

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS  
CÂMPUS CENTRAL DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – SEDE: ANÁPOLIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTU SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DIANA ROSA DOS REIS

**ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL ASSOCIADA À INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E  
CO-INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO FEIJOEIRO**

Anápolis-GO

2022

DIANA ROSA DOS REIS

**ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL ASSOCIADA À INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E  
CO-INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO FEIJOEIRO**

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

Orientadora: Profa. Dra. Gisele Carneiro da Silva Teixeira.

Anápolis-GO

2022

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

R347a Rosa dos Reis, Diana

ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL ASSOCIADA À INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E CO-INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO FEIJOEIRO / Diana Rosa dos Reis; orientador Gisele Carneiro da Silva Teixeira. --Anápolis, 2022.

79 p.

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

1. Fertilizante Organomineral . 2. Inoculação . 3. Co-inoculação. 4. *Azospirillum brasilense*. 5. *Rhizobium tropici*. I. Carneiro da Silva Teixeira, Gisele, orient.

II. Título.



## FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO PARA NÃO PUBLICAR NA BDTD<sup>1</sup>

| Dados do autor |                         |
|----------------|-------------------------|
| Nome completo  | DIANA ROSA DOS REIS     |
| E-mail         | dianarosa22dr@gmail.com |

| Dados do trabalho |                                                                                                                                                     |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título            | Adubação organomineral associada à inoculação de <i>Rhizobium tropici</i> e co-inoculação de <i>Azospirillum brasilense</i> na cultura do feijoeiro |
| Tipo              | ( ) Tese ( x ) Dissertação                                                                                                                          |
| Curso/Programa    | Engenharia Agrícola                                                                                                                                 |
| Data de defesa:   | 29/08/2022                                                                                                                                          |

### Justificativa

Não será autorizada a publicação porque o artigo ainda não foi publicado.

Anápolis, 29/08/2022  
Local Data

Diana Rosa dos Reis

Assinatura do autor (a)

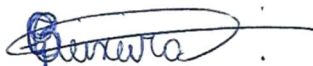
<sup>1</sup> Período de embargo é de um ano, a partir da data da Defesa, prorrogável por mais um ano.

DIANA ROSA DOS REIS

**ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL ASSOCIADA À INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E  
CO-INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO FEIJOEIRO**

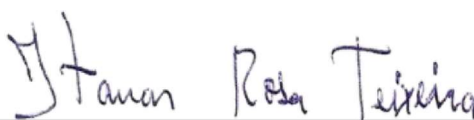
Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Central de Ciências Exatas e Tecnológicas – Sede: Anápolis, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovado em 29, de agosto, de 2022, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



---

**Prof. Dra. Gisele Carneiro da Silva**  
**Teixeira Orientadora**  
**UEG/Campus**  
**Anápolis**



---

**Prof. Dr. Itamar Rosa**  
**Teixeira Membro**  
**UEG/Campus**  
**Anápolis**



---

**Prof. Dr. Fenelon Lourenço de Sousa Santos**  
**Membro**  
**Instituto Federal Goiano/IFGOIANO**

ANÁPOLIS – GO  
2022

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me orientado por esse caminho e me sustentado para que eu alcançasse o final, mesmo com tantas dificuldades.

A minha família e meu esposo por terem me apoiado e não permitiram que eu desistisse. Em especial aos meus pais, Sinara Rosa e Leomim Bueno que sempre me incentivaram a estudar e buscar conhecimento.

A minha orientadora Profa. Dra. Gisele Teixeira, que sempre me auxiliou e teve muita paciência mesmo com as dificuldades que enfrentamos, me apoiou e não permitiu que os obstáculos me impedissem de chegar aqui.

Agradeço também a minha tia Cleide, meu primo Gabriel e minha colega de curso Brenda que me ajudaram com a toda a parte prática do experimento.

A todos os funcionários e ao diretor da EMATER em Anápolis, por toda atenção e auxílio durante a condução do experimento.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Central e ao Programa de Mestrado Stricto Sensu em Engenharia Agrícola.

E todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização dessa pesquisa.

Todos tiveram papéis importantes para que eu conseguisse subir mais um degrau na minha vida acadêmica e profissional. Obrigada!

Dizei aos justos que bem lhes irá, porque  
comerão do fruto das suas obras.

(BÍBLIA, Isaías, 3, 10)

## RESUMO

A cultura do feijão é exigente com relação a disponibilidade de nutrientes, sendo o nitrogênio o mais importante entre eles. Sendo assim o uso de adubos nitrogenados são amplamente aplicados na agricultura, porém esse produto causa muitos danos para o meio ambiente. Para resolver essa questão o uso de fertilizante organomineral gerado através do lodo de esgoto, tem se mostrado viável na fertilização das plantas. Outra forma de substituir o uso do adubo químico é através da inoculação e co-inoculação de microorganismos capazes de fornecer o nitrogênio retirado da atmosfera para as plantas. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento, a nutrição e o rendimento agrônômico do feijoeiro comum em função da adubação de base com formulado organomineral “FOM” oriundo do biossólido de lodo de esgoto combinado com a utilização das técnicas de inoculação de *Rizobium tropici* e co-inoculação com *Azospirillum brasilense*. O experimento foi conduzido na safra de inverno de 2021, com delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3x4+3, com quatro repetições. Foram testados os seguintes tratamentos: três cultivares de feijoeiro de grupos comerciais diferentes (Pérola – grupo carioca, BRS Esteio – grupo preto e BRS Pitanga – grupo roxinho) submetidas a adubação de base, sem técnicas de inoculação e co-inoculação, com organomineral, duas técnicas de inoculação de rizóbios: inoculação nas sementes com *R. tropici* antes da semeadura e reinoculação em cobertura; co-inoculação das sementes com *R. tropici*+ *A. brasilense* antes da semeadura e reinoculação em cobertura d *R. tropici* + *A. brasilense* e testemunha sem adubação de base, inoculação ou co-inoculação e, o tratamento adicional caracterizado pelo atendimento da necessidade nutricional das três cultivares via exclusivamente adubação mineral. Conclui-se que: a inoculação aplicada via semente, associada a reinoculação em cobertura no estágio V4 possibilitou a obtenção do maior rendimento do feijoeiro, podendo substituir o uso de adubo mineral nitrogenado. A combinação do *R. tropici* com a co-inoculação de *A. brasilense*, de forma geral, propiciou acréscimos de produtividade comparando com a adubação mineral nitrogenada. O uso isolado do adubo organomineral possibilitou ganhos para o desenvolvimento, além dos componentes e da produtividade do feijoeiro, tornando uma fonte alternativa para adubação. A cultivar de feijão Pérola apresenta mais produtividade com o uso do adubo organomineral de lodo de esgoto na base, associado ao uso da inoculação com *R. tropici* antes da semeadura, em complementação com a co-inoculação com *A. brasilense* em cobertura no estágio V4, comparado a capacidade de resposta das cultivares BRS Esteio e BRS Pitanga.

**Palavras-chave:** Lodo de esgoto, FBN, produção sustentável, *Phaseolus vulgaris* L.

## ABSTRACT

The bean crop is demanding in relation to the availability of nutrients, being the most important among them. Thus the use of nitrogen fertilizers are products widely used in agriculture, but damage to the environment. To resolve this issue of using organomineral fertilizer plants generated through the sewage site, it has become feasible to fertilize plants. Another way of replacing the use of chemical fertilizer is through inoculation and inoculation of plants. In this work, this work aimed to evaluate the development, nutrition and agronomic performance of common bean as a function of base fertilization with the organomineral formulation "FOM" from sewage sludge biosolid combined with the use of *Rizobium tropici* inoculation techniques. and co-inoculation with *Azospirillum brasilense*. The experiment was carried out in the winter season of 2021, with a randomized block design in a 3x4+3 factorial scheme, with four replications. The following treatments were tested: three bean cultivars from different commercial groups (Pérola – carioca group, BRS Esteio – black group and BRS Pitanga – purple group) base fertilization, without inoculation and co-mineralization techniques, with organomineral two rhizobia inoculation techniques: inoculation in the seeds with *R. tropici* before sowing and topdressing re-inoculation; co-inoculation of seeds with *R. tropici* + *A. brasilense* from sowing and re-inoculation in coverage of *R. tropici* + *A. brasilense* and witness without base fertilization, inoculation or co-inoculation and the additional treatment characterized by meeting the nutritional needs of the three cultivars exclusively via mineral fertilization. It is concluded that: the inoculation applied via seed, associated with the covering kingdom in the V4 stage, allowed a higher yield of the common bean, being able to replace the use of nitrogen mineral fertilizer. That of *R. tropici* with the co-inoculation of *A. brasilense*, in general, increased productivity, compared to mineral nitrogen fertilization. The isolated use of organomineral gains for development, in addition to the components of bean productivity, provides an alternative source of fertilization. The bean cultivate Pérola presents more productivity with the use of organomineral fertilizer on the sewage side at the base, associated with the use of inoculation with *R. tropici* before sowing, in addition to the co-inoculation with *A. brasilense* in coverage at the V4 stage, compared to the response capacity of BRS Esteio and BRS Pitanga cultivars.

