gerais	13
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	14
3.3 Parcelas experimentais, implantação e condução	15
3.4 Avaliações realizadas	16
3.5 Análise estatística	17
4. RESULTADOS	18
4.1 Nodulação	18
4.2 Características morfológicas	21
4.3 Características agronômicas	27
5. DISCUSSÃO	40
6. CONCLUSÕES	46
7. REFERÊNCIASBIBLIOGRÁFICAS	46
8. ANEXO	51

RESUMO

O feijoeiro possui grande importância social e econômica em vários países como importante fonte de proteína, para seu cultivo apresenta elevada demanda por nitrogênio, que pode ser suprida por adição de uma ou um grupo de bactérias diazotróficas que fazem a fixação biológica do nitrogênio. Todavia, há necessidade da busca de maiores informações sobre a capacidade de resposta de materiais genéticos atuais de alta produtividade disponíveis no mercado, associado a tecnologia de aplicação mais eficientes, para que esta técnica possa ser usada pelos agricultores em larga escala que cultivam feijão. Desse modo, objetivou-se nesse estudo avaliar a nodulação, o crescimento e a produção de cultivares de feijão comum de elevada produtividade, submetidas à inoculação com rizóbio e co-inoculação de rizóbio mais azospirillum, aplicado na semente e via solo, em condições de campo. Os experimentos foram conduzidos em duas safras, das “águas” de 2021/2022 em Ipameri-GO e inverno de 2022 em Anápolis-GO, empregando o delineamento de blocos casualizados, em fatorial $4 \times 2 \times 2 + 8$, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos de quatro cultivares de feijão BRS FC 402, BRS Estilo, BRS Pitanga e BRS Esteio, submetidas à inoculação com rizóbio e co-inoculação rizóbio + Azospirillum, aplicado via semente ou via solo, mais oito tratamentos adicionais correspondentes a adubação com fonte de N mineral e sua ausência (testemunha) para cada cultivar estudada. Foi avaliada a nodulação, morfofisiologia das plantas, componentes e rendimento de grãos, além do estande final de plantas. Os resultados do estudo mostram que a técnica de co-inoculação com *R. tropici* + *A. brasilense*, aplicada via solo, favorece os aspectos morfológicos e agronômicos do feijoeiro comum. As cultivares BRS Estilo e BRS Esteio com 2049,3 e 1830,7 kg ha⁻¹ demonstraram melhores rendimentos de grãos quando co-inoculados via solo. A co-inoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* aplicada diretamente no solo pode ser usada como alternativa a adubação nitrogenada.

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

ABSTRACT

The common bean plant holds significant social and economic importance in various countries, serving as a vital protein source. Its cultivation requires a substantial demand for nitrogen, which can be supplied through the addition of one or a group of diazotrophic bacteria capable of biological nitrogen fixation. However, there is a need to gather more information regarding the responsiveness of current high-yielding genetic materials available in the market. This should be coupled with more efficient application technology, enabling this technique to be adopted on a large scale by bean farmers. Thus, the objective of this study was to evaluate nodulation, growth, and production of high-yielding common bean cultivars, subjected to rhizobial inoculation and co-inoculation of rhizobia with *Azospirillum*. These inoculants were applied through seed coating and soil application under field conditions. The experiments were conducted over two cropping seasons, the "wet season" of 2021/2022 in Ipameri-GO and the winter of 2022 in Anápolis-GO. A randomized block design was employed in a 4 x 2 x 2 + 8 factorial arrangement with three replications. Treatments consisted of four common bean cultivars (BRS FC 402, BRS Estilo, BRS Pitanga, and BRS Esteio) subjected to rhizobial inoculation, co-inoculation of rhizobia + *Azospirillum*, applied either via seed coating or soil application, along with eight additional treatments corresponding to mineral nitrogen source fertilization and its absence (control) for each cultivar studied. Nodulation, plant morphophysiology, yield components, grain yield, and final plant stand were assessed. The study results show that the co-inoculation with *R. tropici* + *A. brasilense* technique, applied through soil, enhances the morphological and agronomic aspects of common bean plants. The BRS Estilo and BRS Esteio cultivars, with yields of 2049.3 and 1830.7 kg ha⁻¹, respectively, demonstrated better grain yields when co-inoculated through the soil. Co-inoculation with *R. tropici* + *A. brasilense* applied directly to the soil can be used as an alternative to nitrogen fertilization.

Keywords: *P. vulgaris*. Nutrition. Biological nitrogen fixation. Nodulation. Yield.

1. INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui grande importância social e econômica em vários países como importante fonte de proteína. Pertence a família Fabaceae, sendo a espécie mais cultivada no mundo, no entanto sua importância, não reflete a tecnologia que é empregada normalmente pelos produtores de feijão para grão, logo o resultando da produtividade média global é de apenas 866 kg ha⁻¹ (SALES, 2020). O Brasil é o maior produtor da espécie, com área de produção na safra 2019/2020 de 2,9 milhões de hectares, produção de 3,2 milhões de toneladas, com média de 1.101 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021), sendo a questão nutricional um dos fatores que colabora para essa produtividade baixa, sobretudo a adubação nitrogenada.

Genótipos desenvolvidos com alta produção apresentam uma demanda de grandes quantidades de N a ser fornecida ao longo do ciclo de crescimento do feijoeiro para obter altos rendimentos. Estima-se que a quantidade extraída de N pelo feijoeiro seja de 140 kg ha⁻¹ (SORATTO et al., 2013), tornando a adubação nitrogenada um alto custo financeiro. Além disso, por se tratar de um mineral que demanda a queima de combustíveis fósseis para a elaboração do produto final, o seu emprego causa impactos ambientais.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma alternativa que pode suprir a demanda de nitrogênio do feijoeiro, sendo este, um processo bioquímico e natural, realizado por bactérias que fazem uso da enzima nitrogenase. Estes organismos encontram-se em variados ambientes de forma livre, associado ou em simbiose com outros seres vivos. A FBN é realizada com bactérias diazotróficas que vivem em simbiose com as raízes das plantas hospedeiras, assim tendo um efeito na formação de nódulos nas raízes, podendo ser influenciados por fatores abióticos e bióticos (FERREIRA et al., 2015).

A utilização de insumos biológicos em substituição aos insumos químicos são uma alternativa que pode reduzir o impacto da contaminação dos aquíferos, lagos e rios, visto que, os adubos minerais nitrogenados podem promover lixiviação do N no solo. Logo o fornecimento de N para o feijoeiro via FBN representa uma alternativa viável em termo econômico e ecologicamente sustentável, sendo este um diferencial para o produtor que visa explorar mercados internacionais exigentes na atualidade (GARÉ, 2020).

A importância da FBN em substituição à utilização dos fertilizantes nitrogenados para a mitigação de gases do efeito estufa, uma vez que, o nitrogênio no solo por meio de transformações bioquímicas, produz o óxido nitroso (N₂O), o qual apresenta um poder de aquecimento global cerca de 300 vezes maior que o CO₂ (FLORENTINO et al., 2018).

Para Hungria et al. (2013) a domesticação e seleção de cultivares visando

características desejáveis apenas no aspecto comercial e com uso de adubação nitrogenada sem que se levasse em consideração a capacidade de feijão em se associar com bactérias do gênero *Rhizobium*, provavelmente direcionou a seleção de plantas que respondessem melhor a adubação química, alterando o equilíbrio simbiótico entre a bactéria (rizóbio) e a planta, sendo necessário que se faça uma reavaliação para fixação biológica de nitrogênio das cultivares atuais.

Com o intuito de melhorar o desempenho dos rizóbios e, conseqüentemente, a eficiência da FBN, a técnica de co-inoculação começa a ser explorada em algumas culturas, sobretudo na soja (FIPKE et al., 2016; BULEGON et al., 2016; MORETTI et al., 2020; CHIBEBA et al., 2020). Estudo de revisão recente publicado por Barbosa et al. (2021), demonstraram que a co-inoculação de soja com *Bradyrhizobium spp* + *A. brasilense* aumentou a massa radicular em 11%, o número de nódulos em 5,4%, a massa de nódulos em 10,6%, a concentração de N na parte aérea em 2,8%, o rendimento de grãos e a concentração de N nos grãos em 3,2% e 3,6% respectivamente em comparação à inoculação única convencional com *Bradyrhizobium spp*. Os referidos autores consideram ainda que a co-inoculação também pode ser importante para mitigar os efeitos do estresse hídrico nas plantas, além de ser uma tecnologia eficiente que contribui para a sustentabilidade da produção de soja.

A co-inoculação 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 *Azospirillum brasilense*. Esta alternativa é representada por um grupo de bactérias associativas, capazes de promover o crescimento das plantas através de alterações fisiológicas devido à liberação de hormônios como auxinas e citocininas que promovem aumento no crescimento radicular (WANG et al., 2012; STEINER et al., 2019).

As bactérias do gênero *Azospirillum* consegue liberar fitohormônios promovendo a formação de pêlos radiculares em leguminosas, logo podendo significar um aumento na produção de massa seca e o número de nódulos por planta (WANG et al., 2014). Além disso, a inoculação de sementes com *A. brasilense* pode apresentar redução nos custos de produção.

Investigações envolvendo a co-inoculação de *R. tropici* + *A. brasilense* na cultura do feijão são recentes, exemplo da EMBRAPA (2017), cujos resultados indicaram que o *Azospirillum* potencializa o desenvolvimento das plantas, principalmente as raízes, resultando em melhores condições para que abasteça a simbiose com o *Rhizobium* na fixação de N. Contudo, estes estudos precisam ser ampliados para que tenham maiores informações sobre a eficiência da técnica no feijoeiro.

A aplicação de células rizobianas isoladas ou associadas à *A. brasilense* é

tradicionalmente realizada via semente, antes da semeadura, porém há poucas informações sobre o emprego desta técnica diretamente no campo que comprovem sua eficiência.

Resultados obtidos por Vieira Neto et al. (2008) indicam que a aplicação via sulco do inoculante em solo previamente cultivado com soja, mostrou-se uma prática viável em comparação a aplicação via semente, devendo-se porém, empregar doses superiores a uma ou duas vezes a dose usada na semente. Para o caso da cultura do feijão não foi encontrado estudos investigativos na literatura nacional comparando formas distintas de aplicação de inoculante ou em co-inoculação com *Azospirillum*, havendo assim necessidade de realização de estudos.

2. OBJETIVO

Avaliar a nodulação, o crescimento e a produção de cultivares de feijão comum de elevadas produtividades, submetidas à inoculação com rizóbio e co-inoculação de rizóbio mais azospirillum, aplicado na semente e via solo, em condições de campo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Informações gerais

Os experimentos foram conduzidos nas safras das “águas” de 2021/2022 e inverno de 2022, nas áreas experimentais pertencente à Universidade Estadual de Goiás, Unidade Ipameri (primeira safra) e na área experimental da Emater em área conveniada com a CET/UEG. Anápolis (segunda safra), ambos os municípios localizados no estado de Goiás, nas respectivas coordenadas geográficas: 17°43'27''S, 48°08'55''W e 16°20'12,13'' S e 48°53'15.96'' O, com altitude média de 800 e 1058 m (GOOGLE EARTH, 2023). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com temperaturas mensais superiores a 20 °C, e precipitação pluviométrica variando de 1100 a 1800 mm anuais (Cardoso et al., 2014). As estações são bem definidas, sendo o periodico chuvoso compreendido de outubro a abril e o seca de maio a setembro.

A temperatura máxima registrada durante o período do experimento a campo em Ipameri-Go foi de 29,9°C e a mínima de 20,0°C. A precipitação total durante o período experimental foi de 863,6 mm e em Anápolis-Go a temperatura máxima foi de 28,9°C a mínima de 14,7°C e a precipitação total foi de 13,8 mm (Figura 1).

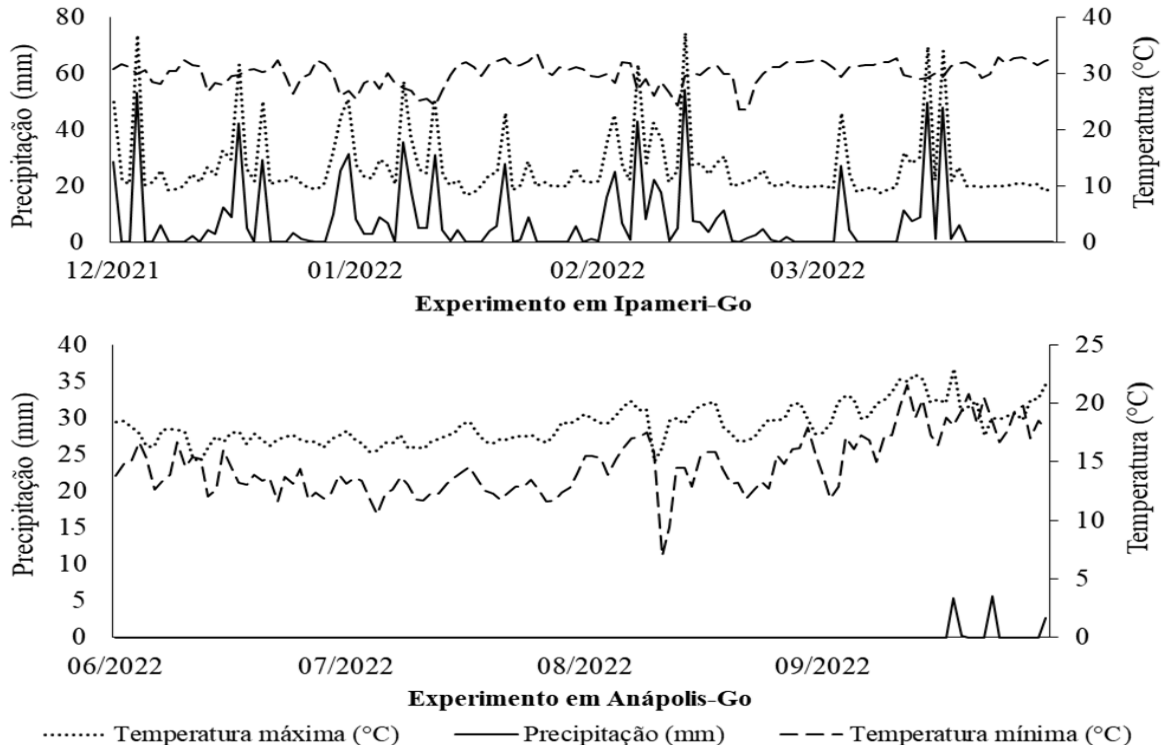


Figura 1. Dados climáticos referentes à precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima (°C) e temperatura mínima (°C) para o período de 1 de Dezembro 2021 a 31 de Março de 2022 e 1 de junho a 30 de Setembro de 2022. Fonte: INMET (2023).

O solo de ambos os experimentos foram classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. A textura foi caracterizada como média-arenosa, compreendendo a classe textural franco-arenosa, com mais de 520 g kg⁻¹ de areia (SANTOS et al., 2018). Antes da instalação do experimento foram retiradas amostras da camada de 0-20 cm do solo, para caracterização físico-química (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado da análise físico- química das áreas experimentais das a Unidade de Ipameri e da Emater de Anápolis, sendo esta última conveniada com a CET/UEG.

Atributos	Safras de cultivo de feijão	
	Águas de 2021/22	Inverno de 2022
pH (CaCl ₂)	5,7	5,1
P (mg dm ⁻³)	31,6	18,1
K (mg dm ⁻³)	317,8	140,7
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,1	2,9
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,5	1,0
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,0
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	1,4	3,8
V(%)	84,2	52,9
B (mg dm ⁻³)	0,1	0,19
Cu (mg dm ⁻³)	0,4	2,7
Fe (mg dm ⁻³)	19,8	13,0
Mn (mg dm ⁻³)	16,6	22,8
Zn (mg dm ⁻³)	3,2	11,1
Materia Orgânica (gdm ⁻³)	22,0	31,0
Areia (g kg ⁻¹)	570,0	440,0
Silte (g kg ⁻¹)	90,0	110,0
Argila (g kg ⁻¹)	340,0	450,0

Ca = cálcio, Mg = magnésio, Al = alumínio, H = hidrogênio, K = potássio, P (Melich) = fósforo, Zn = zinco, B = boro, Cu = cobre, Fe = ferro, Mn = manganês, V = saturação por bases, MO = matéria orgânica, pH = potencial hidrogeniônico.

3.2 Delineamento experimental e os tratamentos

O delineamento experimental utilizado em ambos os experimentos foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2 x 2 + 8, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos de quatro cultivares de feijão de alta produtividade pertencente as diferentes grupos, recomendadas para cultivo na região Centro-Oeste e grande parte dos estados

brasileiros: BRS FC 402 (C1), BRS Estilo (C2), BRS Pitanga (C3) e BRS Esteio (C4), respectivamente, submetidas à inoculação com *R. tropici* e em co-inoculação com *Azospirillum*, aplicado via semente ou via solo, mais oito tratamentos adicionais correspondentes a adubação com fonte de nitrogênio mineral (N1) e sua ausência (N0) (testemunha) para cada cultivar estudada. Assim tratamentos adicionais referentes as cultivares foram assim definidos: BRS FC 402 (C1N0 e C1N1), BRS Estilo (C2N0 e C2N1), BRSPitanga (C3N0 e C3N1), BRS Esteio (C4N0 e C4N1), respectivamente.

As cultivares utilizadas no trabalho foi proveniente da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – CNPAF, e apresentam as seguintes características: BRS FC 402 - grupo comercial carioca, planta semi-ereta, hábito de crescimento indeterminado (tipo II) e ciclo médio de 90 dias; BRS Estilo - grupo comercial carioca, planta ereta, hábito de crescimento indeterminado (tipo II) e ciclo médio de 90 dias; BRS Pitanga - grupo comercial roxinho, com planta de porte ereto, hábito de crescimento indeterminado (tipo II) e ciclo médio de 83 dias; BRS Esteio - grupo com grão preto, planta ereta, hábito de crescimento indeterminado (tipo II) e ciclo de 90 dias (EMBRAPA, 2017).

O tratamento de sementes foi dispensado visando não prejudicar a população de bactérias inoculadas antes de semeadura. As sementes foram inoculadas inicialmente com inoculante líquido, contendo estirpes de rizóbio de *R. tropici* recomendado para o feijão (SEMIA4088 e SEMIA 4077) (2×10^9 UFC ml⁻¹) por ocasião da semeadura, na dose de 150 mL por 50 kg de semente, conforme sugestão de uso do produto pelo fabricante, o *Az. brasilense* foi aplicado na mesma ocasião empregando o produto Biomax[®] Azum (3×10^9 UFC ml⁻¹), em dose correspondente a 100 ml por 50 kg de semente, recomendada para o feijoeiro. As aplicações dos insumos biológicos via solo, foram realizadas com pulverizador costal de 20 litros, usando bico tipo leque com o jato direcionado ao solo, a dose dos insumos foram duplicadas para o uso via solo em razão da maior interação dos microorganismos com o solo, conforme recomendações do fabricante, e volume de calda de 200 Lha⁻¹ para ambos os produtos (Moretti et al., 2018). A adubação com nitrogênio mineral (N) foi realizada na semeadura, junto com a adubação básica e em cobertura apenas para os adicionais.

3.3 Parcelas experimentais, implantação e condução

Em ambos os experimentos as parcelas experimentais foram formadas por quatro fileiras de 5m de comprimento, espaçada de 0,50m, compreendendo 10m² de área total. A área útil de cada parcela, foi composta pelas duas linhas centrais, totalizando 5m² de área útil.

A calagem foi realizada somente na área da Emater de Anápolis, distribuindo 1,5 ton.ha⁻¹ de calcário filler em área total com dois meses de antecedência. Inicialmente as áreas

foi dessecada com 2,4-D na dose de 1 L ha⁻¹, e sete dias após a aplicação realizou o preparo convencional, com uma aração e duas gradagem para quebrar torrões e incorporar a palhada orgânica no solo predominante na área, tendo na primeira área predominância de *B. decumbens* e na segunda uma comunidade diversa de plantas daninhas dicotiledôneas com destaque para o apaga-fogo (*A. tenella*), trapoeraba (*C. benghalensis*), pição preto (*B. pilosa*), buva (*C. bonariensis*), caruru (*Amaranthus* spp.) vassoura (*Sida* spp.) e poaia branca (*R. brasiliensis*). Posteriormente foi realizada o preparo de solo de ambas as áreas de forma convencional, com uma aração e duas gradagens.

Todos os tratamentos receberam 200 kg ha⁻¹ do adubo formulado 05-52-00 na adubação de base. Frisa-se que este adubo contém baixa quantidade de N, visando a não interferência nas atividades das bactérias fixadoras nos tratamentos inoculados. A semeadura foi realizada empregando 15 sementes por metro linear para todas as cultivares estudada. não sendo necessário a realização de desbaste devido a emergência uniforme dos estandes populacionais das plantas. As 25 DAE foi realizada a adubação de cobertura nitrogenada somente para o tratamento adicional com N mineral, empregado ureia correspondente a 60 kg N ha⁻¹. O potássio foi adicionado em cobertura aos 25 DAE na dose de 60 kg de kg ha⁻¹ para todas as parcelas.

Realizou-seo controle de formigas (*Atta* sp.) com distribuição de iscas granuladas Formifire (Fipronil com dose 10g m²) na fase inicial dos experimentos. O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida pós-emergente Fusilade[®] (1 L ha⁻¹) e Flex[®](1 L ha⁻¹) aos 20 DAE, sendo a comunidade composta basicamente das plantas daninhas encontradas nas áreas por ocasião da dessecação de ambas as áreas. Foi utilizado o inseticida Engeo[®] S (30 mL 100 L⁻¹) no controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*). Para controle das doenças fúngicas como antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) pulverizou-se ofungicida Approve[®](100gp.c100L⁻¹).

3.4 Avaliações realizadas

No estágio R₅, foram coletadas com auxílio de uma pá reta cinco plantas da área útil da parcela contendo o sistema radicular, para avaliação das características de nodulação (número de nódulos - NN e massa seca de nódulos - MSN) e morfológicas das plantas (comprimento de raiz - CR, massa seca de raiz - MSR, altura de planta - AP, massa seca da parte aérea - MSPA, índice de area foliar - IAF e teor de nitrogênio TN).

As plantas foram coletadas, colocadas em sacos plásticos e imediatamente levadas para o laboratório. Em seguida foi feita o seccionamento da raiz, seguido da lavagem,

destaque e contagem dos nódulos ativos, e posteriormente, levados à estufa de circulação forçada por 48 horas à 65°C, para determinação da massa seca dos nódulos. Com auxílio de uma régua graduada foi aferido o comprimento da raiz principal da planta medindo a distância entre o colo da planta e a extremidade final da raiz (coifa), equantificada a massa seca de raiz, após a secagem em estufa regulada a 72°C até atingir peso constante. Também foi avaliada a altura de planta, medindo a distância entre o colo da planta e o ápice da haste principal; a massa seca da parte aérea secada em estufa regulada a 72°C, a relação do índice de área foliar utilizando o aparelho medidor de área foliar CI - 202[®] e o teor de N seguindo metodologia proposta por Silva (2009).

Para os parâmetros agronômicos, foram colhidas 10 plantas na área útil de cada parcela para determinação dos componentes, número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), peso médio de cem grãos (PCG) e rendimento de grãos (RG). A massa média de 100 grãos foi expressa em gramas, e o rendimento de grãos expresso em kg ha⁻¹ para 13% de umidade do grão. Foi avaliado ainda, o estande final (EF), correspondente ao número de plantas existentes na parcela amostrada no final do experimento.

3.5 Análises estatísticas

Os dados de cada safra foram submetidos inicialmente aos testes de Levene e Shapiro Wilk, visando observar a de homogeneidade a normalidade dos resíduos. Em seguida foi realizada a análise de variância dos dados, e as médias do fatorial comparadas entre si pelo teste de Tukey, e com os tratamentos adicionais pelo teste de Dunnett, ambos a 5% de probabilidade. Os gráficos foram construídos no programa R Studio, usando o pacote ggplot2 e as análises de dados foi realizado no software R (R CORE TEAM, 2016).

4. RESULTADOS

Comforme os resultados da análise de variância referente a safra das “águas” de 2021/2022 em anexo (Tabela 2), foi constatado efeito significativo para as interações das cultivares com a inoculação (A x B), cultivares com as vias de aplicação (A x C) e inoculação com as vias de aplicação (B x C) para o comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), teor de nitrogênio (TN), índice de área foliar (IAF), estande final (EF), número de vagens por planta (NVP), peso de cem grãos (PCG) e o rendimento de grãos (RG). A massa seca de nódulos (MSN) e o número de nódulos (NN), apresentaram somente interação dos tratamentos adicionais vs fatorial, respectivamente. A altura de planta (AP) não foi influenciada significativamente pelos fatores estudados. Observa-se ainda, que os valores dos coeficientes de variação (CV) encontrados variaram de 1,8 a 54%, sendo este último verificado para o NN.

Na análise de variância referentes a safra de inverno 2022 (Tabela 3), anexa, pode-se averiguar que houve efeito significativo apenas para as interações das cultivares com a inoculação (A x B), cultivares com as vias de aplicação (A x C) e inoculação com as vias de aplicação (B x C). O comprimento de raiz (CR), massa seca de nódulos (MSN) e o número de nódulos (NN), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), teor de N (TN), estande final (EF), número de vagens por planta (NVP), peso de cem grãos (PCG) e o rendimento de grãos (RG) foram influenciados significativamente ($p < 0,05$) pelas combinações dos tratamentos (cultivar, inoculação e vias de aplicação) ou pela interação dos tratamentos adicionais vs fatorial. O índice de área foliar (IAF), apresentou somente interação dos tratamentos adicionais vs fatorial, respectivamente. A altura de planta (AP) não foi influenciada significativamente pelos fatores estudados. Observa-se ainda, que os valores dos coeficientes de variação (CV) variaram de 10,4 a 33,2%, sendo este último verificado para o MSN.

4.1 Nodulação

Para o número de nódulos por planta (NN) na safra 1 – “águas” (Figura 2A) os maiores valores (22; 9,3 e 14; 12,7) de nódulos por plantas foram observados nos tratamentos adicionais das cultivares BRS Pitanga (C3N0 e C3N1) e BRS Estilo (C2N0 e C2N1), na ausência e na presença de nitrogênio, respectivamente, com uma diferença de 18;6,3 e 11;9,7 nódulos por planta, quando comparado ao fatorial com (3) nódulos por plantas, representando um acréscimo de 630, 209, 360 e 320%, respectivamente. O fatorial triplo na safra 1, apresentou superioridade aos tratamentos adicionais da cultivar BRS Esteio (C4N0 e C4N1) com a diferença de 3 e 2,7 nódulos por plantas, representando um acréscimo de 100 e

89%, respectivamente. Os tratamentos adicionais da BRS FC 402 (C1N0 e C1N1) não diferiram estatisticamente do fatorial.

O NN no fatorial vs adicionais (Figura 2B), demonstrou que o fatorial foi mais eficaz do que os outros tratamentos adicionais, visto que o fatorial obteve 8,7% nódulos por planta, e quando comparado com as cultivares submetidas ao N mineral e na sua ausência, foi observado uma elevação de 61,5% em comparação com a cultivar BRS FC 402 (C1N1), 50% para BRS Estilo (C2N1), 46,2% para a cultivar BRS Pitanga nas duas condições (C3N0 e C3N1), 38,5 e 42,3% BRS Esteio (C4N1 e C4N0), respectivamente.

Para o NN no feijoeiro sob co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* e inoculação com rizóbio aplicado via semente e solo, na safra 2 (Figura 2C), inverno 2022, observa-se que a co-inoculação de rizóbio + *Azospirillum* aplicada via solo, promoveu uma superioridade do NN, obtendo 13,1 nódulos por planta, e quando submetido a aplicação na semente foi verificado um valor de 7,5 nódulos por planta, ou seja, uma diferença de 5,6 nódulos ou um aumento de 42,7%, quando comparado a co-inoculação aplicada no solo. Quando comparado a inoculação com rizóbio (7,4 nódulos por planta) e a co-inoculação de rizóbio + *Azospirillum* (13,1 nódulos por planta), na aplicação no solo, houve diferença de 5,7 nódulos, representando um acréscimo de 43,3% na quantidade de nódulos.

Para a MSN, nas plantas da safra 2 - inverno 2022 (Figura 2 D), assim como o NN, da mesma safra (Figura 2C) constatou-se interação entre a inoculação e co-inoculação com as vias de aplicação, em que as plantas submetidas a co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* sob aplicação via solo, mostraram uma superioridade para as massa seca dos nódulos, em que as plantas produziram 0,042g, e quando submetido a aplicação via semente foi obtido um valor de 0,022g, evidenciando uma diferença de 0,02g, o que representa um aumento de 47,6%, ao realizar a co-inoculação via solo. Quando comparado a inoculação com *rizobio* (0,023 g) e a co-inoculação de rizóbio + *Azospirillum* (0,042 g) e sob a aplicação no solo, verificou-se uma diferença de 0,019g, representando que a co-inoculação aumentou em cerca de 45,2% a massa dos nódulos.

A MSN na safra 1, águas de 2021/2022 (Figura 2E), teve efeito significativo para todos os adicionais, cujo maior valor correspondente - 0,03 g foi obtido no tratamento adicional (C1N0), demonstrando uma superioridade de 0,01 g ao fatorial triplo que obteve MSN equivalente 0,02g. A MSN do tratamento fatorial foi maior em relação aos adicionais (C1N1), (C2N0 e C2N1), (C3N0 e C3N1), (C4N0 e C4N1) que apresentaram MSN de 0,013; 0,008 e 0,006; 0,004 e 0,005; 0,007 e 0,0 g, respectivamente. Já a MSN encontrada na safra 2 (Figura 2F), inverno de 2022, o tratamento fatorial apresentou superioridade aos adicionais, exceto para o adicional (C4N0). O tratamento fatorial apresentou MSN igual a 0,03g, e

quando comparado aos adicionais na ausência e presença de N mostrou-se um aumento de 50 e 57,7% em comparação com a cultivar BRS FC 402 (C1N0 e C1N1), 38,5 e 50% para BRS Estilo (C2N0 e C2N1), 42,3 e 46,2% BRS Pitanga (C3N0 e C3N1), e 50% BRS Esteio (C4N1), respectivamente.

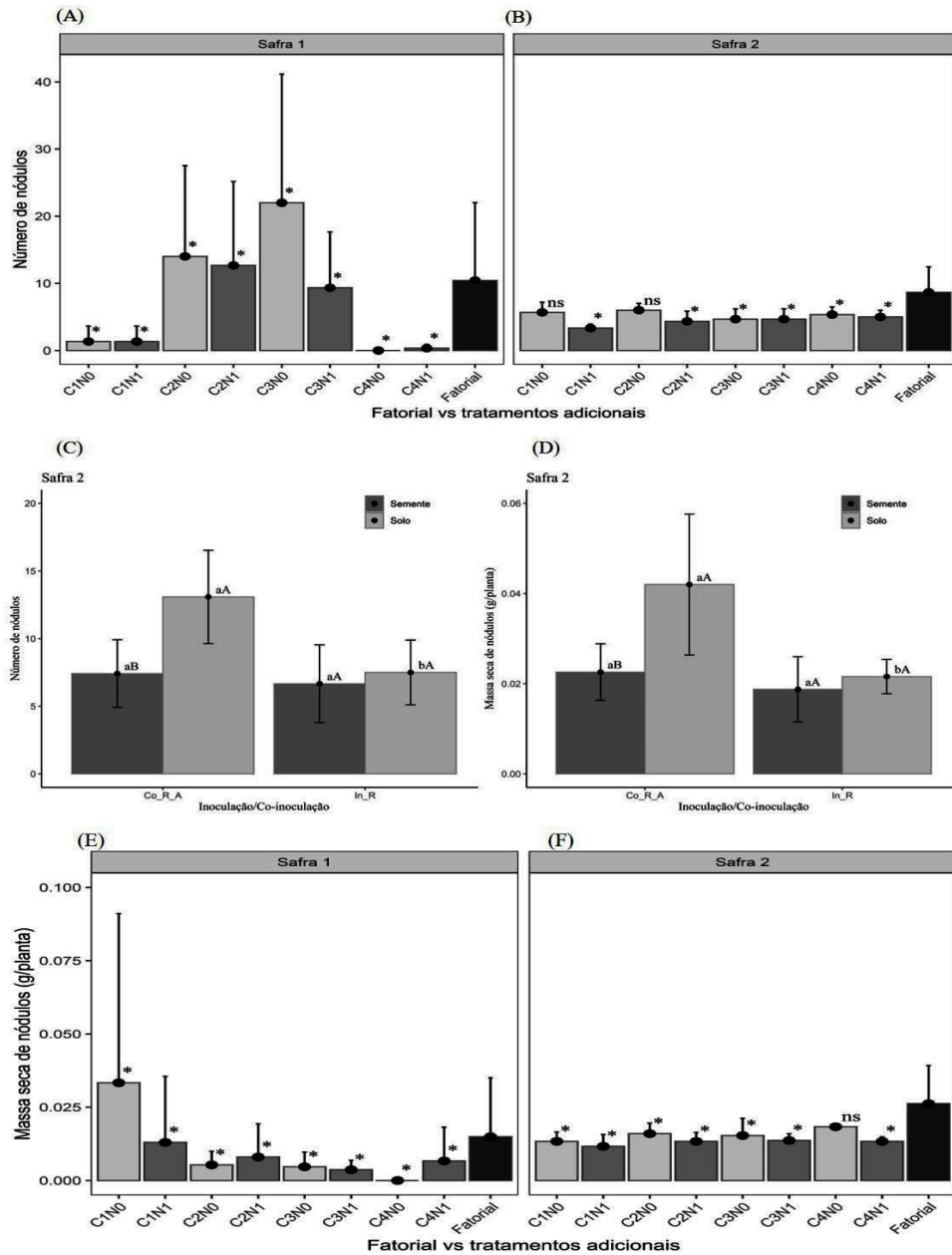


Figura 2. Número de nódulos de plantas de feijão para fatorial vs tratamentos adicionais safra 1 (A), safra 2 (B), vias de aplicação, semente e solo em função da inoculação e co-inoculação (C). Massa seca de nódulos para vias de aplicação semente e solo em função da inoculação e co-inoculação (D) e fatorial vs tratamentos adicionais safra 1 (E), safra 2 (F). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre co-inoculação e inoculação e maiúscula entre vias de aplicação (semente e solo), não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). BRS FC 402 (C1), BRS Estilo (C2), BRS Pitanga (C3) e BRS Esteio (C4), na presença do Nitrogênio mineral (N1) e sua ausência (N0). NS = não significativo, * efeito significativo.