**Keywords:** Sewages ludge, FBN, sustainable production, *Phaseolus vulgaris* L.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Dados meteorológicos durante a condução do experimento na safra das águas 2020/2021. Anápolis/GO, INMET.....                                                                                                                                                                       | 29 |
| Figura 2 – Médias dos valores de AF em função das cultivares de feijão.....                                                                                                                                                                                                                   | 37 |
| Figura 3 – Médias dos valores de IAF em função das cultivares de feijão.....                                                                                                                                                                                                                  | 38 |
| Figura 4 – Médias dos valores de IAF em função das cultivares de feijão e da inoculação de sementes com <i>R. tropici</i> e co-inoculação com <i>A. brasilense</i> .....                                                                                                                      | 39 |
| Figura 5 – Médias de IAF para o tratamento com adubação mineral aplicado as cultivares Pérola, BRS Esteio e BRS Pitanga.....                                                                                                                                                                  | 39 |
| Figura 6 – Médias de AP (b) para o tratamento com adubação mineral aplicado as cultivares Pérola, BRS Esteio e BRS Pitanga.....                                                                                                                                                               | 40 |
| Figura 7 – Médias do fator adicional de AP para as cultivares Pérola (a), BRS Esteio (b) e BRS Pitanga (c) comparado com os respectivos tratamentos.....                                                                                                                                      | 40 |
| Figura 8 – Médias dos valores de CR em função dos tratamentos com organomineral, inoculação de semente com <i>R. tropici</i> , co-inoculação com <i>A. brasilense</i> e a testemunha para a cultivares de feijão Pérola (a), BRS Pitanga (b) e BRS Esteio (c).....                            | 42 |
| Figura 9 – Médias dos valores de MSPA (a) e MSR (b) em função das cultivares de feijão.....                                                                                                                                                                                                   | 43 |
| Figura 10 – Médias dos valores de MSPA (a) e MSR (b) em função dos tratamentos.....                                                                                                                                                                                                           | 44 |
| Figura 11 – Médias de MSPA (a) e MSR (b) para o tratamento com adubação mineral aplicado as cultivares Pérola, BRS Esteio e BRS Pitanga).....                                                                                                                                                 | 46 |
| Figura 12 – Médias dos valores de AF em função dos tratamentos.....                                                                                                                                                                                                                           | 47 |
| Figura 13 – Médias dos valores de IAF em função dos tratamentos com organomineral, inoculação de semente com <i>R. tropici</i> , co-inoculação com <i>A. brasilense</i> e a testemunha: cultivares Pérola (a), BRS Esteio (b) e BRS Pitanga (c).....                                          | 48 |
| Figura 14 – Médias dos valores de AP em função dos tratamentos com organomineral, inoculação de semente com <i>R. tropici</i> , co-inoculação com <i>A. brasilense</i> e a testemunha: cultivares Pérola (a), BRS Esteio (b) e BRS Pitanga (c).....                                           | 49 |
| Figura 15 – Médias dos valores de CR em função das cultivares de feijão.....                                                                                                                                                                                                                  | 50 |
| Figura 16 – Médias dos valores de MSPA e MSR em função dos tratamentos com organomineral, inoculação de semente com <i>R. tropici</i> , co-inoculação com <i>A. brasilense</i> e a testemunha para a cultivares de feijão Pérola (a) e (d), BRS Esteio (b) e (e) e BRS Pitanga (c) e (f)..... | 51 |
| Figura 17 – Médias de MSPA (a) e MSR (b) para o tratamento com adubação mineral aplicado as cultivares Pérola, BRS Esteio e BRS Pitanga.....                                                                                                                                                  | 53 |
| Figura 18 – Médias do fator adicional de MSPA e MSR para as cultivares Pérola (a) e (d), BRS Esteio (b) e (e) e BRS Pitanga (c) e (f) comparado com os respectivos tratamentos.....                                                                                                           | 54 |

|                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 19 – Médias dos valores do TN em função dos tratamentos aplicados ao feijoeiro.....                                                                                                                                                            | 57 |
| Figura 20 – Médias dos valores do NVP (a) em função das cultivares e NVP (b) em função dos tratamentos.....                                                                                                                                           | 59 |
| Figura 21 – Médias dos valores de P100 (a) em função das cultivares e P100 (b) em função dos tratamentos.....                                                                                                                                         | 60 |
| Figura 22 – Rendimento em função dos tratamentos com organomineral, inoculação de semente com <i>R. tropici</i> , co-inoculação com <i>A. brasilense</i> e a testemunha para a cultivares de feijão Pérola (a), BRS Pitanga (b) e BRS Esteio (c)..... | 61 |
| Figura 23 – Médias do fator adicional de REND para as cultivares Pérola (a) BRS Esteio (b) BRS Pitanga (c) comparados com os respectivos tratamentos.....                                                                                             | 63 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Características químicas e físicas do solo, coletado na camada de 0-20cm, na área da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER). Anápolis/GO, 2021.....              | 30 |
| Tabela 2 – Caracterização química do biossólido, em porcentagem na Base Seca a 110°C....                                                                                                                                    | 31 |
| Tabela 3 – Resultados da análise de variância para a primeira avaliação realizada em cultivares de feijão submetidas a diferentes formas de inoculação com <i>R. tropici</i> e co-inoculação com <i>A. brasilense</i> ..... | 36 |
| Tabela 4 – Resultados da análise de variância para a segunda avaliação realizada em cultivares de feijão submetidas a diferentes formas de inoculação com <i>R. tropici</i> e co-inoculação com <i>A. brasilense</i> .....  | 46 |
| Tabela 5 – Resultados da análise de variância para as componentes de rendimento em cultivares de feijão submetidas a diferentes formas de inoculação com <i>R. tropici</i> e co-inoculação com <i>A. brasilense</i> .....   | 54 |

## SUMÁRIO

|       |                                                                           |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | INTRODUÇÃO.....                                                           | 14 |
| 2     | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                                               | 18 |
| 2.1   | GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO .....                         | 18 |
| 2.2   | BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA ..... | 19 |
| 2.2.1 | <b>Formulados organominerais</b> .....                                    | 21 |
| 2.3   | IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO FEIJOEIRO .....                                 | 22 |
| 2.4   | ADUBAÇÃO NITROGENADA .....                                                | 23 |
| 2.5   | FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO .....                                     | 25 |
| 2.5.1 | <b>Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro</b> .....                 | 26 |
| 2.5.2 | <b>Resposta à co-inoculação</b> .....                                     | 27 |
| 3     | MATERIAL E MÉTODOS.....                                                   | 29 |
| 3.1   | DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....                                         | 29 |
| 3.2   | ORIGEM E CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO ORGÂNICO .....                         | 31 |
| 3.3   | FORMULAÇÃO DO FORMULADO ORGANOMINERAL .....                               | 32 |
| 3.4   | DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....                             | 32 |
| 3.5   | UNIDADE EXPERIMENTAL E TRATOS CULTURAIS .....                             | 33 |
| 3.6   | ANÁLISES DE DESENVOLVIMENTO .....                                         | 34 |
| 3.7   | ANÁLISES DOS COMPONENTES DE E DO RENDIMENTO .....                         | 35 |
| 3.8   | ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....                                               | 35 |
| 4     | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                              | 36 |
| 4.1   | ANÁLISE DE DESENVOLVIMENTO DE PLANTA .....                                | 36 |
| 4.1.1 | <b>Primeira avaliação: inoculação via semente.....</b>                    | 36 |
| 4.1.2 | <b>Segunda avaliação: co-inoculação em cobertura .....</b>                | 46 |
| 4.1.3 | <b>Avaliação na colheita: Componentes e rendimentos de grãos.....</b>     | 57 |
| 5     | CONCLUSÃO.....                                                            | 65 |
| 6     | REFERÊNCIAS.....                                                          | 66 |

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão se destaca por estar entre as fabáceas mais importantes cultivadas mundialmente. Além de possuir uma importância para a economia e um custo de produção relativamente baixo, se destaca, principalmente, por conter uma boa fonte de nutrientes, energia e baixo teor de gordura (COELHO, 2018; BARBOSA et al., 2010). O Brasil destaca-se como o maior produtor mundial de feijão comum pertencente a espécie *Phaseolus vulgaris*. Na safra 2020/2021 foram produzidas 2,9 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2022), onde juntamente com o arroz constitui o prato básico do brasileiro.