4.2 Características morfológicas

O maior comprimento de raiz (CR) (28,9cm) safra 1, foi obtido na co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum*, apresentando superioridade de (2,9 cm) em relação à inoculação com rizóbio (26 cm), representando um acréscimo de 10,9% no CR independente da cultivar de feijão analisada (Figura 3A).

O CR, nas plantas da safra 2 (Figura 3B), apresentaram interação entre a inoculação e coinoculação com as vias de aplicação, onde as plantas submetidas aco-inoculação com *rizobio* + *Azospirillum* e aplicadas via solo mostraram uma superioridade (27,3 cm) no CR, quando aplicado *rizobio* + *Azospirillum* viosamente foi observado um valor de 22,3 cm, ou seja, uma diferença de 5cm, quando comparada a coinoculação via solo. Quando comparado a inoculação com *rizóbio* (23 cm) e a co-inoculação de *rizóbio* + *Azospirillum* (27,3 cm) e sob aplicação via solo, observa-se uma diferença de 4,3 cm no CR.

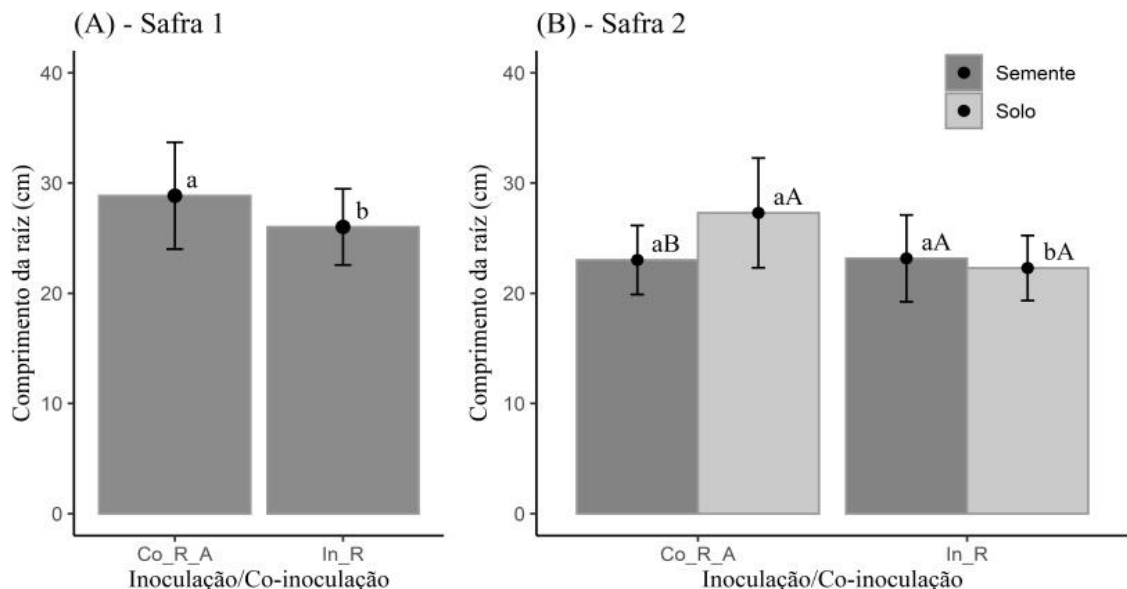


Figura 3. Comprimento de raiz de feijão inoculado e co-inoculado (A) e vias de aplicação semente e solo em função da inoculação e co-inoculação (B). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre co-inoculação e inoculação e maiúscula entre vias de aplicação (semente e solo), não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

A massa seca da raiz (MSR) obtida na safra 1 (Figura 4A), apresentou o mesmo comportamento do CR (Figura 3), no qual, a maior MSR (2,9 g) foi obtida quando as plantas foram submetidas a co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum*, apresentando uma superioridade de 0,5 g na MSR quando comparada com as plantas inoculadas com *rizóbio* que apresentaram um MSR igual a 2,4 g. Para a MSR da safra 2 (Figura 4B), foi constatada interação entre a inoculação e co-inoculação com as vias de aplicação, onde as plantas

submetidas a co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* aplicadas via solo, apresentaram a maior MSR (2,6 g) sendo superior em 1,2 g em relação as plantas inoculadas via semente, que obtiveram MSR de 1,4 g. Já as MSRs obtidas nas aplicações via semente e solo não diferiram estatisticamente entre si na inoculação com *rizóbio*.

A co-inoculação rizóbio + *Azospirillum* e inoculação com *rizóbio* via semente não apresentaram diferença estatística, enquanto as plantas co-inoculadas com *rizóbio* + *Azospirillum* via solo obtiveram uma maior MSR (2,6 g) em relação as plantas inoculadas com *rizóbio* (1,5 g), representando uma superioridade de 1,1 g.

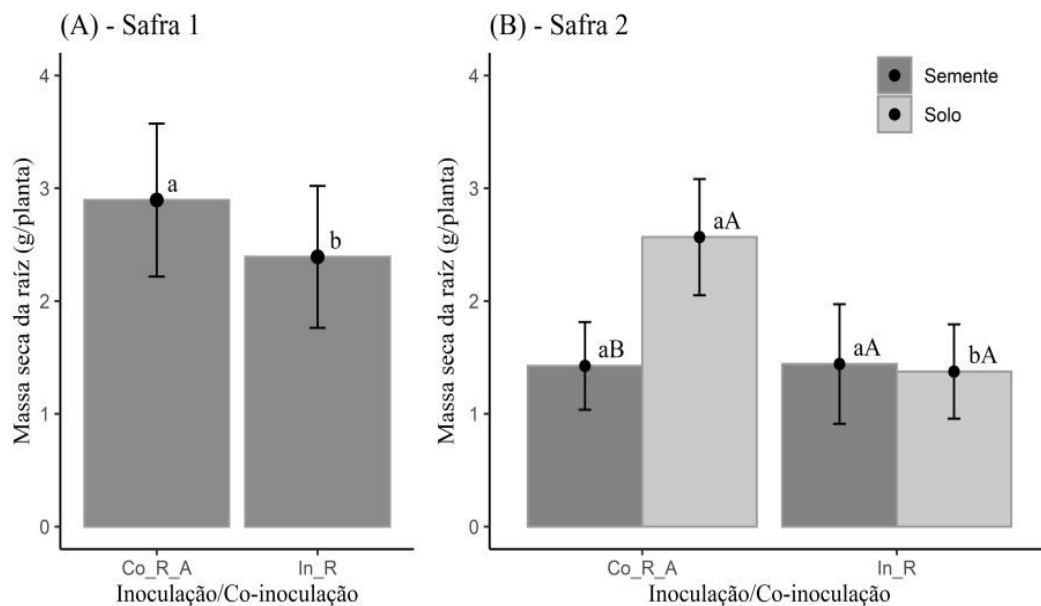


Figura 4. Massa seca da raiz de feijão inoculada e co-inoculada (A) e vias de aplicação semente e solo em função da inoculação e co-inoculação (B). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre co-inoculação e inoculação e maiúscula entre vias de aplicação (semente e solo), não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Para a massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas na safra 1 (Figura 5A), constatou-se maior valor da MSPA correspondente a 39,7 g por planta quando co-inoculadas com rizóbio + *Azospirillum*, apresentando uma superioridade de 9,8 g (32,8%) em relação as plantas inoculadas com rizóbio, que obtiveram uma MSPA de 29,9 g por planta. Mesmo comportamento foi observado para a MSPA das plantas na safra 2 (Figura 5B), onde as plantas co-inoculadas com rizóbio + *Azospirillum* apresentaram maior acúmulo de MSPA (34 g por plantas), enquanto as plantas inoculadas com rizóbio apresentaram um valor de 29,2 g por planta, ou seja, as plantas que foram co-inoculadas com rizóbio + *Azospirillum* foram superiores em 14,2% em relação as plantas inoculadas com rizóbio.

Quando o fatorial triplo foi comparado com os tratamentos adicionais (Figura 5C),

observou-se efeito significativo da MSPA apenas para a cultivar BRS Estilo (C2N1), com valor de 50,1 g por planta, superior em 15,3 g por planta (43,8%) em relação a MSPA do fatorial triplo (34,8 g por planta).

A MSPA obtida na safra 2 (Figura 5D), apresentou efeito significativo apenas para a cultivar BRS Pitanga (C3N0), com valor de 20,3 g por planta, sendo inferior em 11,3 g por planta (35,7%) a MSPA obtida no fatorial triplo (31,6 g por planta).

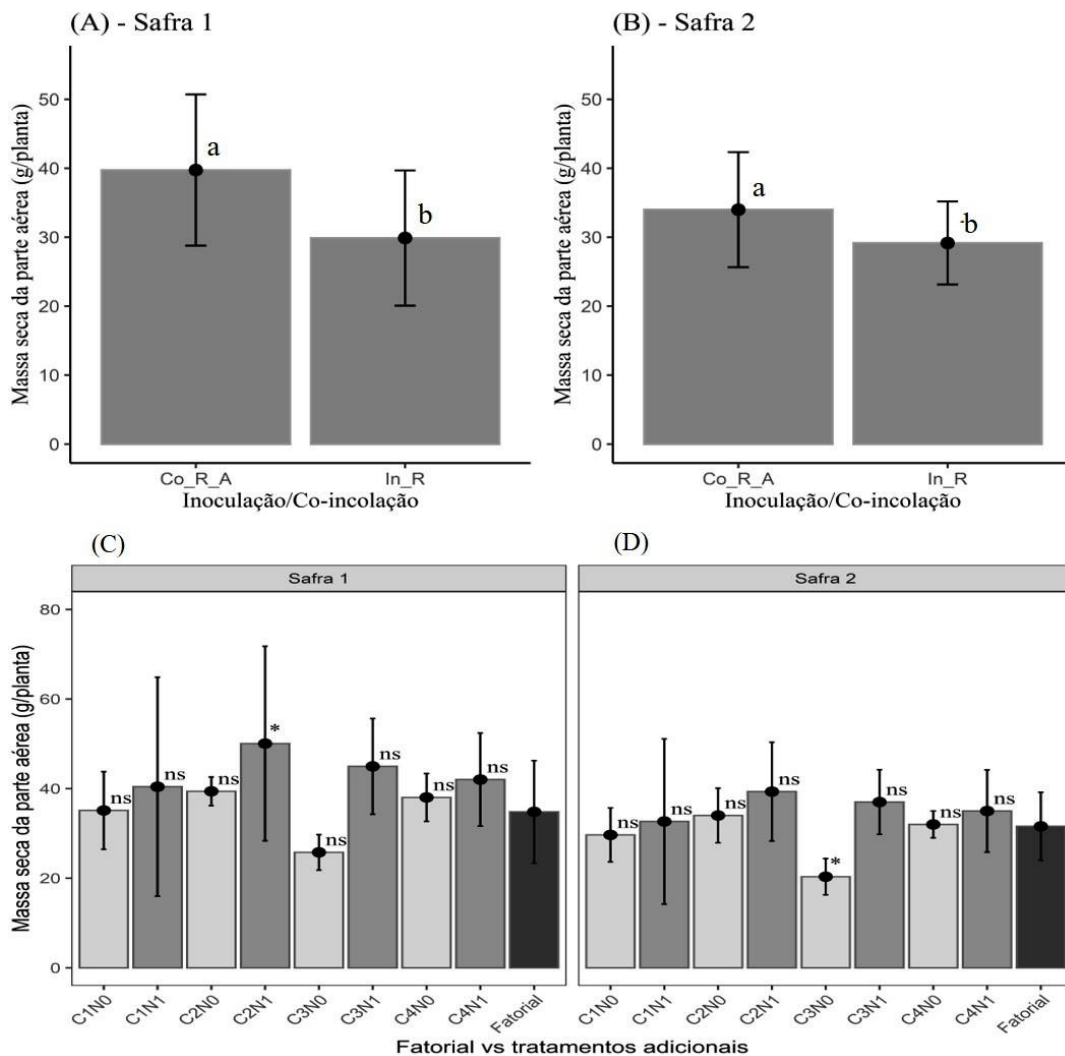


Figura 5. Massa seca da parte aérea de feijão em função da inoculação e co-inoculação safra 1 (A) e safra 2 (B) e fatorial vs tratamentos adicionais safra 1 (C), safra 2 (D). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BRS FC 402 (C1), BRS Estilo (C2), BRS Pitanga (C3) e BRS Esteio (C4), na presença do Nitrogênio mineral (N1) e sua ausência (N0). ^{NS} = não significativo, * efeito significativo.

Para a variável índice de área foliar (IAF) obtida na safra 1 (Figura 6A), inoculação com rizóbio elevou o IAF em relação à co-inoculação de rizóbio + *Azospirillum*, representando um acréscimo de 35,9%. Já no IAF do fatorial vs tratamentos adicionais (Figura 5B) foi possível averiguar se efeito significativo apenas para a cultivar BRS Esteio

(C4N1), com valor máximo obtido de 2,5, quando comparado o valor obtido no fatorial triplo (1,7), com uma diferença de 0,8 ou 31,7% do IAF.

O IAF na safra 2 (Figura 6C), apresentou efeito significativo apenas para as cultivares BRS Estilo (C2N0), (C2N1), e BRS Esteio (C4N0) e (C4N1), na ausência e na presença do nitrogênio com valores de 2,0; 2,1; 1,6 e 2,3, respectivamente.

Os tratamentos adicionais apresentaram superioridade do IAF em 45,8; 51,3; 31,3 e 46,6% em relação ao fatorial, que obteve o valor 1,1. Os maiores IAF foram obtidos na cultivares (C2N1) 2,1 e (C4N1) 2,3 na presença do N.

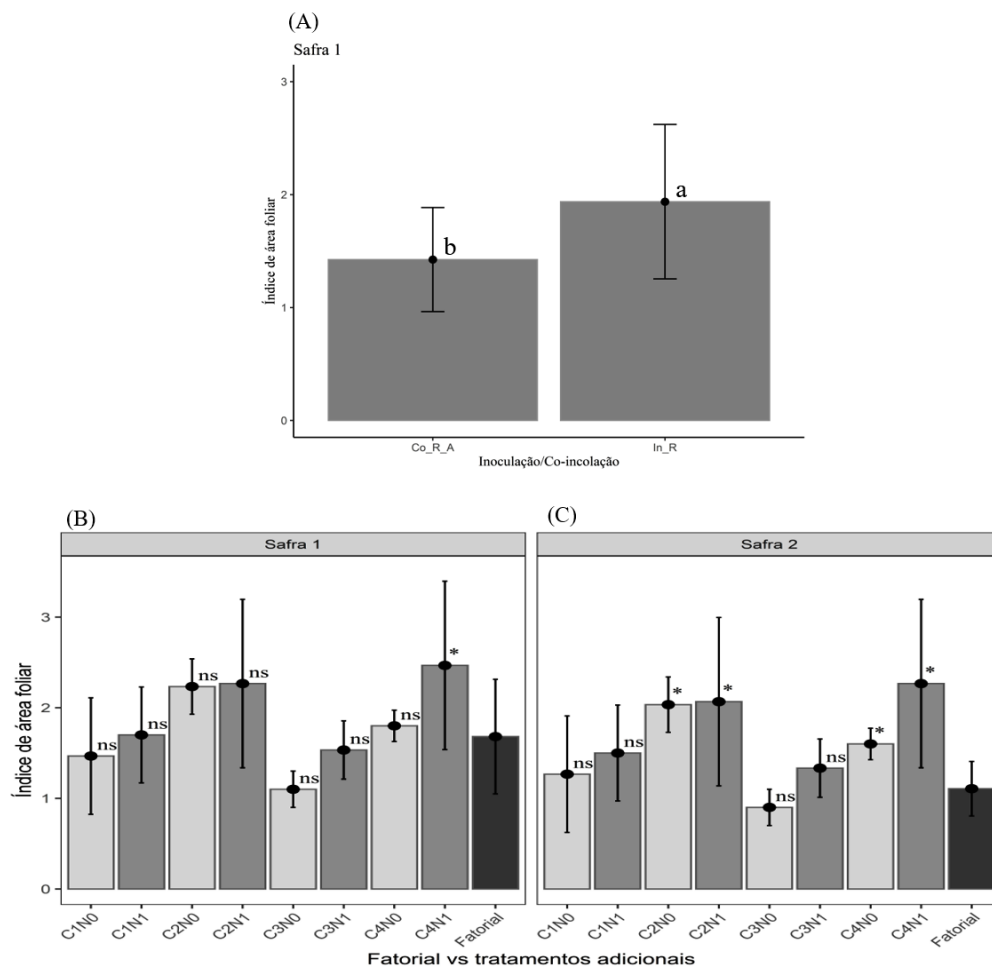


Figura 6. Índice de área foliar do feijão em função da inoculação e co-inoculação (A), e fatorial vs tratamentos adicionais safra 1 (B), safra 2 (C). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BRS FC 402 (C1), BRS Estilo (C2), BRS Pitanga (C3) e BRS Esteio (C4), na presença do Nitrogênio mineral (N1) e sua ausência (N0). ^{NS} = não significativo, * efeito significativo.

Para o teor de nitrogênio (TN) das cultivares nos dois inoculantes (rizóbio + *Azospirillum* e rizóbio) safra 1 (Figura 7A) observa-se que a cultivar BRS Estilo apresentou maior TN ($31,8 \text{ g kg}^{-1}$) da parte aérea na co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* sendo superior a cultivar BRS Esteio ($28,8 \text{ g kg}^{-1}$), em 2 g kg^{-1} ou 6,3%. Porém, não diferiu

estatisticamente das cultivares BRS FC 402 e BRS Pitanga.

Quando as cultivaras foram inoculadas com rizóbio, o maior TN da parte área foi obtido na cultivar BRS FC 402 com 28,5 g kg⁻¹, porém, não diferiu estatisticamente da cultivar BRS Pitanga. As demais cultivares BRS Estilo (24,3 g kg⁻¹) e BRS Esteio com (24,2 g kg⁻¹), foram inferiores a BRS FC 402, apresentando redução do TN de 4,2 e 4,3 g kg⁻¹.

Quando comparado o TN da parte aérea das cultivares co-inoculadas e inoculadas, evidencia-se um maior TN nas cultivares co-inoculadas com incrementos de 7,5;4,0 e 4,7 g kg⁻¹ ou 23,6% para BRS Estilo, 13,1% para BRS Pitanga e 16,2% para BRS Esteio, respectivamente. Já a cultivar BRS FC 402 não apresentou diferença estatística para dois inoculantes (rizóbio + *Azospirillum* erizóbio).

A aplicação conjunta de rizóbio +*Azospirillum* via solo promoveu o maior TN da parte aérea das plantas, com valor de 34,7 g kg⁻¹, enquanto a aplicação via semente apresentou o TN equivalente a 25,7 g kg⁻¹, ou seja, uma diferença de 9 g kg⁻¹, ou 25,9% em relação a via solo (Figura 7B). Na inoculação apenas com rizóbio, as vias de aplicação (semente e solo) não apresentarem diferença estatísticas entre si. A aplicação via semente também não apresentou diferença estatística em função da co-inoculação com rizóbio +*Azospirillum* e inoculação com rizóbio. A aplicação via solo na co-inoculação com rizóbio +*Azospirillum* promoveu maior TN (34,7 g kg⁻¹) em comparação a inoculação com rizóbio (26 g kg⁻¹), representando um aumento de 24,9% no TN da área foliar.

Pelo TN encontrado na parte aérea das cultivares sob as vias de aplicação semente e solo, safra 1 (Figura 7C), foi possível observar que quando submetidas a aplicação via semente a cultivar BRS FC 402 se destacou com 28,7 g kg⁻¹, sendo superior a BRS Estilo (26,2g kg⁻¹) em 2,5 g kg⁻¹, representado uma diferença de 8,9%. A cultivar BRS FC 402 não diferiu estatisticamente das demais cultivares (BRS Pitanga e BRS Estilo). As cultivares submetidas a aplicação via solo não diferiram estatisticamente entre si. Ao comparar cada cultivar nas duas vias de aplicação, observa-se que o TN encontrado foi superior nas cultivares BRS Estilo (30 g kg⁻¹), BRS Pitanga (30,83 g kg⁻¹) e BRS Esteio (30 g kg⁻¹) submetidas a aplicação via solo, com incrementos de 3,8; 4,3e 7 g kg⁻¹ ou 12,8; 14,1 e 23,3% respectivamente, exceto para a cultivar BRS FC 402 que não diferiu estatisticamente nas vias de aplicação.

Para o TN nas vias de aplicação (semente e solo) nos dois inoculantes (rizóbio + *Azospirillum* e rizóbio), safra 2 (Figura 7D), observa-se comportamento semelhante a safra 1 em que o tratamento conjunto de rizóbio + *Azospirillum* via solo foi a responsável pelo maior TN com 40,3 g kg⁻¹, enquanto que a aplicação via semente apresentou TN de 29,3 g kg⁻¹, uma diferença de 11 g kg⁻¹, ou um aumento de 27,3% no TN nas folhas das plantas submetidas a

aplicação de rizóbio+*Azospirillum* via solo. Na inoculação apenas com rizóbio, as vias de aplicação (semente e solo) não apresentarem diferença estatística entre si.

A aplicação via semente também não apresentou diferença estatística em função da co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* e inoculação com rizóbio. A aplicação via solo na co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* promoveu maior TN (40,3 g kg⁻¹) em comparação a inoculação com rizóbio (31,3 g kg⁻¹), representando um acréscimo de 22,4% no TN na área foliar do feijoeiro.

O TN para o fatorial triplo vs tratamentos adicionais, safra 1 (Figura 7E), apresentou efeito significativo apenas para os tratamentos adicionais (C1N1), (C2N1), (C3N1)(C4N1) na presença do N, com TN de 31,3; 35,7; 32,0 e 34,7 g kg⁻¹, respectivamente, apresentando superioridade de 10,2; 21,2; 12,1 e 18,9% em relação ao TN obtido no tratamento fatorial (28,1g kg⁻¹). O tratamento adicional (C1N0) sob a ausência do N também apresentou efeito significativo com valor de 25,6g kg⁻¹, sendo inferior ao tratamento fatorial em 9,9%.

Ao realizar a comparação dos tratamentos adicionais com o fatorial triplo na safra 2 (Figura 7F), verifica-se que o fatorial apresentou TN de 33,1 g kg⁻¹, demonstrando superioridade aos adicionais (C1N0) com 25,7 g kg⁻¹, (C2N0) com 24,3 g kg⁻¹, (C3N0) e (C4N0) com 25,3 g kg⁻¹, respectivamente, o que representa reduções de 22,4; 26,5 e 25,8%.

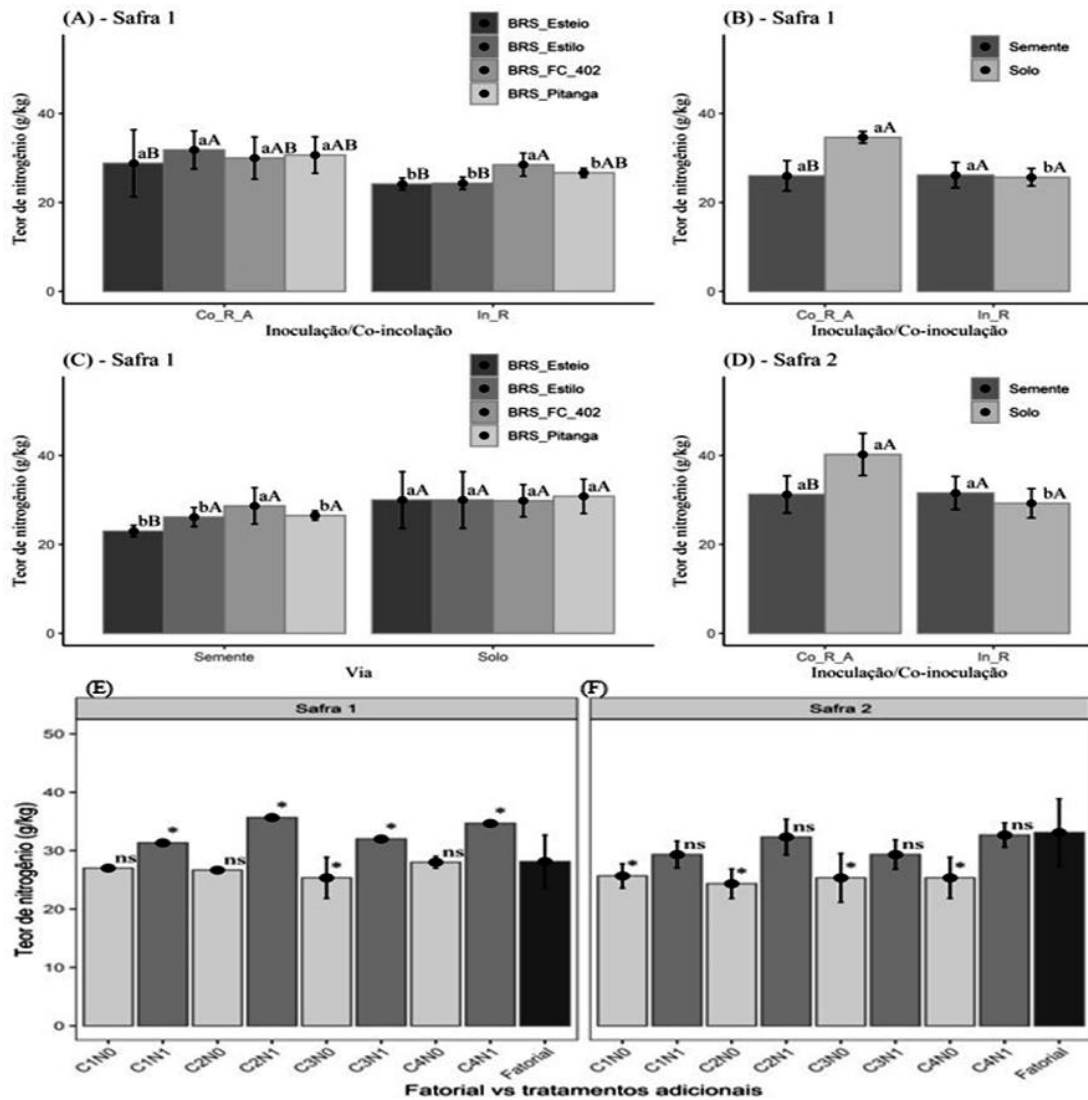


Figura 7. Teor de nitrogênio das cultivares em função da inoculação e co-inoculação (A) e nas via de aplicação semente e solo (C). Para as vias de aplicação semente e solo em função da inoculação e co-inoculação safra 1 (B) e safra 2 (D) e fatorial vs tratamentos adicionais safra 1 (E), safra 2 (F). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre co-inoculação e inoculação, e maiúscula entre cultivares não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre co-inoculação e inoculação, e maiúscula entre vias de aplicação (semente e solo) não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre via semente e solo e maiúscula entre cultivares não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). BRS FC 402 (C1), BRS Estilo (C2), BRS Pitanga (C3) e BRS Esteio (C4), na presença do Nitrogênio mineral (N1) e sua ausência (N0). ^{NS} = não significativo, * efeito significativo.

4.3 Características agrônômicas

Para o estande final (EF) das cultivares sob presença dois inoculantes (rizóbio + *Azospirillum* e rizóbio), safra 1 (Figura 8A), nota-se que a cultivar BRS Pitanga apresentou maior EF (11,0 plantas por metro linear) na presença da co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum*, sendo superior em 13,6% em comparação a cultivar BRS FC 402 com 9,5 e 15,5% em relação a cultivar BRS Esteio, com 9,3 plantas por metro linear, porém não diferiu

estatisticamente da cultivar BRS Estilo. Quando as cultivares foram inoculadas com rizóbio, a cultivar BRS Pitanga apresentou maior EF, com 11,5 plantas por metro linear, sendo superior em 32,1; 20; e 16,1% para as cultivares BRS Esteio, BRS Estilo e BRS FC 402 que apresentaram valores de EF equivalentes a 7,8; 9,2 e 9,5 plantas por metro linear, respectivamente.

Quando comparado o EF das cultivares co-inoculadas e inoculadas, observa-se que a co-inoculação promoveu um acréscimo de 12,8 e 16,1% nas cultivares BRS Estilo e BRS Esteio, respectivamente, em relação ao EF verificado quando as mesmas foram inoculadas. Não foi detectada diferença estatística entre as cultivares BRS FC 402 e BRS Pitanga quando comparadas na co-inoculação e inoculação.

Para EF das cultivares submetidas as aplicações via semente e solo, safra 1 (Figura 8B), nota-se na via semente, a cultivar BRS Pitanga apresentou o melhor EF (11,2 plantas) não diferindo estatisticamente da BRS Estilo, mostrando superioridade de 31,4% a BRS Esteio, que obteve 7,7 e 21,4% a BRS FC 402 com 8,8 plantas por metro. Já na aplicação via solo, a cultivar BRS Pitanga também demonstrou superioridade de 16,4% no EF em relação as cultivares BRS Estilo e BRS Esteio, que apresentaram EF iguais a 9,5 plantas por metro. A cultivar BRS Pitanga não diferiu estatisticamente da BRS FC 402.

Quando comparado as cultivares nas vias de aplicação, a BRS Esteio e BRS FC 402 apresentaram melhor EF (9,5 e 10,2 plantas por metro liner) na aplicação via solo em relação a via semente (7,7 e 8,8 plantas por metro), ou seja, uma diferença de 19,3 e 13,1%. Já a BRS Estilo apresentou melhores resultados de EF na aplicação via semente, com 10,5 plantas por metro liner, correspondendo ao incremento de 9,5% em relação a via solo.

Para o EF nas vias de aplicação semente e solo em função da co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* e rizóbio, safra 1 (Figura 8C) a aplicação via solo mostrou melhores resultados de EF (10,8 plantas por metro liner) em relação a via semente (9,5 plantas por metro liner), resultando em um acréscimo de 1,3 plantas por metro liner (11,6%). Na inoculação, as vias de aplicação não apresentaram diferença estatística entre si. Ao comparar cada via de aplicação na co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* e inoculação com rizóbio, observa-se o tratamento via solo apresentou os melhores resultados de EF em função da co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* com 10,8 plantas por metro liner, sendo superior em 1,4 plantas por metro liner (12,9%) em comparação à inoculação com rizóbio que apresentou EF de 9,4 plantas por metro liner. A inoculação via semente não apresentou diferença estatística das co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* e inoculação com rizóbio.

Ao avaliar o EF das cultivares, safra 2 (Figura 8D), destaca-se a cultivar BRS Pitanga com 10,5 plantas por metro liner, não diferiu das cultivares BRS FC 402 e BRS Estilo. A

cultivar BRS Esteio apresentou o menor EF (8 plantas por metro liner), mostrando uma inferioridade de 23,8% em comparação a cultivar BRS Pitanga.

Para o EF nas vias de aplicação semente e solo em função da co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* e rizóbio, safra 1 (Figura 8E), a aplicação via solo apresentaram melhores resultados de EF (10,9 plantas por metro liner) em relação a via semente (8,4 plantas por metro liner), resultando em um acréscimo de 2,5 plantas por metro liner (22,9%). Na inoculação, as vias de aplicação não apresentaram diferença estatística entre si.

Ao comparar cada via de aplicação na co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* e inoculação com rizóbio, observa-se a aplicação via semente com inoculação somente apresentou o melhor EF com 8,4 plantas por metro linear, essa quantidade foi superior à co-inoculação, que apresentou um EF de 7,9 plantas por metro linear. Portanto, na aplicação via semente, a inoculação demonstrou uma superioridade no EF de aproximadamente 5,9% em relação à co-inoculação. Já a aplicação via solo, não diferiu estatisticamente quando submetidas a co-inoculação e inoculação.

O EF no fatorial vs adicionais na safra 1 (Figura 8F), apresentou efeito significativo apenas para os tratamentos adicionais (C1N0), (C3N0) e (C4N0) na ausência do N, e (C2N1), (C3N1) e (C4N1) na presença do N, com valores de EF de 8,7; 11,7; 8,3; 11,7; 12,7 e 8,77 plantas por metro linear, respectivamente. O fatorial triplo obteve EF de 9,8 plantas por metro linear, apresentando uma redução no EF de 2,9 plantas por metro linear ou 22,8% em relação ao adicional (C3N1), que apresentou o maior número EF. O tratamento adicional (C4N0) apresentou o menor número de EF (8,3 plantas por metro linear) sendo inferior ao EF obtido no tratamento fatorial, que apresentou aumento no EF de 1,5 plantas por metro linear.

Para o EF no fatorial vs adicionais na safra 2 (Figura 8G), houve efeito significativo apenas para os tratamentos adicionais (C1N0) na ausência do N, (C3N1) e (C4N1) na presença do N, com valores EF de 7,3; 11 e 7,0 plantas por metro linear, respectivamente. O fatorial triplo, por sua vez, obteve um EF de 9,1 plantas por metro linear, demonstrando ser superior aos adicionais (C1N0) e (C4N1) em 1,8 e 2,1 plantas por metro linear, respectivamente, e inferior ao adicional (C3N1) em 1,9 plantas por metro linear.

O fatorial triplo obteve 9,1 plantas no EF, sendo superior aos adicionais (C1N0) e (C4N1) em 1,8 e 2,1 plantas por metro linear, e superior ao adicional (C3N1) em 1,9 plantas por metro linear.