O feijoeiro, assim como a maioria das culturas, precisa que o solo esteja preparado, ou seja, que possua a capacidade de fornecer à planta todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento. Para suprir essa necessidade da planta os macronutrientes mais utilizados são o nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K). O N se destaca por ser o nutriente mais requerido pelas plantas (TAIZ et al., 2017). Além disso, é encontrado em pequenas concentrações no solo devido a sua dinâmica no ambiente.

A cultivar de feijoeiro mais consumida no Brasil são as cultivares do grupo carioca, podendo ser citada a cultivar Pérola que possui características como: destaca-se pelos grãos de elevado padrão comercial, possui porte semiereto e ciclo normal, de 85 a 95 dias; apresenta reação intermediária à mancha angular e murcha de fusarium; peso comum de 100 grãos é aproximadamente 26g. A cultivar BRS Esteio tem apresentado aumento de demanda em toda a região centro-sul, apresenta suscetibilidade as manchas de fusarium e ao crestamento bacteriano comum, possui peso de 100 grãos aproximado de 24g, com ciclo normal, de 85 a 95 dias (EMBRAPA, 2014). E a cultivar BRS Pitanga, do grupo roxinho, possui porte de planta semiereto e moderada resistência a antracnose, ferrugem, mancha angular e murcha de fusarium, apresenta peso de 100 grãos de aproximadamente 20g, com ciclo normal, de 85 a 95 dias (EMBRAPA, 2021).

O uso de adubos nitrogenados é largamente utilizado na agricultura, destacando principalmente o uso da uréia (DIAS, 2018). Contudo, esses fertilizantes possuem alto custo de produção e alto consumo energético, constituindo um grande emissor de gases do efeito estufa (CO<sub>2</sub>), pois os compostos nitrogenados minerais derivam da amônia, obtidos através do processo Haber-Boash, que utiliza como base o gás nitrogênio (N<sub>2</sub>) do ar e o hidrogênio (H) que provém da queima de combustíveis fósseis (TAIZ et al., 2017; VIEIRA, 2017), sendo extremamente prejudicial para o meio ambiente.

Ademais, o Brasil é dependente da importação de mais de 80% dos fertilizantes (NPK) utilizados no país. O uso desses produtos acompanha e interfere diretamente a expansão agrícola nacional, ocasionando o surgimento de novas tecnologias, assim como o uso de fertilizantes de origem biológica para impulsionar o mercado bilionário dos fertilizantes (SAE, 2021). Com essa demanda, o Brasil implementou o Plano Nacional de Fertilizantes por meio do Decreto nº. 10.991 de 2022, com intuito de aumentar a produção nacional, levando consequentemente à diminuição da importação e ao mesmo tempo elevando a competitividade do agronegócio nacional.

Manter a qualidade dos recursos ambientais, tais como o solo e a água, tem limitado o crescimento da produção agrícola (FAO, 2018). Buscar soluções que aumentem a produção e ao mesmo tempo sejam mais sustentáveis é extremamente importante para crescimento da agropecuária. Dessa forma, produtos que permitam a variação da fonte de adubação nitrogenada, em busca de meios mais sustentáveis se tornam essenciais para o cenário atual. Pensando nisso, uma alternativa seria o uso do lodo de esgoto gerado no processo de tratamento desse efluente, denominado biossólido. Esse subproduto tem se mostrado uma fonte viável para a substituição do adubo tradicional, além de ser uma forma de reutilização sustentável do material.

Antes do seu uso na agricultura, obiossólido precisa passar por tratamento para descontaminação de acordo com o recomendado pelo CONAMA nº 498/2020. Após esse procedimento obtêm-se o produto conhecido como organomineral. O uso desse produto na agricultura possui vários benefícios, dentre eles o maior fornecimento de nutrientes e auxílio no desenvolvimento radicular das plantas, retenção de água e melhora as propriedades bio-físico-químicas do solo, capacidade de controlar a acidificação do solo, reduzir perdas de nutrientes, colaborar para a prevenção de erosões, além de ser uma opção mais econômica e sustentável (ANDERSON et al., 2011; JEFFERY et al., 2011; ATKINSON et al., 2010). Sendo assim, considera-se que a utilização de organominerais pode melhorar a qualidade do solo e consequentemente a produtividade agrícola (FARREL et al., 2014; BENITES et al., 2010).

Outra alternativa para conseguir o N de forma natural é por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), método predominantemente empregando pelas fabáceas, incluindo o feijoeiro comum. Esse processo ocorre através das bactérias inoculantes que são capazes de promover benefícios para as plantas. Para que ocorra a FBN no feijoeiro de forma satisfatória é preciso observar a fertilidade do solo juntamente com o seu pH, além da umidade e

temperatura adequados, cuidado com o uso de fungicidas e inseticidas no manuseio das sementes e armazenamento do produto (CARVALHO, 2018).

Uma das principais espécies capaz de nodular o feijoeiro é a *Rhizobium tropici* (HUNGRIA et al., 2013; CHUEIRE et al., 2003; HUNGRIA e VARGAS, 2000). Através da inoculação essa espécie é capaz de fixar o N encontrado na atmosfera e disponibilizá-lo à planta (HUNGRIA et al., 2007). Sousa et al. (2021), utilizando como fonte de nitrogênio a inoculação e reinoculação com *R. tropici* para a produção da cultivar de feijoeiro BRS Valente, obtiveram aumento na produtividade de 2.827 kg ha<sup>-1</sup> comparado com a adubação mineral.

Um estudo de revisão bibliográfica produzido por Sousa et al. (2022) mostrou que o uso da inoculação com *R. tropici* na produção do feijoeiro proporcionou aumento na produtividade em 33%, mesmo assim 12% menos eficaz que o uso da adubação nitrogenada. Entretanto, maior produtividade foi encontrada para o tratamento com inoculação, quando observado fatores influenciadores como clima, características do solo, entre outros. Foram encontrados resultados positivos para o uso do *R. tropici* no período da seca, em sistema de plantio direto e em solos com alto teor de matéria orgânica, permitindo aumento significativo para a produção do feijoeiro, diferentemente dos resultados encontrados para o uso da adubação mineral. Apesar dos diversos benefícios proporcionados pela FBN, o produtor de feijão possui certa resistência quando ao emprego da inoculação, o que dificulta a adoção da técnica (ZOFFOLI, 2015).

Pensando nisso, uma alternativa que vem sendo amplamente estudada para promover a melhoria da eficiência da FBN é a combinação com bactérias promotoras de crescimento como o *Azospirillum brasilense*, por meio do processo denominado co-inoculação. Essas bactérias são capazes de auxiliar o crescimento das plantas devido a alterações que são geradas na fisiologia com a liberação de hormônios, por exemplo, auxinas e citocinina que possuem propriedade para desenvolver o sistema radicular (ZAFAR et al., 2012), proporcionando nutrição vegetal e aumentando a nodulação, o que consequentemente leva a uma melhor interação entre o rizóbio e a planta (STAJKOVIĆ et al., 2011). Estudos envolvendo a co-inoculação do feijão comum (STEINER et al., 2019; SOUZA e FERREIRA, 2017; PERES et al., 2016; HUNGRIA et al., 2013), em geral, comprovam a eficiência da técnica em relação a adubação nitrogenada. Entretanto, estudos investigativos envolvendo a combinação inoculação ou co-inoculação associado a aplicação de adubo organomineral na nutrição da cultura de feijão são inexistentes.