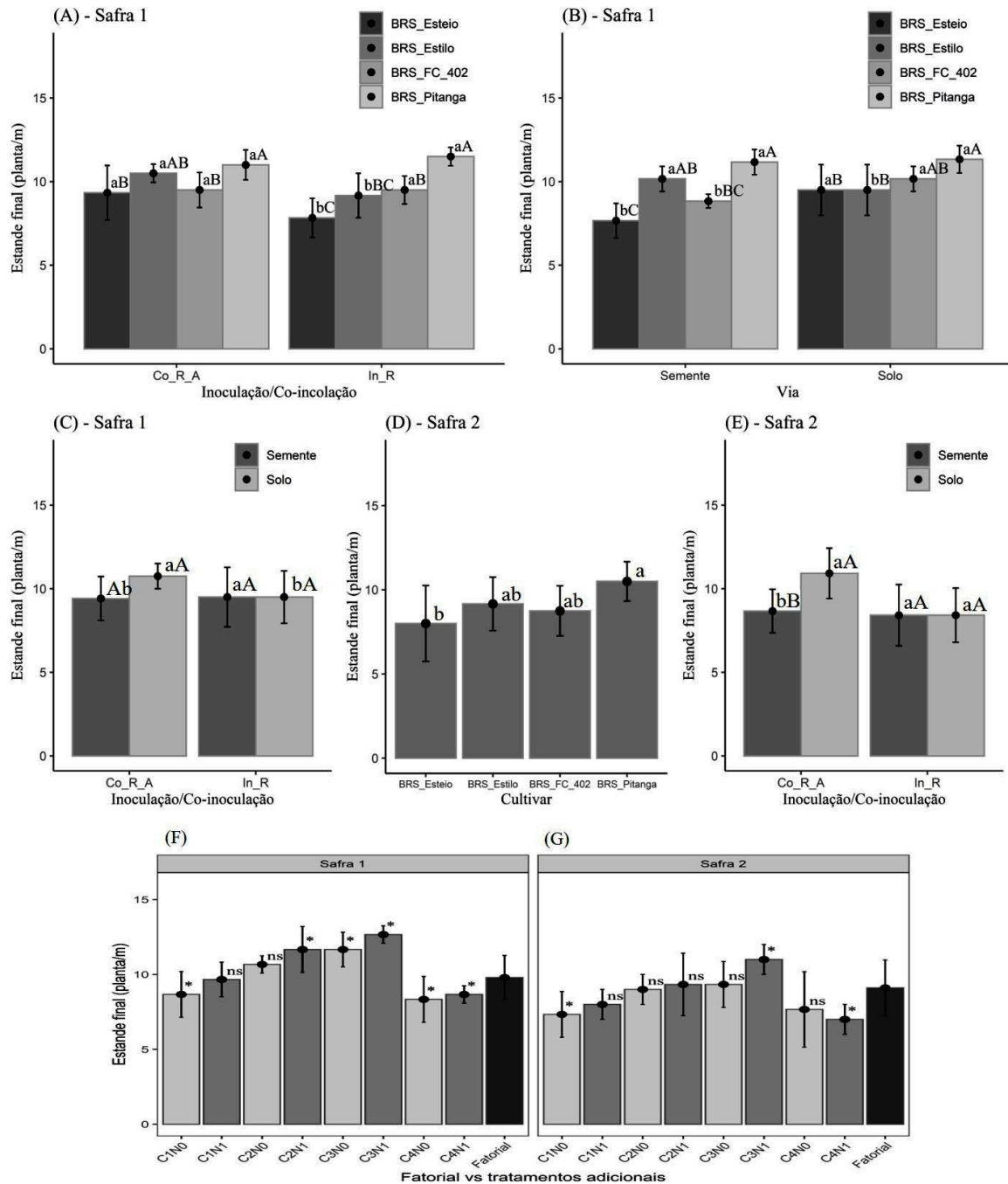


Figura 8. Estande final das cultivares de feijão em função da inoculação e co-inoculação (A) e nas vias de aplicação semente e solo (B). Para as vias semente e solo em função da inoculação e co-inoculação safra 1 (C) e safra 2 (E), para as cultivares (D) e fatorial vs tratamentos adicionais safra 1 (E), safra 2 (F). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre co-inoculação e inoculação, e maiúscula entre cultivares não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre via semente e solo e maiúscula entre cultivares não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre co-inoculação e inoculação, e maiúscula entre vias de aplicação (semente e solo) não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BRS FC 402 (C1), BRS Estilo (C2), BRS Pitanga (C3) e BRS Esteio (C4), na presença do Nitrogênio mineral (N1) e sua ausência (N0). ^{NS} = não significativo, * efeito significativo.

Verificou-se para o número de vagens por planta (NVP), safra 1 (Figura 9A), que as plantas submetidas a co-inoculação com rizóbio + *azospirillum* apresentaram o maior NVP (11,9), apresentando uma diferença de 1,6 vagens quando comparadas as plantas inoculadas com *rizóbio*, que apresentaram o NVP equivalente a 10,3, ou seja, a co-inoculação foi superior em 15,1% na quantidade de vagens por plantas em relação a inoculação. Já para o NVP sob as vias aplicação (Figura 9B), notou-se que a aplicação mais eficaz para o NVP foi realizada no solo. Nessa forma de aplicação, houve um aumento de 11,8 vagens por planta em comparação à via semente, que resultou em 10,4 vagens por planta. Essa diferença de 1,3 vagens representa um incremento de 11,4% na produção de vagens.

O NVP na safra 2 (Figura 9C), apresentou interação entre a inoculação e co-inoculação com as vias de aplicação semente e solo. A aplicação no solo associada a co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* se mostrou superior em termos de produção de vagens, onde as plantas nessa condição apresentaram um total de 13,6 vagens por planta. Quando a aplicação foi feita via semente o NVP foi reduzido para 9,1, representando um decréscimo de 33,1% em relação à aplicação feita diretamente no solo em função da co-inoculação. Não houve diferença estatística entre as vias de aplicação solo e semente em função da inoculação com *rizóbio*.

A aplicação via semente também não diferiu estatisticamente na co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* e inoculação com rizóbio. Já a aplicação via solo, a co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* apresentou maior NVP (13,6 vagens por planta) do que a inoculação com rizóbio (10,3 vagens por planta), representando um aumento de 3,3 vagens por planta.

Ao analisar o NVP para o fatorial triplo com os adicionais na safra 1 (Figura 9D) observa-se efeito significativo apenas para as cultivares BRS Estilo (C2N1), BRS Pitanga (C3N0) e BRS Esteio (C4N1), com valores de 14,0; 7,7; 15,6, respectivamente. Os tratamentos adicionais BRS Estilo (C2N1) e BRS Esteio (C4N1) na presença do N, apresentaram superioridade de 2,9 e 4,5 vagens em relação ao fatorial, que apresentou 11,1 vagens por planta, representando acréscimos de 20,7 e 28,8%. Já na cultivar BRS Pitanga (C3N0) produziu 7,7 vagens por planta, valor este inferior ao fatorial triplo com cerca de 44,2%.

Na safra 2 (Figura 9E) o fatorial triplo apresentou o maior NVP (10,8), tendo superioridade de 44,2, 28,7 e 57,2% em relação aos tratamentos adicionais na ausência do N, BRS FC 402 (C1N0) com 6,0; BRS Estilo (C2N0) com 7,7 e BRS Pitanga (C3N0) com 4,6 vagens por planta, respectivamente.

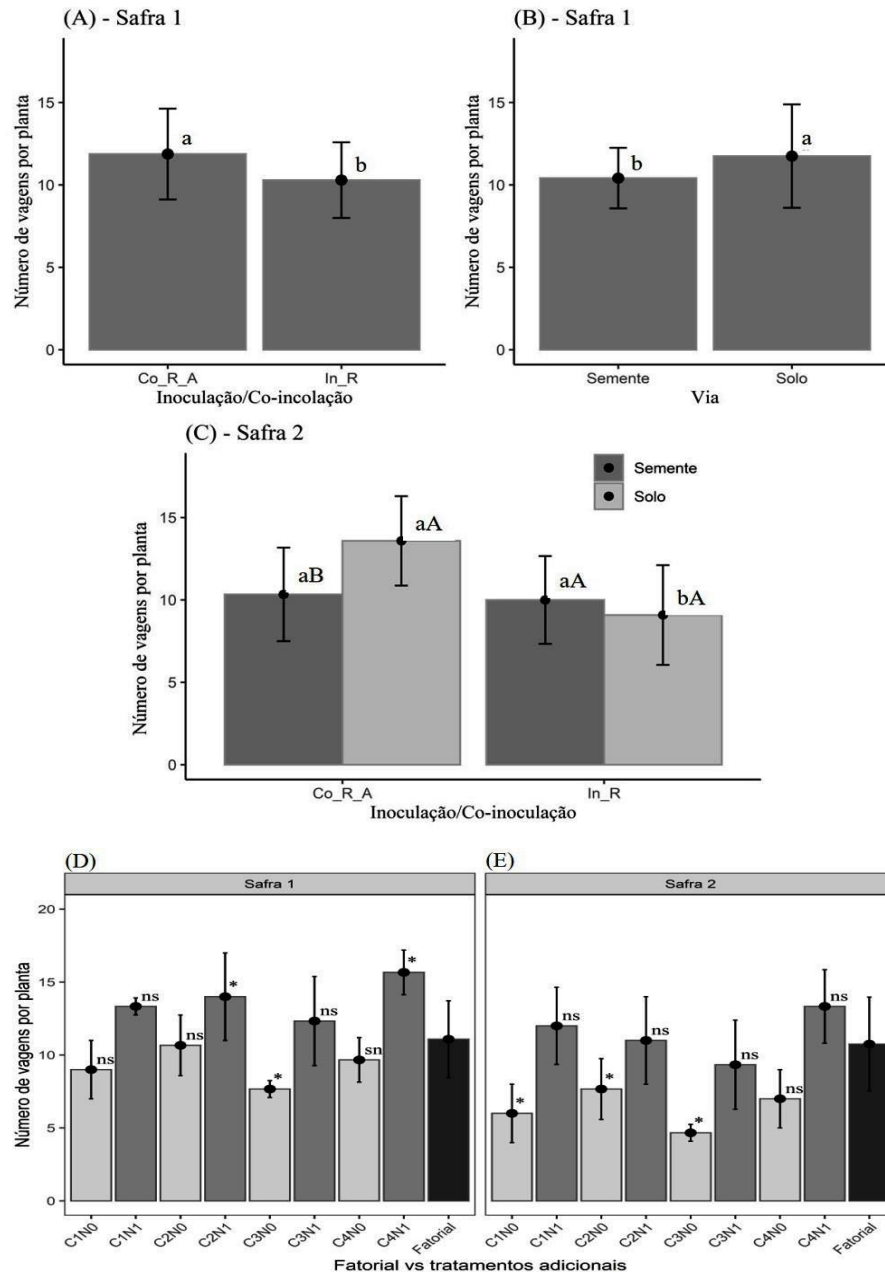


Figura 9. Número de vagens por planta de feijão em função da inoculação e co-inoculação (A) e vias de aplicação semente e solo (B), inoculação e co-inoculação em resposta à aplicação, semente e solo (C) e fatorial vs tratamentos adicionais safra 1 (D), safra 2 (E). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre co-inoculação e inoculação e maiúscula entre vias de aplicação (semente e solo), não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). BRS FC 402 (C1), BRS Estilo (C2), BRS Pitanga (C3) e BRS Esteio (C4), na presença do Nitrogênio mineral (N1) e sua ausência (N0). ^{NS} = não significativo, * efeito significativo.

No número de grãos por vagem (NGV) na safra 1 (Figura 10A), a co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* registrou uma média de 5,6 grãos por vagem, exibindo um acréscimo de 0,6 grãos por vagem em comparação às plantas inoculadas apenas com rizóbio, as quais apresentaram 5 grãos por vagem, que representa um aumento de 11,6% no número de grãos.

Ao analisar o NGV nas cultivares (Figura 10B), constatou-se que a cultivar BRS Esteio apresentou o maior NGV, com uma média de 5,8 grãos por vagem. Essa quantidade foi superior em 0,8 e 0,9 grãos por vagem em comparação com as cultivares BRS FC 402 e BRS Pitanga, respectivamente. Não diferindo estatisticamente da BRS Estilo com 5,5 grãos por planta.

Na safra 2, o NGV das plantas co-inoculadas com rizóbio + *Azospirillum* e inoculadas com rizóbio nas duas formas de aplicação (semente e solo) (Figura 10C), não apresentaram diferença estatística entre si. Já a co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* promoveram maior NGV na aplicação quando realizada via solo, com 4,9 grãos por vagem, sendo superior em 18,5% ao número de grãos verificada no tratamento que recebeu a inoculação com rizóbio.

Ao analisar o NVG para o fatorial triplo vs adicionais na safra 1 (Figura 10D), verificou-se efeito significativo apenas para os tratamentos adicionais BRS Estilo (C2N1) e BRS Pitanga (C3N0), com NVG de 6,3 e 4,0 grãos por vagem, respectivamente. O tratamento adicional BRS Estilo (C2N1) foi superior ao fatorial em 15,9% ou 1,0 grão por vagem, e a BRS Pitanga (C3N0) inferior ao fatorial em 32,5% ou 1,3 grão por vagem.

Assim como na safra 1, o tratamento adicional BRS Estilo (C2N1) na safra 2 (Figura 10E) foi superior (5,3 grão por vagem) ao fatorial (4,5 grãos por vagem), com um incremento de 0,8 grãos por vagem, representando um acréscimo de 16,3%. Porém, o tratamento fatorial triplo foi superior ao adicional da cultivar BRS Pitanga (C3N0), com 3 grãos por vagem, ou seja, um incremento de 1,5 grãos por vagem, ou 32,7%.

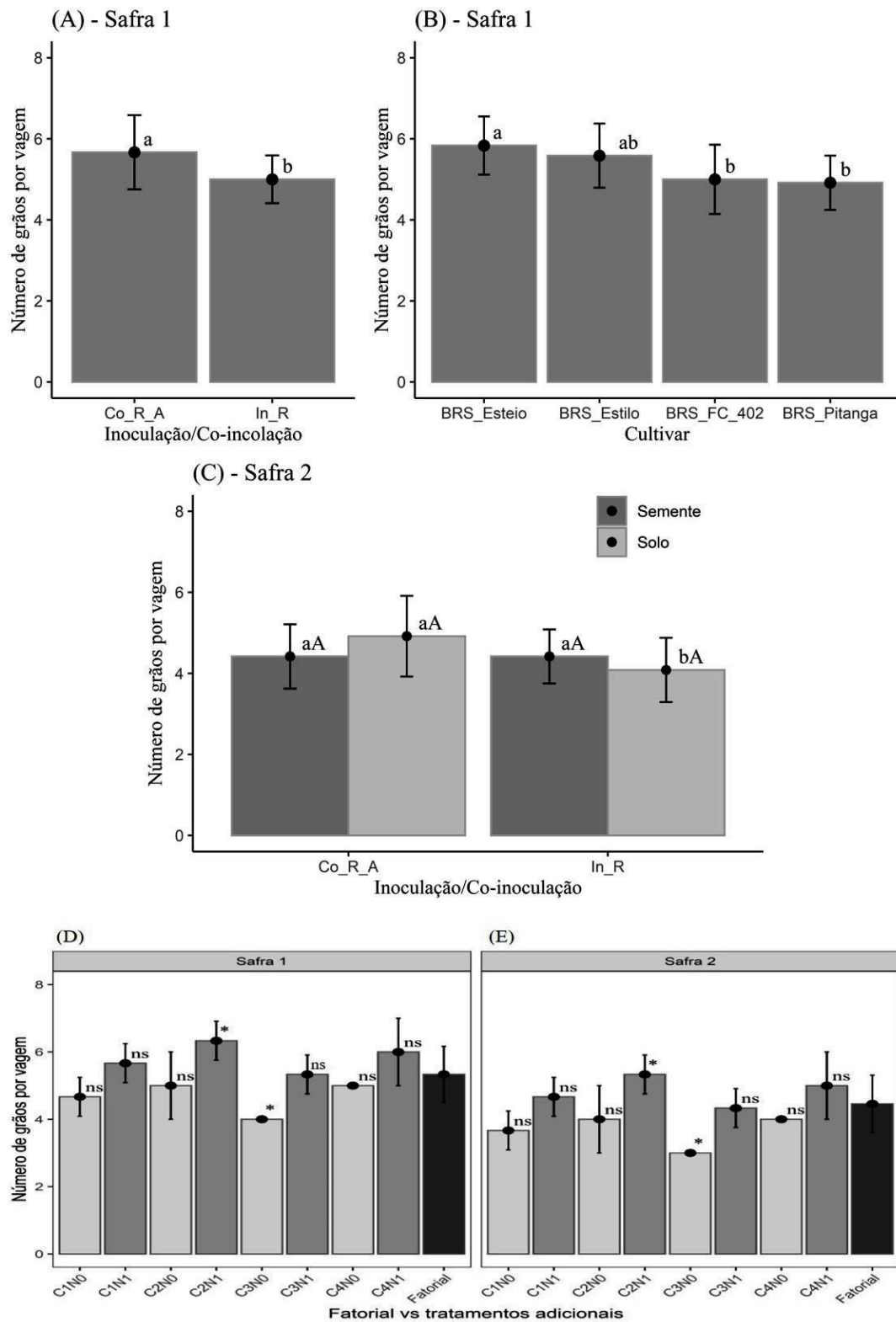


Figura 10. Número de grãos por vagens de feijão em função da inoculação e co-inoculação (A), e cultivares (B), aplicação de via semente e solo em função da inoculação e co-inoculação (C), e fatorial vs tratamentos adicionais safra 1 (D), safra 2 (E). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre via semente e solo e maiúscula cultivares não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). BRS FC 402 (C1), BRS Estilo (C2), BRS Pitanga (C3) e BRS Esteio (C4), na presença do Nitrogênio mineral (N1) e sua ausência (N0). ^{NS} = não significativo, * efeito significativo.

Para o peso de cem grãos (PCG), safra 1 (Figura 11A) pode-se notar que a cultivar BRS Esteio produziu maior PCG, com um valor de 22,1 g, seguida pela cultivar BRS Estilo com 20,9 g, superiores em 9,9 e 4,8% em relação à BRS FC 402 que obteve 19,9 g, e 13,1 e 8,1% em relação à BRS Pitanga. O maior PCG, safra 2 (Figura 11B), foi observado nas plantas co-inoculadas com rizóbio + *Azospirillum*, (19,4 g), com uma diferença de 2 g em relação ao PCG das plantas inoculadas com *rizóbio*, que apresentam valor de 17,4 g, ou seja, um aumento de 11,3% no PCG.

Foi constatada interação das cultivares com as vias de aplicação semente e solo (Figura 11C), onde foi possível observar que para a inoculação no solo, o maior PCG foi obtido na cultivar BRS Esteio, com 19,7g não diferindo estatisticamente das cultivares BRS Estilo e BRS FC 402. A BRS Esteio foi superior em 17,8% em relação a cultivar BRS Pitanga. Já na aplicação feita diretamente no solo, o maior PCG foi obtido na cultivar BRS Estilo com 20,8 g, não diferindo estatisticamente das cultivares BRS Esteio e BRS Pitanga, apresentando superioridade de 20,7% no PCG em relação a BRS FC 402.

Ao comparar as cultivares nas duas vias de aplicação (semente e solo), observa-se que as cultivares BRS Esteio e BRS FC 402 não diferiram estatisticamente entre si, independente da via de aplicação. As cultivares BRS Estilo e BRS Pitanga apresentaram maior PCG quando submetidas a aplicação via solo, com valores de 20,8 e 18,9 g, correspondendo a uma diferença de 2,7 e 2,6 g ou 14,9 e 16,4% respectivamente, em relação a aplicação via semente.

Ao comparar o fatorial triplo com os adicionais, safra 1 (Figura 11D) foi possível averiguar que apenas as cultivares BRS Pitanga (C3N0 e C3N1) e BRS Esteio (C4N0 e C4N1) diferiram estatisticamente entre si, sendo os maiores PCG encontrados nos tratamentos adicionais (C4N0 e C4N1), com 22,3 e 22,5 g, valores superiores em 7,7 e 8,8% ao observado no fatorial que obteve 20,5 g. Já o tratamento fatorial apresentou um aumento de 9,9 e 9% no PCG quando comparado com a cultivar BRS Pitanga e seus tratamentos adicionais (C3N0 e C3N1) onde a mesma obteve 18,5 e 18,7 g, respectivamente.

Quando se verifica a comparação dos adicionais com o fatorial triplo na safra 2 (Figura 11E), observa-se um incremento do PCG na cultivar BRS Esteio (C4N1) sob a presença do N, com valor de 20,9 g, apresentando maior PCG em relação ao fatorial triplo (18,4 g), ou seja, uma diferença de 2,5 g, o que representa um aumento de 12,1%.

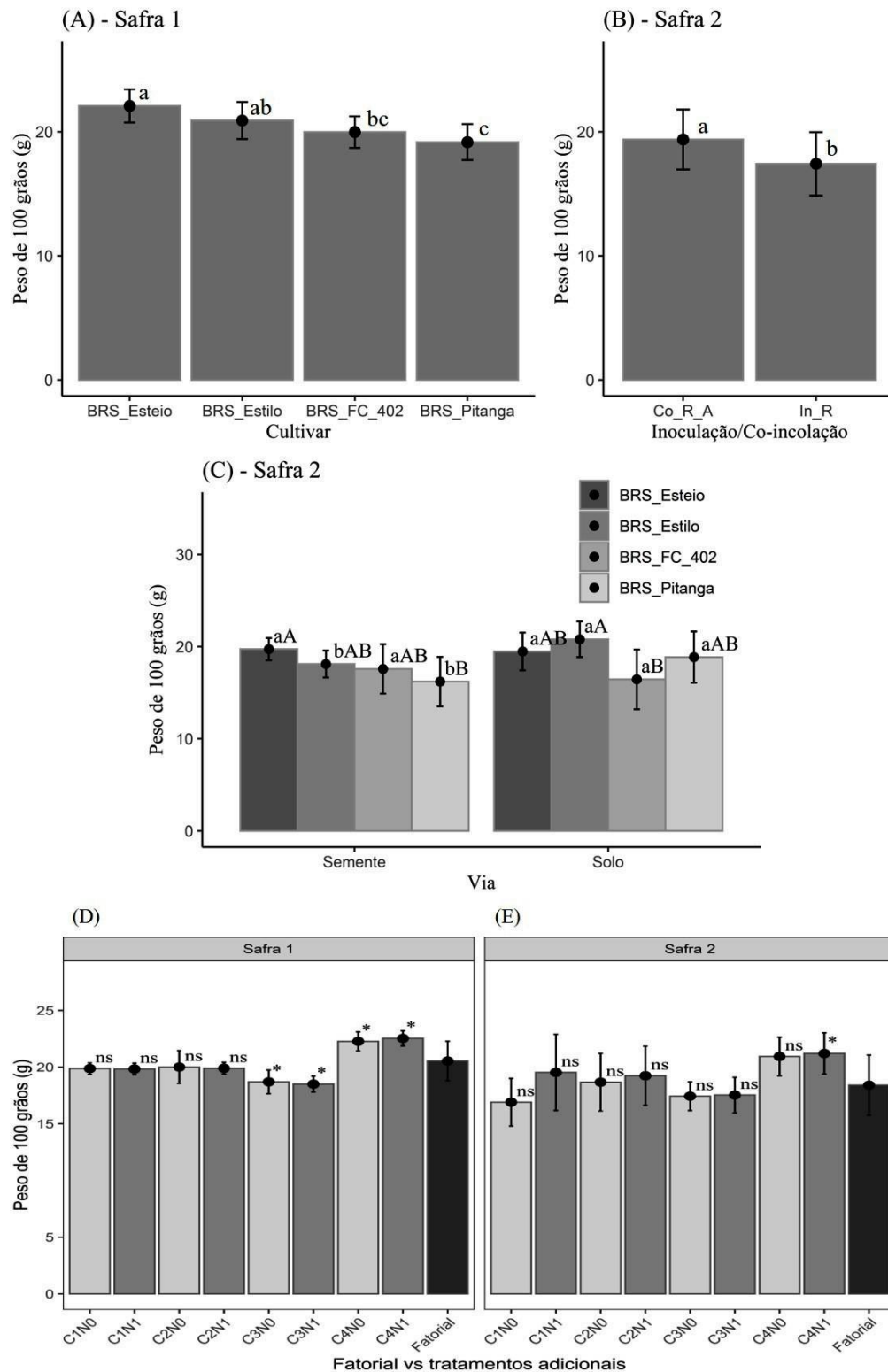


Figura 11. Peso de cem grãos para as cultivares (A) de feijão em função da inoculação e co-inoculação (B), das cultivares em função das vias de aplicação semente e solo (C) e fatorial vs tratamentos adicionais safr 1 (D), safr 2 (E). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre via semente e solo e maiúscula cultivares não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). BRS FC 402 (C1), BRS Estilo (C2), BRS Pitanga (C3) e BRS Esteio (C4), na presença do Nitrogênio mineral (N1) e sua ausência (N0). ^{NS} = não significativo, * efeito significativo.

Para o rendimento de grãos (RG) na safra 1 (Figura 12A), a aplicação conjunta de rizóbio + *Azospirillum* realizada no solo resultou em uma produtividade de 2378,9 kg ha⁻¹, superior em 963,8 kg ha⁻¹ ou 40,51% em relação à aplicação feita na semente, cuja produtividade foi de 1415,1 kg ha⁻¹. Não foi detectada diferença estatística entre as vias de aplicação solo e semente em função da inoculação com rizóbio. A aplicação realizada na semente também não diferiu estatisticamente na co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* na inoculação com rizóbio. Quando comparada a inoculação somente com rizóbio feita via solo (1704,1 kg ha⁻¹), a co-inoculação de rizóbio + *Azospirillum* (2378,9 kg ha⁻¹) também foi superior em 674,8 kg ha⁻¹, representando um incremento de 28,4% no rendimento de grãos.

O RG obtido na safra 2 (Figura 12B) apresentou o mesmo comportamento da safra 1, onde a co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* via solo possibilitou a obtenção de uma produtividade de 2076,1 kg ha⁻¹, enquanto a aplicação via semente resultou em uma produtividade de 1165,9 kg ha⁻¹, equivalendo a uma diferença de 910,2 kg ha⁻¹ evidenciando uma diferença 43,9% quando comparado as duas formas de aplicação. As vias de aplicação semente e solo não apresentaram diferença estatística em função da inoculação com rizóbio.

A aplicação via semente também não apresentou diferença estatística na co-inoculação com rizóbio + *Azospirillum* e em relação a inoculação com rizóbio. Além disso, ao comparar o RG das plantas sob aplicação via solo nos dois tipos de inoculantes rizóbio + *Azospirillum* (2076,1 kg ha⁻¹) e apenas rizóbio (1337,3 kg ha⁻¹) observa-se uma superioridade na co-inoculação rizóbio + *Azospirillum* de 738,9 kg ha⁻¹, representando um acréscimo de 35,6%.

Na interação das cultivares com a inoculação e co-inoculação (Figura 12C) referente a safra 2, foi constatada que na co-inoculação o maior RG foi obtido na cultivar BRS Estilo, com 2049,3 kg ha⁻¹, não diferindo estatisticamente da cultivar BRS Esteio, mostrando superioridade no RG de 500,4 kg ha⁻¹ e 651,4 kg ha⁻¹, ou 24,4 e 31,8% em relação as cultivares BRS FC 402 com 1548,9 kg ha⁻¹ e BRS Pitanga 1397,9 kg ha⁻¹. Já o RG das cultivares submetidas a inoculação somente não diferiram estatisticamente entre si.

Quando comparado as cultivares com os dois procedimentos de aplicação de inoculantes, foi possível averiguar que as cultivares BRS Estilo (2049,3 kg ha⁻¹), BRS Esteio (1830,7 kg ha⁻¹) e BRS FC 402 (1548,9 kg ha⁻¹) submetidas a co-inoculação apresentaram um incremento no RG superior a inoculação com *rizóbio*, sendo verificada uma diferença de 822,2, 605,3 e 520,9 kg ha⁻¹, representando um incremento de 40,1; 33,1 e 33,6 %, respectivamente, no RG entre as cultivares.

Ao realizar a análise do tratamento adicional com o fatorial triplo, verificou-se para o RG na safra 1 (Figura 12D) que o fatorial triplo ($1753,5 \text{ kg ha}^{-1}$) foi inferior aos tratamentos adicionais submetidos a presença do N, exceto para a cultivar BRS Pitanga, que não diferiu estatisticamente. Os tratamentos adicionais apresentaram acréscimos no RG de 25,9% para BRS FC 402 (C1N1) com $2365,8 \text{ kg ha}^{-1}$, 35,2% para BRS Estilo (C2N1) com $2706,2 \text{ kg ha}^{-1}$ e 38,7% para BRS Esteio (C4N1) com $2859,2 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. Entretanto, o fatorial triplo foi superior aos tratamentos adicionais na ausência do N, exceto para BRS Estilo, uma vez que não diferiu estatisticamente. Os tratamentos adicionais nessa condição apresentaram uma inferioridade de 30,8% para a cultivar BRS FC 402 (C1N0) com $1213,4 \text{ kg ha}^{-1}$, 54,2% para BRS Pitanga (C3N0) com $802,6 \text{ kg ha}^{-1}$ e 33,9% para BRS Esteio (C4N0) com $1158,9 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente.

Ao realizar a comparação dos tratamentos adicionais com o fatorial triplo na safra 2 (Figura 12E), observa-se que no fatorial foi obtido RG de $1459,6 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo inferior em 29,3; 29,9 e 45,8% respectivamente aos obtidos pelos tratamentos adicionais na presença do N, que apresentaram valores de $2065,8 \text{ kg ha}^{-1}$ para BRS FC 402 (C1N1), $2072,8 \text{ kg ha}^{-1}$ para BRS Estilo (C2N1) e $2692,6 \text{ kg ha}^{-1}$ para a BRS Esteio (C4N1). O tratamento adicional BRS Pitanga (C3N1) não diferiu estatisticamente do fatorial. Já nos tratamentos adicionais na ausência do N, o fatorial triplo apresentou maior RG em relação aos tratamentos adicionais que apresentaram uma inferioridade de 44,3% para a cultivar BRS FC 402 (C1N0) com $813,4 \text{ kg ha}^{-1}$, 37% para BRS Estilo (C2N0) com $919,4 \text{ kg ha}^{-1}$, 63,3% para BRS Pitanga (C3N0) com $535,9 \text{ kg ha}^{-1}$ e 48% para BRS Esteio (C4N0) com $758,9 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente.

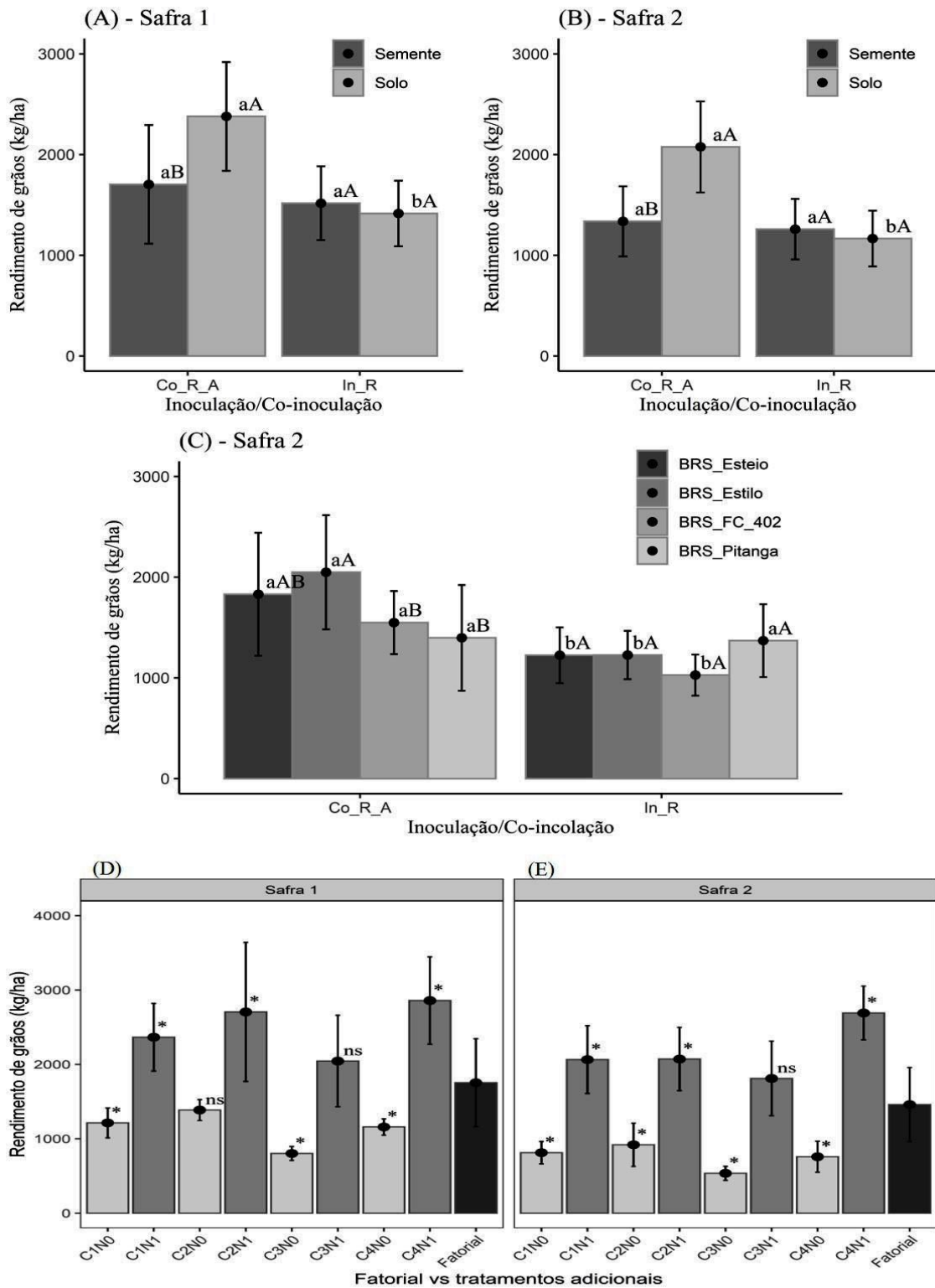


Figura 12. Rendimento de grãos de feijão em função da inoculação e co-inoculação realizada na semente e no solo, safra 1 (A) e safra 2 (B), das cultivares em função da inoculação e co-inoculação (C) e fatorial vs tratamentos adicionais safra 1 (D), safra 2 (E). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre co-inoculação e inoculação e maiúscula entre vias de aplicação (semente e solo), não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre co-inoculação e inoculação e maiúscula cultivares não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). BRS FC 402 (C1), BRS Estilo (C2), BRS Pitanga (C3) e BRS Esteio (C4), na presença do Nitrogênio mineral (N1) e sua ausência (N0). NS = não significativo, * efeito significativo.