Desta forma, considerando as problemáticas do uso de adubos minerais, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho da inoculação de *Rhizobium tropici* e em co-inoculação de

*Azospirillum brasilense* associado à adubação de base com fertilizante organomineral oriundo de lodo de estação de tratamento de esgoto na nutrição, no desenvolvimento e no rendimento do feijoeiro comum.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

O crescimento da população mundial está estimado para alcançar 10 bilhões de pessoas até 2050 (ONU, 2021). Isso proporcionará um acréscimo na geração de resíduos orgânicos devido a maior necessidade de produção e consumo. Para 2050 estima-se que a produção de resíduos urbanos e industriais atinjam a faixa de 3,4 bilhões de toneladas (KAZA et al., 2018). Dentre estes resíduos tem-se o esgoto que corresponde a águas residuárias residenciais, comerciais, águas que se infiltram na rede coletora, podendo conter efluentes industriais e domésticos (BRASIL, 2011).

A estimativa de produção de esgoto no Brasil é de aproximadamente 9,1 toneladas por dia (ANA, 2017). Do total de esgoto gerado, 60,3% são coletados e 79,8% deste valor corresponde ao esgoto tratado (SNIS, 2020). A Lei nº. 11.445 de 5 de janeiro de 2007, alterada pelo novo marco legal do saneamento, a Lei nº. 14.026 de 15 de julho de 2020, prevê no caput do seu artigo 11-B a criação de metas a serem cumpridas pelos prestadores de serviços visando a universalização do saneamento básico no Brasil (BRASIL, 2020).

A resolução nº. 106, de 04 de novembro de 2021, aprovou a norma de referência nº. 02 para incorporar as metas para melhorar os serviços públicos de esgotamento sanitário, criando, de acordo com o artigo 6º, um indicador de universalização de coleta de esgotos sanitários, cujo índice deve mostrar as economias residenciais atendidas com rede coletora de esgoto, e um outro indicador de universalização de tratamento de esgotos sanitários para mostrar as economias residenciais atendidas com rede coletora e tratamento de esgoto. O artigo 7º estipulou que deverá ser garantido o atendimento de 90% da população da área de abrangência do prestador de serviços com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033 (ANA, 2021).

A exigência da lei sobre o atendimento da meta para aumentar a abrangência do tratamento dos efluentes coletados trará um volume cada vez mais significativo de resíduos gerados (lodo) nas estações de tratamento de esgoto (ETEs), que precisarão de uma destinação sustentável. Para evitar o descarte inadequado deste lodo, também denominado de biossólido, os aterros sanitários licenciados têm sido utilizados como uma solução comparativamente viável (GODOY, 2013; SAMPAIO, 2013).

Contudo, o descarte em aterro sanitário apresenta-se como uma alternativa relativamente mais cara, que pode chegar a 50% do custo operacional de uma ETE e, além disso, a grande quantidade de carga orgânica disposta no aterro pode acarretar vários pontos negativos que irão interferir no manejo dos resíduos urbanos, como por exemplo, a geração em maior quantidade do lixiviado que tende a ter odor acentuado, geração de gases prejudiciais a atmosfera, contaminação das águas subterrâneas, entre outros, tornando essa prática menos sustentável ambientalmente (MOREIRA et al., 2019).

## 2.2 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA

A composição do biossólido pode ser prejudicial tanto para o ser humano quanto para o meio ambiente, por isso, é imprescindível seu tratamento antes de sua destinação no ambiente ou em outras cadeias produtivas como a agricultura (BITTENCOURT et al., 2017). A qualidade do lodo e sua composição química depende do nível de urbanização de onde a ETE está instalada (MACHADO et al., 2016) e do tipo de tecnologia utilizada no processo de tratamento (SHARMA, 2017; NASCIMENTO, 2020). No Brasil, para a redução da biomassa do lodo, utiliza-se principalmente tratamento biológico aeróbico ou anaeróbico (em alguns casos a junção de ambos) e como complemento a calagem para eliminação de patógenos e redução da presença de metais pesados (NASCIMENTO, 2020).

O biossólido é composto por diversos materiais orgânicos que se originam a partir de moléculas proteicas, lipídicas, compostos fenólicos, celulose, lignina, microrganismos, entre outras. Pode ainda apresentar, em sua composição, elevados níveis de materiais pesados como mercúrio (Hg), zinco (Zn), níquel (Ni), cromo (Cr), ferro (Fe), cádmio (Cd), cobalto (Co), e chumbo (Pb), podendo ainda variar pela época do ano e origem, industrial ou doméstico (URRA et al., 2019; TYAGI e LO, 2013; BERTON e NOGUEIRA, 2010).

No Brasil a legislação responsável por definir estes critérios e procedimentos para o uso de biossólidos resultantes de tratamento de esgoto na agricultura é representada pela Resolução 375 de 2006, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2006). No artigo 2º diz que o lodo de esgoto para se tornar viável de ser utilizado na agricultura de passar por tratamento e higienização. Estes processos são necessários para a eliminação ou redução da presença de patógenos, delimitação do poder de atrair vetores que provoquem doenças. No

artigo 5º é determinado que o lodo de esgoto destinado para a agricultura deve atender aos valores limites de substâncias ou elementos que apresentem toxicidade. O artigo 11º na Seção III estabelece esses limites (mg Kg<sup>-1</sup>, base seca) de 41 de arsênio, 1300 de bário, 39 de cádmio, 300 de chumbo, 1500 de cobre, 1000 de cromo, 17 de mercúrio, 50 de molibdênio, 420 de níquel, 100 de selênio e 2800 de zinco. Esta resolução, dentre outros assuntos, relata sobre os procedimentos de frequência de monitoramento e requisitos mínimos de qualidade do biossólido, culturas que se apresentam aptas as receber este material, além de apresentar restrições de uso para determinados locais e estabelecer a quantidade ideal a ser aplicada (BRASIL, 2006).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2006, é necessário que o lodo de esgoto passe por um processo de compostagem ou higienização para ser considerado como biossólido. Assim será possível reduzir o volume da massa de resíduo, eliminação ou pelo menos redução extrema de contaminantes nocivos, poluentes orgânicos e inorgânicos, como metais pesados, redução do volume água (KULIKOWSKA e GUSIATIN, 2015). Entre outras maneiras e higienização, após ser centrifugado, o lodo de esgoto é tratado com adição de cal hidratada e submetido a raios ultravioletas solares na condição de estufa e em seguida passa pelo processo de desidratação até se tornar um material sólido (RESENDE JÚNIOR et al., 2016). Dentre os tipos de descarte do biossólido resultante do tratamento de esgoto, a aplicação na agricultura torna-se mais viável, porque além de garantir uma disposição ambientalmente correta pelo seu caráter sustentável, ainda permite seu reaproveitamento dando ao mesmo uma nova finalidade como fonte orgânica na fabricação de biofertilizantes (LOBO; GRASSI FILHO; KUMMER, 2014; LOURENÇO et al., 1996).

O uso do biossólido na agricultura permite a recuperação de nutrientes melhorando a qualidade do solo (HAMDI et al., 2019) e como consequência é possível reduzir os custos com fertilizantes minerais (KARUNANITHI et al., 2015). Em geral, o alto teor de nutrientes presente no biossólido beneficia a produção agrícola e ainda contribui para reposição da matéria orgânica (MO) do solo (DIACONO e MONTEMURRO, 2010). Através do aumento da MO no solo, o biossólido pode contribuir com macronutrientes como fósforo e nitrogênio, na melhoria das características físicas, podendo alterar a porosidade, a estabilidade dos agregados, e como consequência, auxiliar no aumento de retenção de água no solo, colaborando com a redução de exposição a processos erosivos, e ainda é considerado uma ótima fonte de micronutrientes (FLORENTINO et al., 2019; KOMINKO et al., 2017), além de auxiliar na capacidade de trocas catiônicas e melhorias na adsorção de nutrientes (MARÍN et al., 2005).

Bolan et al., (2013) utilizaram o bio sólido derivado da ETE para observar a produção de biomassa do girassol e da mostarda indiana juntamente com a capacidade de sequestro de carbono. Utilizando uma dose de aplicação de 50 Mg ha<sup>-1</sup> foi fornecido aproximadamente de 100 e 53 Kg de N e P nesta ordem, além de garantir o aumento da biomassa das plantas em 2 a 2,5 vezes. A utilização do bio sólido de lodo de esgoto na cultura da soja apresentou resultados positivos na dose de 75% em relação a dose considerada ótima (120 kg ha<sup>-1</sup>) segundo a Comissão de Fertilizantes do Solo do Estado de Minas Gerais (SILVA, 2017; CFSEMG, 1999). Essa dosagem ocasionou aumento na massa seca do caule em relação ao tratamento sem adubação e com adubação mineral, numa proporção de 36 e 34%, respectivamente, levando ao aumento da produtividade para essa cultura.