5. DISCUSSÃO

A AP na safra 1 e na safra 2 não foi influenciada significativamente pelos fatores estudados. O comportamento observado no NN, na safra 1 (Figura 2A) pode ser explicado pela presença da fixação biológica de nitrogênio (FBN) no solo, mesmo sem a adição antrópica de nitrogênio. As bactérias responsáveis pela FBN são influenciadas por diversos fatores bióticos e abióticos, que podem afetar a formação e eficiência dos nódulos, reduzindo a absorção de nitrogênio. Além disso, em áreas onde leguminosas como soja e feijão foram cultivadas anteriormente, uma população nativa de rizóbios se estabelece e pode competir com as estirpes introduzidas pelo inoculante comercial, o que pode reduzir a eficácia da inoculação (KNUPP et al., 2017; BRITO et al., 2015). A presença da inoculação de rizóbios e a co-inoculação de rizóbios com *A. brasilense* pode promover um aumento significativo no número de nódulos por planta, devido à colonização dessas bactérias nas raízes (STEINER et al., 2019).

Os resultados obtidos na MSN na safra 1 (Figura 2E) pode estar relacionado à colonização das raízes por uma maior quantidade de rizóbios livres, o que resulta no crescimento da colônia bacteriana e, conseqüentemente, em um acréscimo na massa dos nódulos. No entanto, estudos como o de Brito et al. (2015) demonstraram que, de forma geral, o fatorial triplo, que inclui a inoculação com estirpes comerciais de rizóbios, a presença ou ausência de adubação nitrogenada de cobertura e o cultivo de cultivares de feijão comum, promoveu um aumento na massa dos nódulos. Isso sugere que a presença de uma maior quantidade de bactérias ativas nos nódulos pode estar associada ao estímulo do crescimento desses órgãos.

A co-inoculação de rizóbio e *A. brasilense* realizada no solo contribuiu para o acréscimo na quantidade e massa dos nódulos na safra 2 (Figura 2C e D). A melhoria no desenvolvimento dos nódulos pode estar relacionada à maior dose de inoculante utilizada no solo e ao estímulo proporcionado pela co-inoculação, que promove o crescimento das raízes das plantas. Esse aumento no desenvolvimento radicular permite um acesso a mais recursos, o que resulta na formação de novos nódulos, conforme observado por Prando et al. (2019) em um experimento de co-inoculação com *A. brasilense* em plantas de soja.

O efeito benéfico da co-inoculação por meio do *A. brasilense* pode ser atribuído à capacidade das bactérias de produzir fitohormônios, que estimulam o crescimento das raízes e influenciam positivamente na fixação biológica de nitrogênio (FBN). Esse efeito é observado quando comparado aos tratamentos adicionais, sendo o fatorial triplo o que apresenta os melhores resultados para o (NN) e (MSN) (Figura 1B e F) (Hungria et al., 2015; MORETTI et al., 2020).

Para o CR (Figura 3A), a MSR (Figura 4A) e a MSPA (Figura 5A e 5C), safra 1, os tratamentos com co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* se destacaram, apresentando uma superioridade em relação aos demais. Os tratamentos que receberam essa combinação apresentaram maior crescimento radicular, resultando em acréscimo da massa das raízes e da parte aérea. Isso pode ser atribuído ao fato de que essas plantas tiveram um crescimento radicular mais acentuado, promovendo aumento na superfície de contato entre as raízes e o solo. Como resultado, houve uma maior absorção de nutrientes e água, refletindo em um aumento na massa seca tanto das raízes quanto da parte aérea das plantas (OLIVEIRA et al., 2017).

Destaca-se que os resultados obtidos podem ser influenciados pelas condições do solo. Na Tabela 1 consta que na safra 1 houve uma fertilidade do solo mais elevada, com um valor de V% de 84%, indicando condições ótimas para o desenvolvimento das plantas (SCHOSSLER et al., 2016; HORÁCIO et al., 2020). Essas condições favoráveis do solo podem ter contribuído para potencializar os efeitos positivos da co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* nessa condição.

Para o IAF (Figura 6A, B e C), safra 1, houve um comportamento diferente em relação às demais características morfológicas, onde as plantas inoculadas apenas com rizóbio apresentaram o maior valor. Isso pode ser atribuído ao fato de que a co-inoculação, apesar de promover o crescimento radicular, pode exigir um maior gasto energético das plantas. Como resultado, as plantas co-inoculadas podem direcionar mais recursos para o crescimento radicular em detrimento do desenvolvimento de folhas. Esse fenômeno de priorização do crescimento radicular em detrimento da parte aérea também foi observado por Mariz et al. (2017), em um estudo com o *R. tropici* em tratamentos de sementes com fungicidas, inseticidas e polímeros em plantas de feijão comum.

Os resultados obtidos no tratamento adicional com o fatorial triplo nas safras 1 e 2 pode ser explicado pela ação do N na estrutura foliar que mostra uma viabilidade maior quando comparado a inoculação e a co-inoculação pois a mesma possui seus custos, assim o uso do N mineral pode ter diminuído a desfolha do feijoeiro comum (PRATISSOLI et al., 2012).

Para o CR (Figura 3B), MSR (Figura 4B) e a MSPA (Figura 5B e D) na safra 2, observou-se um comportamento semelhante ao da safra 1, porém com valores médios menores. Isso pode estar relacionado à fertilidade do solo da safra 2 (Tabela 1), que mostra um valor de V% de 53%, considerado abaixo do recomendado para o cultivo do feijoeiro que é 60%. Nesse contexto, os tratamentos com co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* apresentaram resultados superiores em termos de crescimento radicular (CR), massa seca de

raízes (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA).

Esses resultados podem ser atribuídos ao fato das plantas que receberam essa combinação de inoculantes apresentaram um maior crescimento radicular, o que aumentou a área de superfície de contato entre as raízes e o solo, essa maior superfície de contato permitiu uma maior absorção de nutrientes e água pelas plantas, resultando em um melhor desenvolvimento e maior produção de biomassa, resultando em maior massa seca tanto das raízes quanto da parte aérea das plantas, conforme descrito por Dartora et al. (2013) e Silva et al. (2017), que demonstra que esse fato ocorre em função da presença de uma quantidade de fitormônio que essa bactéria promove na planta.

O resultado obtido no tratamento adicional com o fatorial possivelmente está associada ao uso do fertilizante que pode ajudar a reduzir a desfolha do feijoeiro comum (PRATISSOLI et al., 2012).

Os resultados constatados para TN (Figuras 7A, B e C), EF (Figura 8A, B e C) e PCG (Figura 10A), foram semelhantes aos encontrados por Morais et al. (2015) e Bárbaro et al. (2018). Em estudos realizados com milho, ao adicionar *A. brasilense* na dose de 200 ml ha⁻¹, observou-se um aumento na resposta fisiológica da cultura. Já na cultura da soja, quando aplicado via sulco com uma dose de 450 ml ha⁻¹, constatou-se um incremento nos parâmetros agrônômicos. Esses estudos destacam os benefícios da co-inoculação com *A. brasilense* em diferentes culturas, tanto em termos de respostas fisiológicas quanto de desempenho agrônômico, corroborando os resultados obtidos nas cultivares estudadas.

Os resultados observados nas variáveis agrônômicas NVP (Figura 9A e B) e NGV (Figura 10A), safra 1, podem estar associados ao uso mais eficiente do nitrogênio disponível para as plantas e aos fatores do meio como a precipitação na época de floração do feijoeiro (SOUZA & SIMONETTI, 2019). Além disso, é importante destacar que tanto o NGV quanto o PCG são características agrônômicas com alta herdabilidade, o que significa que são fortemente influenciadas pela genética das plantas. Essas características são menos suscetíveis a modificações através do manejo, a menos que as plantas sejam adequadamente nutridas. Um adequado fornecimento de nutrientes pode resultar em um maior desenvolvimento das plantas e no aumento do número de ramos produtivos. Esse desenvolvimento mais vigoroso e a disponibilidade adequada de recursos geralmente se refletem em maior número de vagens e peso dos grãos produzidos (CAIXETA et al., 2016).

O incremento nas variáveis agrônômicas devido à bactéria *A. brasilense* se dá por conta da mesma promover a produção de fitohormônios, como o ácido indolacético, que atua como um promotor de crescimento das raízes e da parte aérea da planta. Isso resulta em uma maior absorção de água e nutrientes pelas plantas, o que, por sua vez, leva a uma maior

produção de fotoassimilados (substâncias orgânicas produzidas pela planta por meio da fotossíntese) e resistência aos estresses bióticos e abióticos (PERES et al., 2016; ZILLI et al., 2010).

Quando comparado o fatorial triplo com os adicionais na safra 1 podemos observar que as cultivares BRS Estilo (C2N1) e BRS Esteio (C4N1) para NVP (Figura 9D e E), BRS Esteio (C4N1), NGV (Figura 10D e E) e PCG (Figura 11D), e BRS Estilo, (C3N1), BRS Pitanga (C3N0 e C3N1) para EF (Figura 8F) e as cultivares BRS FC 402 (C1N1), BRS Estilo (C2N1), BRS Pitanga (C3N1) e BRS Esteio (C4N1).

Para TN (Figura 7E e F) na safra 2, identificou-se que as cultivares BRS Estilo (C2N1) para PCG (Figura 11E) e BRS Pitanga (C3N1) para EF (Figura 8G), na presença e na ausência do N mineral, demonstraram uma superioridade nos valores, mostrando assim que essas cultivares em ambas as safras responderam bem a dose de 70 kg de N ha⁻¹, corroborando aos potenciais de rendimento descritos por EMBRAPA (2017), pois essas cultivares são de alto rendimento selecionadas para o cultivo com N mineral.

As variáveis NT, EF, NVP, NGV, PCG, na safra 2, assim como na safra 1 mostraram um comportamento similar em promover acréscimos significativos quando submetidas à co-inoculação com as bactérias *R. tropici* e *A. brasilense*, por meio da aplicação via solo, onde esse aumento pode ser associado ao comportamento das bactérias diazotróficas que promoveram o fornecimento e melhorar o uso do nitrogênio disponível para as plantas (SOUZA & SIMONETTI., 2019; PERES et al., 2016). Entretanto, quando observado esses parâmetros devido a menor fertilidade da safra 2 pode ser notado uma redução das médias encontradas, uma vez que a disponibilidade de nutrientes limita a produção do feijoeiro, principalmente em solos como os encontrados no Cerrado (COBUCCI et al., 2015), mesmo após a correção do solo.

A co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* pode contribuir para uma melhor utilização dos fotoassimilados pelas plantas, e isso está relacionado à capacidade do *A. brasilense* de secretar ácido indol-3-acético (AIA), um hormônio vegetal conhecido por desencadear respostas celulares, como o aumento da alongação celular, além de influenciar processos mais lentos, como a divisão e diferenciação celular (PERES et al., 2016). Essas respostas podem promover um crescimento e desenvolvimento mais eficientes das plantas. Essa melhoria no desempenho das plantas com a co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* é condizente com os resultados encontrados no estudo de Braccini et al. (2016), ao verificarem que a utilização da inoculação realizada via tratamento de sementes e a associação entre as bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, por meio do sulco de semeadura, resultou em melhorias nos aspectos fisiológicos e morfológicos da cultura da

soja, quando comparadas com as plantas não inoculadas (testemunha). Esses resultados confirmam o potencial da co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* para melhorar o crescimento e desenvolvimento das plantas, por meio do estímulo da produção de hormônios vegetais e do aumento da eficiência no uso de fotoassimilados.

O RG na (Figura 12A) mostrou interação significativa na safra 1 para as cultivares submetidas a co-inoculado de *R. tropici* e *A. brasilense* aplicado via solo, com 2378,9 kg ha⁻¹ independente da cultivar estudada. No entanto, os tratamentos com N mineral se mostraram superior quando comparado ao fatorial triplo. Todavia, frisa-se que essa produtividade é mais que o dobro quando comparada a produtividade média nacional para a cultura do feijoeiro. Ademais, esse valor de rendimento obtido está de acordo como trabalho realizado por Sousa et al. (2021), ao constatarem que a combinação de inoculação via semente juntamente com a inoculação suplementar em cobertura (reinoculação) resultou em um aumento significativo no rendimento de grãos da cultivar BRS Valente, especificamente, um incremento de 2827,0 kg ha⁻¹ em comparação com a aplicação de adubação nitrogenada de 20 kg ha⁻¹ na base e 40 kg ha⁻¹ de N mineral em cobertura.

Assim como a safra 1, na safra 2 foi observada uma interação da co-inoculação via solo, no entanto possivelmente devido a menor fertilidade natural do solo os valores médios de produção não se igualaram, mesmo após a realização da calagem na dose de 1,5 ton. ha⁻¹. Os acréscimos de RG em ambas as safras de cultivo, promovido pela aplicação de microrganismos fixadores de N₂ associado aos promotores de fitohormônios pelas plantas corrobora com o estudo realizado por Schossler et al. (2016), que demonstraram que as maiores produtividades de grãos de feijoeiro do grupo carioca foram obtidas com a associação de *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense*, obtendo um valor de 2448,4 kg ha⁻¹. Ainda na safra 2 foi observado que as cultivares BRS Esteio e BRS Estilo apresentaram maior RG 2049,3 e 1830,7 kg ha⁻¹, respectivamente, sob a co-noculação, demonstrando que esses materiais genéticos respondem bem a bactérias inoculadas por meio do uso da técnica, pois a fixação biológica de nitrogênio varia conforme as espécies e/ou variedades/cultivares utilizadas, além do fato do feijoeiro ser susceptível a colonização dessas bactérias, que por sua vez atuam promovendo o incremento na nutrição da planta (SCHOSSLER et al., 2016).

Quando estudada a comparação do tratamento fatorial triplo com os adicionais nota-se que as cultivares BRS FC 402 (C1N0), BRS Estilo (C2N1) e BRS Esteio (C3N0) sob a presença do N mineral nas safras 1 e 2 (Figura 12D e E) mostraram superioridade aos tratamentos submetidos à inoculação e co-inoculação independente da via de aplicação dos produtos, fato este relacionado a dição do N que promove o maior condicionamento para produção.

Este estudo é inovador ao explorar a combinação de inoculação de *R. tropici* e co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense*, aplicados via semente ou no solo em quatro cultivares de alto rendimento, no qual foi possível averiguar que o uso da técnica de co-inoculação via solo, uma prática pouco comum para o feijoeiro apresenta resultados promissores para uso dos agricultores que cultivam feijão comum. Esta afirmação é verdadeira quando se compara os dados da Conab (2022) referente a média nacional de produtividade da cultura de feijão obtida na última safra (2021/2022), com valor de 1036,0 kg ha⁻¹, aos resultados obtidos nesta pesquisa, que demonstraram que os efeitos da co-inoculação realizada via solo foram positivos, resultando em um RG de 2049,3 e 1830,7 kg ha⁻¹, para as cultivares BRS Estilo e BRS Esteio, superando significativamente a média nacional.

6. CONCLUSÕES

A técnica de co-inoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* aplicada via solo, favorece os aspectos morfológicos e agronômicos do feijoeiro comum, independente da safra de cultivo.

As cultivares BRS Estilo e BRS Esteio demonstraram melhores rendimentos de grãos, (2049,3 e 1830,7 kg ha⁻¹) respectivamente, quando co-inoculados via solo.

A co-inoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* aplicada diretamente no solo pode ser usada como alternativa a adubação nitrogenada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÁRBARO-TORNELI, I. M.; et al. Avaliação de cultivares de soja no estado de São Paulo em resposta à aplicação de inoculantes no sulco de semeadura. **Nucleus**, v. 1, n. 1, p. 55-62, 2018.
- BARBOSA, J. Z.; et al. Meta-analysis reveals benefits of co-inoculation of soybean with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium* spp. in Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 163, n. 1, p. 103913, 2021.
- BRACCINI, A. L.; et al. Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. 2016 **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.
- BRITO, L. F. D.; et al. Resposta do feijoeiro comum à inoculação com rizóbio e suplementação com nitrogênio mineral em dois biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 981-992, 2015.
- BULEGON, L. G.; et al. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana**, v. 34, p. 169-176, 2016.
- CAIXETA, L. C.; et al. Co-inoculação de *Rhizobium*, *Azospirillum* e *Trichoderma* na cultura do feijoeiro comum. In: **JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**, 8, SIMPOSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, 5, 2016.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, p. 40-55, 2014.
- CHIBEBA, A. M.; et al. Towards sustainable yield improvement: field inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and co-inoculation with *Azospirillum* in Mozambique. **Archives of microbiology**, v. 202, n. 1. p. 2579-2590, 2020.
- COBUCCI, T.; NASCENTE, A. S.; LIMA, D. P. Adubação fosfatada e aplicação de Penergetic na produtividade do feijoeiro comum. **Revista Agrarian**. v.8, n.30, p.358-368 2015.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 7, safra 2019/20, décimo segundo levantamento, setembro 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>> Acesso em: 17 de Mar. 2021.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Disponível em <file:///C:/Users/Aspire%205/Downloads/site_Boletim_de_Safras-3o_levantamento.pdf> Acessado em Maio de 2023.
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Catálogo de cultivares de feijão: 2017. Disponível em: <[catalogoFeijao-safra2016-2017-web\(embrapa.br\)](catalogoFeijao-safra2016-2017-web(embrapa.br))>. Acesso em: 17 de abril 2023.