Nakayama et al., (2013) avaliaram 5 tratamentos, sendo o primeiro com fertilizante mineral, 08-28-16 200 kg ha<sup>-1</sup>, do segundo ao quinto tratamento com organomineral nas seguintes proporções: 04-14-09 + MO 250kg ha<sup>-1</sup>; 04-14-08 + MO 200 kg ha<sup>-1</sup>; 04-14-08 + MO 150 kg ha<sup>-1</sup> e 04-14-08 + MO 100 kg ha<sup>-1</sup>, na produtividade do feijoeiro. Dentre esses tratamentos o que apresentou melhor produtividade foi com organomineral 04-14-08 + MO - 200 kg ha<sup>-1</sup> que produziu 2,87 t ha<sup>-1</sup> a mais que o tratamento mineral 08-28-16 200 kg ha<sup>-1</sup>.

### 2.2.1 Formulados organominerais

Segundo o Decreto nº 86.955, publicado em 18 de fevereiro de 1982, em seu Capítulo I, D as disposições preliminares, art. 1º, inc. III, define o fertilizante organomineral (FOM) como a união de fertilizantes orgânicos e minerais (BRASIL, 1982). Em 31 de agosto de 2005 foi publicada a Instrução Normativa nº 23 que atualizou este termo para: “produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos” (BRASIL, 2005).

A Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009, trouxe especificações, garantias e características para a aplicação dos organominerais no solo. Descritas em seu Capítulo III, seção V, ar. 8º, § 1º que os organominerais devem apresentar no mínimo: 8% de carbono orgânico; capacidade de troca catiônica (CTC) de 80 mmolc kg<sup>-1</sup>; 10% de macronutrientes primários isolados (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK OU NPK); 5% de macronutrientes secundários e umidade máxima de 30% (BRASIL, 2009).

A definição continua sendo quase a mesma; porém, as especificações, garantias e características dos organominerais para a sua aplicação no solo. Essa atualização na legislação

foi de grande importância para os produtores, pois assim há uma garantia mínima do produto que será adquirido, ajudando no planejamento da adubação (BRASIL, 2009).

O processo de preparo e aplicação dos FOMs é praticamente o mesmo utilizado para os compostos orgânicos e fertilizantes minerais comumente utilizados nas atividades agrícolas, com a vantagem de que a composição do organomineral apresenta grande quantidade de nutrientes (DELVAUX, 2019). A utilização dos FOMs é capaz de tardar a fixação do fósforo lábil que é fornecido ao solo, assim permite que as plantas tenham acesso a este composto por um longo tempo, já para os minerais móveis no solo, como nitrogênio e boro, se tornam mais acessíveis para as plantas por se fixarem por mais tempo no solo e atingirem liberação gradativa (FERREIRA, 2014).

Oliveira et al., (2016) utilizando o organomineral Pilatus®, composto por: Carbono Orgânico Total: 30,10%; ácido fúlvico 3,01%; Aminoácidos totais 1,97%; Inositol 0,42% e Zinco 4,92%. Observou o desempenho agrônomo e produtividade do feijão, nas doses 0,25 L ha<sup>-1</sup>, 0,50 L ha<sup>-1</sup>, 0,75 L ha<sup>-1</sup>, 1,00 L ha<sup>-1</sup> e 1,5 L ha<sup>-1</sup> aplicados no sulco do plantio, com as seguintes características: Carbono Orgânico Total: 30,10%; ácido fúlvico 3,01%; Aminoácidos totais 1,97%; Inositol 0,42% e Zinco 4,92%. Foi observado que a maior manutenção na população final das plantas foi apresentada na maior dose aplicada, com 6,3% em relação à testemunha. A maior produção alcançada foi utilizando a dose de 1,00 L ha<sup>-1</sup>, na cultivar IPR Tangará, do grupo carioca (OLIVEIRA et al., 2016).

Dados apresentados por Andrade e Janegitz (2017) mostraram que a adubação orgânica, ausente de fertilizante inorgânico, obteve capacidade de aumentar a produtividade do feijão, e ainda apresenta viabilidade alternativa para solos que possuam uma baixa capacidade de troca catiônica. O experimento utilizou solo de textura arenosa com aplicação de adubo mineral (4-30-10, 300 Kg ha<sup>-1</sup>), orgânico (esterco de galinha curtido, 590 Kg ha<sup>-1</sup>), e organomineral (3-15-05, 400 Kg ha<sup>-1</sup>).

## 2.3 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO FEIJÃO

Devido a cultura brasileira e sua importância na alimentação humana, relacionada a disponibilidade de proteína e energia, o feijão comum é um produto agrícola de suma importância na cadeia produtiva brasileira, é cultivado em todas as regiões do Brasil por pequenos e grandes produtores (CONCEIÇÃO et al., 2018). O feijão mais comum na mesa do

brasileiro é o carioca, seguido do feijão preto que possui maior aceitação nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro e Espírito Santo (SILVA, 2018).

A produção mundial do feijão é liderada por Myanmar, seguida da Índia, Brasil, Estados Unidos, México e Tanzânia, que representam 57% ou 15,3 milhões de toneladas do total produzido no mundo (FAOSTAT, 2019). No Brasil a produção do feijão é bastante difundida e o grão cultivado em três safras distintas: safra das águas, safra das secas e safra de inverno, essa de alta produtividade, podendo alcançar valores acima de  $3500 \text{ kg ha}^{-1}$  em algumas regiões, com importante papel no equilíbrio da oferta no segundo semestre do ano (CONAB, 2019). A produção do feijoeiro no Brasil gira em torno de 3 milhões de toneladas. No ano de 2021 o país exportou mais de 200 mil toneladas, após o investimento em novas cultivares (IBRAFE, 2021).

A cultura do feijoeiro se destaca por apresentar um ciclo curto e sistema radicular raso, isso faz com que a mesma se destaque entre as plantas que exigem maior quantidade de nutrientes (ROSOLEM e MARUBAYASHI, 1994). Com relação à necessidade hídrica o feijoeiro apresenta maior susceptibilidade tanto pelo excesso quanto pelo déficit de água nos vários estágios do seu desenvolvimento (AVILEZ et al., 2018). Os nutrientes mais exigidos por essa cultura são: potássio, cálcio, magnésio, enxofre, fósforo e o que mais se destaca é o nitrogênio (COELHO et al., 1998).

A disponibilidade de nitrogênio está diretamente relacionada com produtividade do feijão, já que em praticamente todo o ciclo da cultura ocorre a absorção desse nutriente (VIEIRA et al., 2013; AMADO et al., 2002; MALAVOLTA, 1979). Aproximadamente, o feijão absorve  $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$  para obter a produtividade média  $2000 \text{ kg ha}^{-1}$  (CONAB 2019; EPAGRI, 1992). Com isso, há um aumento nos custos de produção, sendo um dos possíveis obstáculos relacionando a área cultivada em comparação a outras culturas de grãos (CONAB, 2019; AMADO et al., 2002).

## 2.4 ADUBAÇÃO NITROGENADA

O bom desenvolvimento e produtividade das culturas está diretamente ligado a disponibilidade dos nutrientes. Um dos principais nutrientes presentes nas plantas e um dos mais importantes para o desenvolvimento vegetal é o nitrogênio (N). É imprescindível no processo da fotossíntese, faz parte da constituição da clorofila, vitaminas, carboidratos, aminoácidos e proteínas, colaborando com o aumento da produtividade e qualidade dos grãos,

auxiliando no desenvolvimento geral da planta, além disso é responsável pela coloração verde-escura das folhas (FERREIRA e MENDES 2014).

O N é o elemento mais abundante na atmosfera, no entanto, sua forma química disponibilizada na atmosfera não é assimilável pelas plantas, por isso, é necessário que seja feita adição direta no solo através dos fertilizantes químicos (BARCELOS et al., 2018). Assim como para diversas culturas, o feijoeiro necessita do N para obter um desenvolvimento adequado. As formas de absorção do N pelas plantas pode ocorrer tanto pelas raízes quanto pelas folhas e para fabáceas, assim como o feijoeiro, é possível obter a assimilação do N<sub>2</sub> atmosférico que pode ocorrer através da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), através da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (GUIMARÃES et al., 2017; NASCENTE et al., 2017; PIAS et al., 2017; SOUZA et al., 2011).

Para suprir a demanda das plantas por N, a alternativa mais utilizada são os fertilizantes nitrogenados, que por sua vez apresentam diversas vertentes negativas. Além do custo elevado, se mal manejado pode causar danos ao meio ambiente. Os impactos negativos podem ocorrer desde o processo de fabricação com grande gasto de petróleo e emissão de CO<sub>2</sub>, até sua utilização na nutrição das culturas, uma vez que a quantidade aplicada pode não ser totalmente utilizada pelas plantas, as perdas no campo podem chegar a 50% através da volatilização ou pelo processo de lixiviação no solo, poluindo rios, afetando toda a biodiversidade do meio e pessoas que consomem a água (MARQUES, 2018; HUNGRIA et al., 2013).

Entre outros problemas acarretados ao meio ambiente pelo uso indiscriminado dos fertilizantes nitrogenados é factível citar que através do processo de lixiviação ocorre a poluição dos rios que leva consequentemente a eutrofização das águas, fato que ocorre devido ao aumento da atividade biológica na água pelo excesso de nutrientes que é depositado no ambiente aquático. Isso gera um aumento expressivo de biomassa que se instala na superfície aquática impedindo a penetração da luz e por consequência acarreta a produção de algas que interferem no equilíbrio ecológico do sistema (VIDAL e CAPELO NETO, 2014; PEREIRA et al., 2013).

Os problemas podem ser agravados quando a dosagem deste produto não é calculada adequadamente. O cálculo proveniente da interpretação da análise de solo e da produtividade esperada da cultura, a fonte do nutriente, condições edafoclimáticas, manejo do solo, além disso, é importante conhecer a época adequada de aplicação do fertilizante para cada cultivar, que pode ser na semeadura ou em cobertura (CALONEGO et al., 2010; BINOTTI et al., 2010).

## 2.5 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

A FBN ao contrário dos adubos nitrogenados apresenta uma solução mais barata, eficiente e ambientalmente correta para obtenção dos benefícios ofertados pelo N para a agricultura. Microrganismos probióticos (bactérias), compostas por um complexo de enzimas dinitrogenase, são capazes de realizar a FBN, devido ao rompimento da tripla ligação que há entre os átomos de nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ), reduzindo o composto até se transformar em amônia ( $NH_3$ ), que é exatamente o produto vendido industrialmente (NOGUEIRA e SILVA FILHO, 2010).

Através de uma interação simbiótica ocorre a associação mutualística entre fabáceas e bactérias do gênero *Rhizobium* resultando na FBN (FONSECA-GARCÍA et al., 2021). Essa interação ocorre através da formação de nódulos na raiz requerendo uma troca de sinais químicos entre plantas, raízes e o simbionte (BONFANTE e REQUENA, 2011). Através desses nódulos é possível que a amônia seja sintetizada e incorporada à íons de hidrogênio ( $H^+$ ) facilitando o transporte para a planta hospedeira (ANPII, 2017; HUNGRIA et al., 2001).

A eficiência do N fixado tem relação com o tipo de cultura, a estirpe de bactéria e as condições edafoclimáticas. Para a soja pode variar entre 60 e 180 kg de N  $ha^{-1}ciclo^{-1}$ , já para o feijoeiro essa variação pode ser entre 3 a 110 kg de N  $ha^{-1}ciclo^{-1}$  e na leucena (*Leucaena leucocephala*) até 600 kg de N  $ha^{-1}ciclo^{-1}$ , sendo assim, utilizando destes microrganismos, as culturas conseguem atingir os mesmos resultados reduzindo a necessidade de aplicação dos fertilizantes industrializados (NOGUEIRA e SILVA FILHO, 2010).

O processo de nodulação tem início após a etapa de germinação da semente já inoculada com presença do rizóbio no solo. Todo processo ocorre através de etapas distintas que são: pré-infecção; infecção, desenvolvimento nodular, ativação e funcionamento do nódulo (CASSINI e FRANCO, 2006). Na etapa de pré-infecção, através de substâncias que são exsudadas pelas raízes, como carboidratos, aminoácidos, compostos fenólicos que compõem um gradiente químico na rizosfera, o rizóbio é atraído para a radícula (OJUEDERIE et al., 2019; HUNGRIA e STACEY, 1997). Através da atuação dessas substâncias, nas bactérias, genes específicos da nodulação são ativados provocando a proliferação e aderência das células aos pêlos radiculares através de interações exigentes e precisas entre moléculas glicoproteicas (lecitinas) que ficam na superfície dessas células e os polissacarídeos extracelulares produzidos pelas células rizobianas (LACE e OTT, 2018; DIAZ et al., 1989).

Essa interação é extremamente importante para a etapa de infecção, que se desenvolve em dois estágios: o primeiro envolve proteínas e o segundo fibrilas de polissacarídeos (CHUMAKOV, 1996). Em seguida, o rizóbio forma uma estrutura espacial chamada de cordão de infecção, através da penetração nas células corticais, após esse processo o rizóbio adapta-se a uma nova função de FBN, assim a estrutura nodular passa a estar apta a desenvolver esta função (HUNGRIA et al., 1991; CASSINI e FRANCO, 2006).

### 2.5.1 Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro

O feijoeiro possui uma capacidade muito importante de realizar simbiose com algumas bactérias do grupo de rizóbios. O gênero *Rhizobium* representa as principais espécies que são descritas como nodulantes e microssimbiontes eficientes para o feijoeiro, entre elas estão: *Rhizobium etli* (HÖRDT et al., 2020), *R. gallicum*, *R. giardinii*, *R. leguminosarum* e *R. tropici* (YADAV et al., 2018). Todas essas bactérias são encontradas em solos brasileiro, exceto a espécie *R. gallicum* e todas são capazes de efetuar nodulação (YADAV et al., 2018). A espécie *R. etli* e a espécie *R. tropici* são bactérias simbiotes do feijoeiro mais comuns nos solos brasileiros. A *R. etli* não apresenta uma eficiência muito satisfatória no processo de nodulação, já a *R. tropici* é mais resistente e consegue sobreviver a solos ácidos e em altas temperaturas (HÖRDT et al., 2020; YADAV et al., 2018).

Entretanto, o feijoeiro possui uma capacidade específica de realizar o processo de simbiose com bactérias de outros gêneros, ou seja, é considerado um hospedeiro não específico. Alguns estudos mostram que bactérias, como: *Mesorhizobium loti*, *Azorhizobium caulinodans*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium meliloti*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Paraburkholderia nodosa*, *Paraburkholderia tuberum* e *Cupriavidus necator*; foram capazes de formar nódulos no feijoeiro (DALL'AGNOL et al., 2017; CARDOSO et al., 2012; MICHIELS et al., 1998). Essa diversificação de gêneros torna o feijoeiro um hospedeiro promíscuo e refém de uma grande variedade de fatores de nodulação além da competição entre a bactéria inoculada e os rizóbios nativos do solo, que geram nódulos incapazes de fixar o nitrogênio de forma eficiente (DEL CERRO et al., 2015; MICHIELS et al., 1998).

As bactérias nativas tendem a ser mais adaptadas as lavouras se comparado aos rizóbios comercializados como inoculantes (BRITO et al., 2015; FERREIRA et al., 2013; HUNGRIA et al., 2003). Por esse motivo diversos estudos têm buscado selecionar novas estipes

que possuam maior estabilidade e competitividade, além de buscar cultivares de feijoeiro que sejam capazes de responder a interação simbiótica de forma positiva (MOREIRA et al., 2017; MERCANTE et al., 2017; ANDRAUS et al., 2016; FONSECA et al., 2013). Em estudo realizado por Mercante et al., (2017) foram isoladas 630 bactérias do gênero *Rhizobium* e avaliados. A obtenção dessas bactérias foi de nódulos formados na leucaena e no feijoeiro de 87 localidades, incluindo 34 municípios do Mato Grosso do Sul. Dentre elas, três se destacaram com potencial para atuar como inoculante: CPAO 12,5 L2; CPAO 17,5 L2 e CPAO 56,4 L2. Moreira et al., (2017), através de uma avaliação de 17 isolados de *R. tropici* comparando com estirpes CIAT 899 e H12 (*R. tropici*) e PRF 81 (*R. freirei*) baseando na nodulação, eficiência na FBN e produtividade, obteve a estirpe JPrG10A6 como potencial para comercialização.