- FERREIRA, N. S.; et al. Fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de caupi. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Anais. Natal, 2015. p. 1-4.
- FIPKE, G. M.; et al. Co-inoculação com bactérias diazotróficas em soja associada a aplicação de ureia em cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 1, p.522-533. 2016.
- FLORENTINO, L. A.; et al. Inoculação e aplicação de diferentes doses de nitrogênio na cultura do feijoeiro. **Ciências Agrárias**, v. 41, n.4, p. 963-970, 2018.
- GARÉ, L. M. Reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em sistema de plantio direto em fase inicial e consolidado. Dissertação (Mestrado em Agronomia), **Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”**, Ilha Solteira, 2020.
- GOOGLE EARTH. **Google Earth Pro**. 2023. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 17 de mar. 2023.
- H. Wickham. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016.
- HORÁCIO, E. H. et al. Co-inoculação de rizobio, azospirillum e cianobactérias no aumento da produção de feijão comum. **Semina Ciências Agrárias**, v. 41, n. 05, p. 2015-2028, 2020.
- HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. Tecnologia de fixação biológica do nitrogênio com o feijoeiro: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. **Londrina: EMBRAPA Soja**, v. 1, n. 338, p. 1-18, 2013.
- 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.
- KNUPP, A. M. et al. Variability of nodulation traits in Andean and Mesoamerican common bean gene pools. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 4, p. 252-260, 2017.
- MARIZ, M. S.; TAVARES, J. T. S.; SOUZA, J. E. B. Desempenho da nodulação do *rhizobium tropici* em tratamento de sementes com fungicidas, inseticidas e polimeros na cultura do feijoeiro comum. **Ipê Agronomic Journal**, v. 1, n. 1, p. 49-57, 2017.
- MORAIS, T. P. et al. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com Azospirillum brasilense. **Revista Ceres**, v. 62, p. 589-596, 2015.
- 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. et al. Can additional inoculations increase soybean nodulation and grain yield? **Agronomy Journal**, v. 110, n. 2, p. 715-721, 2018.
- MORETTI, L. G.; et al. Effects of growth-promoting bacteria on soybean root activity, plant development, and yield. **Agronomy Journal**, v. 112, n.1, p. 418-428, 2020.

- OLIVEIRA, A. P. S.; SOUSA, C. M.; FERREIRA, E. P. D. B. Desempenho do feijoeiro-comum inoculado em respostas a diferentes plantas de cobertura e época de dessecação. **Rev. Caatinga**, v.30, n.3, p.642-652, 2017.
- PERES, A. R.; et al. Co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* in common beans grown under two irrigation depths. **Revista Ceres**, v. 63, n. 1, p. 198-207, 2016.
- PRANDO, A. M.; et al. Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2018/2019 no Paraná. **Londrina: Embrapa Soja**, 2019, p. 19.
- PRATISSOLI, D.; et al Níveis de desfolha artificial para simular perdas na produtividade do feijoeiro comum. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 3, p.68-76, 2012.
- SALES, L. Z. S. Momentos de reinoculação de *Rhizobium tropici* no feijoeiro na implantação de sistema de plantio direto. Dissertação (Mestrado em Agronomia), **Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”**, Ilha Solteira, 2020.
- SANTOS, H. G.; et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018. p 355.
- SCHOSSLER, J. H. et al. Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016.
- SILVA, E. R. S.; et al. Coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* em sementes de amendoim de diferentes tamanhos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 5, p. 93-102, 2017.
- SILVA, F. C. D. S. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2009. p 245.
- SORATTO, R. P.; et al. Nutrient extraction and exportation by common bean cultivars under diferente fertilization levels: I-Macronutrients. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1027-1042, 2013.
- SOUSA, W. S. Resposta morfológica e aspectos agronômicos do feijoeiro à reinoculação via cobertura. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Unidade Ipameri, **Universidade Estadual de Goiás**, Ipameri-GO. 2020.
- SOUZA, S. L. S.; SIMONETTI, A. P. M. M. Inoculação e coinoculação de *Rhizobium* e *Azospirillum* na cultivar de feijão BRS FC 104. **Revista Cultivando o Saber**, v. 1, n. 1, p. 14-23, 2019.
- STEINER, F.; FERREIRA, H. C. P.; ZUFFO, A. M. Can co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* increase common bean nodulation and grain yield? **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 81-98, 2019.
- VIEIRA NETO, S. A.; et al. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, n.1, p. 861-870, 2008.

WANG, Y.; et al. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Growth, Nodulation and Nutrient Accumulation of Lentil Under Controlled Conditions. **Pedosphere**, v. 22, n. 6, p. 848-859, 2012.

ZILLI, J. E. et al. Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p. 1875-1881, 2010.

8. ANEXO

Tabela 2. Análise de variância para as variáveis de nodulação, características morfológicas, componentes agrônômicos e produtividade de cultivares de feijoeiro (A), submetidas à inoculação com *rizóbio* e co-inoculação com *rizóbio* + *Azospirillum* (B) e Inoculados via semente e via solo (C). Primeira (águas) conduzida em Ipameri-GO 2021/2022.

Quadrados médios - safra 1 (águas de 2021/2022)								
FV	GL	AP	CR	NN	MSN	NVP	NGV	IAF
Blocos	2	445,85 ^{ns}	18,56 ^{ns}	1,74 ^{ns}	6e ⁻⁰⁴ **	8,25 ^{ns}	0,52 ^{ns}	1,004 ^{ns}
Cultivares (A)	3	252,41 ^{ns}	29,75 ^{ns}	6,01 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	11,5 ^{ns}	2,38**	0,12 ^{ns}
Inoculação/Coo (B)	1	14,08 ^{ns}	96,33*	2,14 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	30,08*	5,33**	3,15**
Vias de aplicação(C)	1	4,56 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1e ⁻⁰⁵ ^{ns}	21,33*	0,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}
A x B	3	607,71 ^{ns}	2,43 ^{ns}	3,89 ^{ns}	6e ⁻⁰⁵ ^{ns}	2,80 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,14 ^{ns}
A x C	3	41,64 ^{ns}	6,69 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1e ⁻⁰⁵ ^{ns}	11,83 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,467 ^{ns}
B x C	1	244,80 ^{ns}	19,76 ^{ns}	9,21 ^{ns}	3e ⁻⁰⁵ ^{ns}	18,75 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,005 ^{ns}
A x B x C	3	320,81 ^{ns}	5,73 ^{ns}	1,54 ^{ns}	3e ⁻⁰⁵ ^{ns}	1,69 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,24 ^{ns}
C1N1 vs Fatorial	1	480,24 ^{ns}	11,67 ^{ns}	7,96 ^{ns}	2,79**	14,29 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,001 ^{ns}
C1N0 vs Fatorial	1	1363,48 ^{ns}	45,93 ^{ns}	7,96 ^{ns}	2,67**	12,25 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,13 ^{ns}
C2N1 vs Fatorial	1	5,20 ^{ns}	23,74 ^{ns}	263,12**	2,82**	24,01*	2,82*	0,96 ^{ns}
C2N0 vs Fatorial	1	13,97 ^{ns}	83,35 ^{ns}	340,83**	2,83**	0,49 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,86 ^{ns}
C3N1 vs Fatorial	1	251,70 ^{ns}	10,19 ^{ns}	112,78**	2,84**	4,41 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,06 ^{ns}
C3N0 vs Fatorial	1	81,06 ^{ns}	52,20 ^{ns}	1017,88**	2,83**	32,96*	5,01**	0,95 ^{ns}
C4N1 vs Fatorial	1	139,34 ^{ns}	36,59 ^{ns}	20,27*	2,82**	59,31**	1,25 ^{ns}	1,74*
C4N0 vs Fatorial	1	7,45 ^{ns}	0,003 ^{ns}	25,63**	2,86**	5,66 ^{ns}	0,313 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Resíduo	32	174,71	21,47	2,23	0,0001	4,87	0,40	0,35
CV (%)	-	13,53	16,97	51,29	1,8	19,7	11,88	35,17
FV	GL	EF	PCG	MSPA	MSR	RG	TN	
Blocos	2	0,60 ^{ns}	1,03 ^{ns}	672,30 ^{ns}	0,75 ^{ns}	687764,36 ^{ns}	0,60 ^{ns}	
Cultivar (A)	3	14,69**	18,89**	122,88 ^{ns}	0,31 ^{ns}	328722,11 ^{ns}	16,80**	
Inoculação/Coo (B)	1	4,08*	0,75 ^{ns}	1166,24**	3,05*	3972619,15**	234,08**	
Vias de aplicação(C)	1	5,33*	0,75 ^{ns}	59,85 ^{ns}	0,28 ^{ns}	983927,23*	200,08**	
	3	2,93*	1,46 ^{ns}	89,17 ^{ns}	0,22 ^{ns}	398572,26 ^{ns}	18,25**	

Cont...

A x B								
A x C	3	3,83**	3,05 ^{ns}	82,58 ^{ns}	0,17 ^{ns}	119313,89 ^{ns}	17,13**	
B x C	1	5,33*	0,40 ^{ns}	5,88 ^{ns}	1,65 ^{ns}	1810371,24**	252,08**	
A x B x C	3	0,27 ^{ns}	3,13 ^{ns}	73,38 ^{ns}	0,09 ^{ns}	83231,41 ^{ns}	7,47 ^{ns}	
C1N1 vs Fatorial	1	0,04 ^{ns}	1,41 ^{ns}	89,20 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1057327,21*	29,06*	
C1N0 vs Fatorial	1	3,57*	1,28 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,16 ^{ns}	824745,77*	3,57 ^{ns}	
C2N1 vs Fatorial	1	9,92**	1,16 ^{ns}	657,00*	0,12 ^{ns}	2560622,66**	160,59**	
C2N0 vs Fatorial	1	2,16 ^{ns}	0,82 ^{ns}	59,42 ^{ns}	0,94 ^{ns}	381875,92 ^{ns}	6,0049 ^{ns}	
C3N1 vs Fatorial	1	23,33**	11,76*	291,12 ^{ns}	0,06 ^{ns}	240041,69 ^{ns}	42,39**	
C3N0 vs Fatorial	1	9,92**	9,57*	231,04 ^{ns}	0,47 ^{ns}	2555001,54**	22,00*	
C4N1 vs Fatorial	1	3,57*	11,20*	147,22 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	3449927,39**	120,82**	
C4N0 vs Fatorial	1	6,00*	8,40*	29,29 ^{ns}	1,70 ^{ns}	999355,01*	0,04 ^{ns}	
Resíduo	32	0,73	1,83	114,28	0,51	184668,23	3,10	
CV (%)	-	8,75	6,61	27,2	26,96	24,01	6,23	

Tabela 3. Análise de variância para as variáveis de nodulação, características morfológicas, componentes agronômicos e produtividade de cultivares de feijoeiro (A), submetidas à inoculação com rizóbio e co-inoculação com rizóbio + Azospirillum (B) e Inoculados via semente e via solo (C). Segunda safra (inverno), conduzida em Anápoles-GO no ano agrícola 2022.

Quadrados médios - safra 2 (inverno de 2022)

FV	GL	AP	CR	NN	MSN	NVP	NGV	IAF
Blocos	2	227,97 ^{ns}	7,79 ^{ns}	9,94 ^{ns}	2e ^{-05ns}	28,76**	1,11 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Cultivares (A)	3	38,48 ^{ns}	14,71 ^{ns}	15,50 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	26,61**	2,47**	0,20 ^{ns}
Inoculação/Coo (B)	1	0,003 ^{ns}	70,81*	120,33**	0,001**	70,08**	2,08*	0,22 ^{ns}
Vias de aplicação(C)	1	22,96 ^{ns}	34,57 ^{ns}	126,75**	0,001**	16,33 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,09 ^{ns}
A x B	3	96,63 ^{ns}	6,74 ^{ns}	11,50 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	5,80 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,03 ^{ns}
A x C	3	19,1 ^{ns}	14,57 ^{ns}	10,13 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	7,72 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,03 ^{ns}
B x C	1	203,36 ^{ns}	79,31*	70,08**	0,0008**	52,08**	2,08*	0,02 ^{ns}
A x B x C	3	142,13 ^{ns}	2,66 ^{ns}	2,027 ^{ns}	8e ^{-05ns}	7,58 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,07 ^{ns}
C1N1 vs Fatorial	1	134,10 ^{ns}	9,94 ^{ns}	80,31**	6e ^{-04**}	4,41 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,43 ^{ns}

C1N0 vs Fatorial	1	14,18 ^{ns}	27,90 ^{ns}	25,41 ^{ns}	0,0004*	63,70**	1,76 ^{ns}	0,07 ^{ns}
C2N1 vs Fatorial	1	18,72 ^{ns}	2,51 ^{ns}	53,01**	0,0005*	0,176 ^{ns}	2,16*	2,60**
C2N0 vs Fatorial	1	224,07 ^{ns}	51,65 ^{ns}	20,07 ^{ns}	3e ⁻⁰⁴ *	26,84*	0,59 ^{ns}	2,42**
C3N1 vs Fatorial	1	210,04 ^{ns}	1,09 ^{ns}	45,17*	0,0004*	5,66 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,14 ^{ns}
C3N0 vs Fatorial	1	122,06 ^{ns}	34,13 ^{ns}	45,17*	0,00034*	104,49**	6,004**	0,12 ^{ns}
C4N1 vs Fatorial	1	84,63 ^{ns}	21,97 ^{ns}	37,96*	0,00047*	18,84 ^{ns}	0,82 ^{ns}	3,80**
C4N0 vs Fatorial	1	0,03 ^{ns}	4,36 ^{ns}	31,37*	0,00018 ^{ns}	39,70 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,68**
Resíduo	32	95,05	16,81	6,93	7e ⁻⁰⁵	5,05	0,49	0,10
CV (%)	-	11,45	17,2	31,24	33,24	20,78	15,7	28,7
FV	GL	EF	PCG	MSPA	MSR	RG	TN	
Blocos	2	0,54 ^{ns}	15,38*	376,14 ^{ns}	0,11 ^{ns}	282752,07*	16,25 ^{ns}	
Cultivar (A)	3	13,18**	20,97**	20,44 ^{ns}	0,31**	286446,17*	36,05 ^{ns}	
Inoculação/Coo (B)	1	22,68**	46,41**	280,33*	4,14**	2929667,13**	341,33**	
Vias de aplicação(C)	1	15,18**	11,80	75,50 ^{ns}	3,46 ^{ns}	1250624,05**	133,33**	
A x B	3	3,24 ^{ns}	7,69 ^{ns}	79,09 ^{ns}	0,32 ^{ns}	337930,44*	28,05 ^{ns}	
A x C	3	3,85 ^{ns}	11,72*	22,70 ^{ns}	0,10 ^{ns}	187096,00 ^{ns}	16,50 ^{ns}	
B x C	1	15,18**	13,65 ^{ns}	10,83 ^{ns}	4,38**	2077296,04**	385,33**	
A x B x C	3	1,52 ^{ns}	0,54 ^{ns}	61,36 ^{ns}	0,09 ^{ns}	50780,52 ^{ns}	6,16 ^{ns}	
C1N1 vs Fatorial	1	3,44 ^{ns}	3,60 ^{ns}	3,33 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1037436,42**	39,70 ^{ns}	
C1N0 vs Fatorial	1	8,85*	6,38 ^{ns}	10,32 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1179193,36**	155,31**	
C2N1 vs Fatorial	1	0,14 ^{ns}	1,94 ^{ns}	169,77 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1061651,19**	1,58 ^{ns}	
C2N0 vs Fatorial	1	0,03 ^{ns}	0,19 ^{ns}	16,54 ^{ns}	0,08 ^{ns}	823982,94**	216,17**	
C3N1 vs Fatorial	1	10,14*	2,14 ^{ns}	82,97 ^{ns}	0,07 ^{ns}	350754,09 ^{ns}	39,70 ^{ns}	
C3N0 vs Fatorial	1	0,14 ^{ns}	2,66 ^{ns}	357,08**	0,02 ^{ns}	2409150,87**	169,58**	
C4N1 vs Fatorial	1	12,50**	22,07*	33,04 ^{ns}	0,44 ^{ns}	4292044,00**	0,49 ^{ns}	
C4N0 vs Fatorial	1	5,83 ^{ns}	18,06 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1386339,07**	169,58**	
Resíduo	32	1,40	15,38	53,98	0,27	83668,38	13,29	
CV (%)	-	13,10	10,45	23,22	30,23	19,34	11,1	

NN = número de nódulos, MNS = massa de nódulos secos, AP = altura de planta, CR = comprimento de raiz, MSPA = massa seca da parte aérea, MSR = massa seca da raiz, IAF = índice de área foliar, TN = teor de nitrogênio, NVP = número de vagens por planta, NGV = número de grãos por vagem, PCG = peso de cem grãos, EF = estande de final e RG = rendimento de grãos. FV = fonte de variação, GL = Grau de Liberdade e CV = Coeficiente de Variação. ^{ns}= não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.