### **2.5.2. Resposta à co-inoculação**

A técnica da co-inoculação consiste no uso combinado de microrganismos, nutrientes e hormônios com características diferentes em cobertura associada a inoculação e permite a obtenção de resultados favoráveis se comparado com o uso individual dos mesmos (BÁRBARO et al, 2011). O uso destas técnicas permite o desenvolvimento de maior número de nódulos potencializando também sua funcionalidade, o aumento da área radicular e produtividade da cultura em que se está aplicando a técnica (AHEMAD e KIBRET, 2014; SANTOS et. al, 2019; BASHAN e BASHAN, 2005). A inoculação simples no feijoeiro é capaz de diminuir em 50% o uso de fertilizante nitrogenado e combinado com o uso de bactérias promotoras de crescimento (co-inoculação) há um maior aproveitamento dos nódulos, ganho de biomassa da parte aérea, raízes e alta produtividade (STEINER et. al., 2019; HUNGRIA et al., 2003).

A co-inoculação no feijoeiro tem mostrado resultados positivos na produtividade, formação dos nódulos e absorção dos nutrientes quando inoculados com duas bactérias diferentes promotoras do crescimento vegetal, dentre elas as micorrizas (*Glomus intraradices*) e bactérias habitantes da rizosfera (*Bacillus* e *Pseudomonas*), devido ao aumento da disponibilidade de fósforo para as plantas e a produção de reguladores de crescimento (CARDOSO e FERREIRA, 2021; EL-NAHRAWY e OMARA, 2017; ARDAKANI et al., 2011; STAJKOVIĆ et al., 2011).

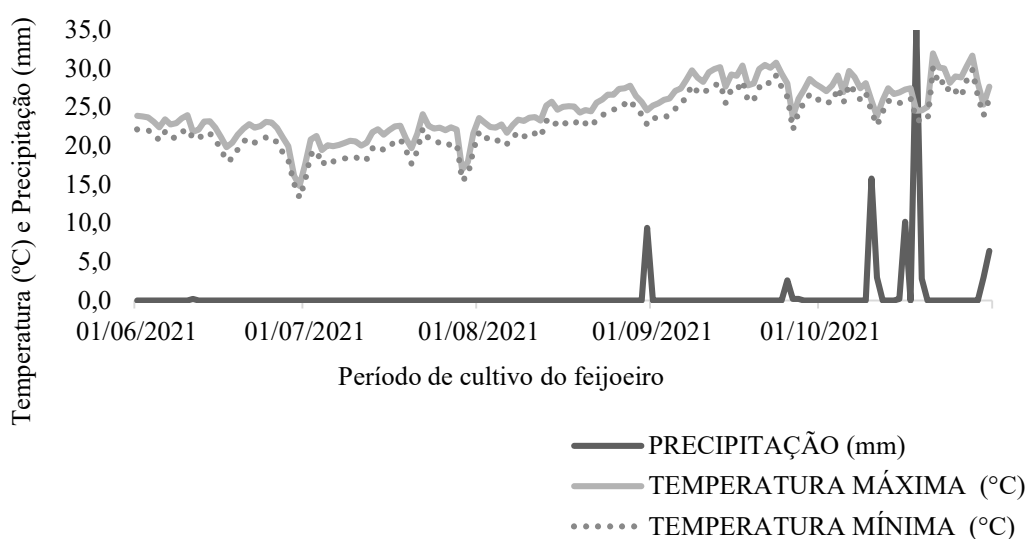
As bactérias promotoras de crescimento da espécie *Azospirillum brasilense* também têm sido muito utilizadas na co-inoculação de leguminosas como a soja e o feijão, combinada com o uso de bactérias simbiontes (HUNGRIA et al., 2013). A combinação do *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* na co-inoculação do feijoeiro resultou em aumento no desenvolvimento da planta, aumento na biomassa seca das raízes e da parte aérea e melhor nodulação, em relação ao uso do fertilizante nitrogenado e ao uso da inoculação simples (STEINER et al., 2019; SOUZA e FERREIRA, 2017; PERES et al., 2016; HUNGRIA et al., 2013). No entanto, os resultados obtidos na produtividade com o uso da co-inoculação são variados. Steiner et al., (2019) obtiveram um aumento de 26,6% na produtividade em relação ao uso do fertilizante nitrogenado e 5,57% em relação a inoculação simples; já Souza e Ferreira (2017) obtiveram 5% de ganho na produtividade comparado ao controle nitrogenado e 26% em relação a inoculação simples.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido na safra de inverno de 2021, na área experimental da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária - EMATER, situado no município de Anápolis-GO, cujas coordenadas geográficas são: latitude 16°20'44.27" Sul, longitude 48°52'44.67" Oeste, com altitude média de 1032m (GOOGLE EARTH, 2021). O clima da região é do tipo Aw tropical úmido, caracterizado pelo inverno seco e o verão chuvoso, com precipitação média anual de 1600mm, segundo a classificação de Köppen. As condições climáticas prevalentes por ocasião da condução do estudo são apresentadas abaixo (Figura 1).

**Figura 1**—Dados meteorológicos durante a condução do experimento na safra das águas 2020/2021. Anápolis/GO, INMET



Após a semeadura, que ocorreu no final do mês de junho de 2021, houve uma queda de temperatura que levou o atraso permitindo que a germinação ocorresse apenas depois de 15 dias. Outro fator que influenciou para que o ciclo do feijoeiro finalizasse com atraso foi o ataque de pragas, fazendo com que a colheita acontecesse no final do mês de outubro, calculando um período de aproximadamente 120 dias.

O solo da área é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico, amostrado na camada de 0-20 cm. Os resultados estão apresentados na tabela nº1.

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

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

Com base na análise de solos, se fez necessário a correção do solo. As informações a respeito do procedimento adotado estão descritas no tópico 3.5 que aborda sobre as unidades experimental e os tratamentos culturais.

### 3.2 ORIGEM E CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO ORGÂNICO

O resíduo que foi utilizado como base orgânica na formulação do FOM foi produzido a partir do lodo de esgoto higienizado retirado da estação de tratamento de esgoto do Departamento Municipal de Água e Esgoto do município de Uberlândia – MG. A composição inicial do lodo de esgoto apresentava as seguintes porcentagens: 70% de umidade e 30% de sólidos. Este material passou por processos químicos incorporando-se 30% de cal hidratada sobre a parte sólida existente no centrifugado, ainda úmido e incorporando utilizando-se uma betoneira. Após o material foi acondicionado em recipientes retangulares de zinco galvanizado (30x30x100cm) e coberto por uma lona transparente com espessura 200 micras e expostos à luz solar e raios ultravioletas por 15 dias. Retirada a lona o material passou por um processo de secagem ao ar livre por 30 dias, estabilizando em 20% de umidade (MORAES, 2017; BRASIL, 2006). A caracterização do bio sólido, de acordo com Moraes (2017), é apresentada abaixo (Tabela 1):

**Tabela 2** –Caracterização química do bio sólido, em porcentagem na Base Seca a 110°C

| pH                       | UT                           | NT  | MOT   | CT   | RMT   | C/N   | P   | K   | Ca   | Mg   |
|--------------------------|------------------------------|-----|-------|------|-------|-------|-----|-----|------|------|
| CaCl <sub>2</sub><br>8,1 | -----<br>%                   |     |       |      |       |       |     |     |      |      |
|                          | 10,9                         | 0,9 | 49,99 | 27,7 | 50,67 | 28/1  | 2,8 | 0,3 | 8,25 | 2,48 |
| Densidade                | B                            | Na  | Mn    | Cu   | Zn    | Fe    | Cd  | Hg  | Cr   | Ni   |
| g cm <sup>-3</sup>       | -----<br>mg Kg <sup>-1</sup> |     |       |      |       |       |     |     |      |      |
| 0,66                     | 10                           | 201 | 209   | 135  | 1042  | 27236 | 1,4 | 0,7 | 931  | 250  |

UT = Umidade Total; NT = Nitrogênio Total; MOT = Matéria Orgânica; CT = Carbono Total; RMT = Resíduo Mineral Total. N – [N Total] = Digestão Sulfúrica. P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn = Digestão nitro Perclórico. B = Colorimétrico Azometina-H. Metodologias baseadas em Embrapa (2011).  
Fonte: MORAES (2017)

### 3.3 FORMULAÇÃO DO FORMULADO ORGANO MINERAL

O formulado organomineral (FOM) foi preparado com base na composição química do lodo de esgoto (Tabela 2) e para atender a necessidade da cultura do feijoeiro para produtividade de 3000 kg ha<sup>-1</sup>. A preparação do organomineral foi realizada para atender a necessidade de 10 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 90 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo e 50 kg ha<sup>-1</sup> de potássio no plantio e base orgânica que garanta o mínimo de 8% de carbono orgânico exigido na composição dos FOMs. Para atender estas exigências o formulado organomineral obtido foi um 02 - 18 - 10 (ALVAREZ et al., 1999). Sendo a quantidade necessária para a obtenção do formulado: 3,7kg de uréia como fonte de nitrogênio; 38,4 kg de MAP como fonte de fósforo; 17,2 kg de KCl como fonte de potássio e 40,7kg de lodo de esgoto tratado. A formulação obtida possui: carbono orgânico total de 11,3 %, N 2,1%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 18,0 %; K<sub>2</sub>O 10,1%; Ca 3,4%; Mg 1,0%; S 0,5 %; B 4,1 mg kg<sup>-1</sup>; Cu 54,9 mg kg<sup>-1</sup>; Fe 11085,1 mg kg<sup>-1</sup>; Mn 85,1 mg kg<sup>-1</sup>; Zn 424,1 mg kg<sup>-1</sup>; Cd 0,6 mg kg<sup>-1</sup>; Hg 0,3 mg kg<sup>-1</sup>; Cr 378,9 mg kg<sup>-1</sup>; Ni 102,6 mg kg<sup>-1</sup>; Na 81,8 mg kg<sup>-1</sup>.

### 3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x4+3, com quatro repetições. Os fatores de tratamento com uso do adubo organomineral na base foram os seguintes: três cultivares de feijão contrastantes em termos de cores de grãos, sendo: Cultivares (Pérola - grupo carioca; BRS Esteio – grupo preto e BRS Pitanga – grupo roxinho), submetidas a adubação de base sem técnicas de inoculação e co-inoculação com organomineral, duas técnicas de inoculação de rizóbios: inoculação nas sementes com *R. tropici* antes da semeadura e reinoculação em cobertura; co-inoculação das sementes com *R. tropici* + *A. brasilense* antes da semeadura e reinoculação em cobertura de *R. tropici* + *A. brasilense* e testemunha sem nenhum tipo de adubação, inoculação e co-inoculação e, o tratamento adicional caracterizado pelo atendimento da necessidade nutricional das três cultivares via exclusivamente adubação mineral.

A quantidade a ser aplicada na adubação de base da formulação organomineral 02 - 18 - 10 (600 kg ha<sup>-1</sup>) no plantio para as cultivares foi calculada para atender à necessidade nutricional para obtenção de produtividade de 3000 kg ha<sup>-1</sup> com base na análise de solo. Foi empregado o inoculante líquido a base de *R. tropici* na dose de 150 ml/50 kg de sementes e 150 L/ha em cobertura no estágio V4. Já o regulador de crescimento *A. brasilense* foi aplicado no

tratamento de semente na dose de 100 ml/50 kg de sementes e 100 ml/ha em cobertura, no estádio V4.

### 3.5 UNIDADE EXPERIMENTAL E TRATOS CULTURAIS

A área experimental foi constituída de parcelas formadas de quatro linhas de 5m cada, espaçadas de 0,5m. Em cada parcela experimental tomou-se como área útil as duas linhas centrais. Foi utilizado 0,5m no início e no final da área útil da parcela para realização das análises de desenvolvimento das plantas, e o restante reservado para avaliação dos componentes e rendimento.

Três meses antes da implantação do experimento foi realizada a calagem do solo usando 1,5 ton.ha<sup>-1</sup> de calcário filler, e logo após foi iniciada a irrigação para acelerar o processo de reação do corretivo, visando atingir 70% de saturação de base. Após esse período de reação do corretivo foi feito o preparo de solo de forma convencional, com uma aração e duas gradagens, seguido da sulcação da área. Posteriormente, realizou-se a adubação de base usando o referido adubo organomineral (600 kg ha<sup>-1</sup>), conforme dose citada acima e os tratamentos investigados. A testemunha não recebeu nenhum tipo de inoculante ou adubação. O tratamento organomineral recebeu somente o organomineral da base, não sendo fornecimento qualquer fonte de N em cobertura. O tratamento que recebeu adubação mineral recebeu o adubo formulado 05-25-20 (400 kg ha<sup>-1</sup>) e em cobertura 50 kg ha<sup>-1</sup> de N no estádio V3, usando ureia como fonte. A inoculação e co-inoculação nas sementes foram realizadas momento antes da semeadura, não sendo realizado tratamento de sementes para evitar morte das bactérias inoculadas. A semeadura das cultivares foi realizada empregando 12 plantas por metro linear, dispensando o desbaste para todas as cultivares.

A reinoculação em cobertura foi realizada o auxílio do pulverizador costal de capacidade de 20 L, usando bico tipo leque, com jato direcionado ao solo na base das plantas, realizada sempre no final da tarde, visando melhor eficiência da inoculação. Os inoculantes foram diluídos conforme recomendações do fabricante em solução aquosa para entregar um volume final de 150 L ha<sup>-1</sup>. A irrigação foi feita por meio de aspersão em dias alternados na parte da manhã, visando atender as necessidades da cultura. Os tratos culturais empregados foram os comumente aplicados ao feijoeiro, através do monitoramento da cultura, utilizando o pulverizador tratorizado de barras e produtos recomendados, os quais incluíram o controle de plantas daninhas, através da associação do método químico, com a utilização de fomesafem na dose de 0,06 L ha<sup>-1</sup> e fluazifop-p-butil na dose de 0,08 L ha<sup>-1</sup>; para controle de percevejos foi

utilizado tiameatoxine lambda-Cialotrinana dose 0,01 L ha<sup>-1</sup> e para controle de mosca branca utilizou-se o inseticidaneonicotinóide e piretróide na dose de 0,01g ha<sup>-1</sup>.

### 3.6 ANÁLISE DE DESENVOLVIMENTO

Para as análises de desenvolvimento foram utilizadas 5 plantas retiradas de forma aleatória das linhas centrais (0,5m em cada ponta), com auxílio de um enxadão, 15 dias antes e 10 depois das aplicações dos tratamentos da reinoculação em cobertura para as seguintes avaliações:

- **Área foliar (AF):** As folhas das plantas foram retiradas e passadas no medidor portátil modelo CI-202 Portable LeafArea Meter, da marca CID Bio-Science.
- **Índice de área foliar (IAF):** Obtido pela relação entre o somatório da área das folhas de uma planta e a superfície do solo que ela ocupa. Equação 1:

$$IAF = \frac{AF * ST}{10.000} \quad (1)$$

Em que: IAF = Índice de área foliar; AF = Média da área foliar (m<sup>2</sup>) e ST = Estande final de plantas por hectare.

- **Altura de planta (AP):** Com auxílio de uma fita métrica, foi mensurada entre o colo da planta e a extremidade apical da haste principal da planta, em cm.
- **Comprimento da raiz principal (CR):** Com auxílio de uma fita métrica, foi mensurado o comprimento da raiz principal da planta, em cm.
- **Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR):** As amostras dos órgãos das plantas foram separadas em: raiz, caule, folhas e vagens, acondicionadas em sacos de papel kraft e então colocadas a estufa regulada a 75°C até atingir peso constante pesando-os em seguida em balança de precisão (0,01g) para obtenção das massas secas (BORGES et al., 2011).
- **Teor foliar de nitrogênio (TN):** Utilizou-se as folhas coletadas para obtenção da massa seca da parte aérea. Após a secagem das folhas em estufa a +/- 75°C por um período de 48 horas, foram pesadas amostras de aproximadamente 0,50 g e homogeneizadas em 2,5 g de mistura catalítica (sulfato de potássio e sulfato de cobre) e 7,0 mL de ácido sulfúrico procedendo a digestão a uma temperatura de 450°C, sendo mantido nesta condição até o líquido ficar transparente. Após este procedimento, com a amostra fria (temperatura ambiente), o tubo de Kjeldahl foi adaptado ao destilador e adicionados solução de hidróxido de sódio a 50%, procedendo a destilação até um volume final de amostra de 150 mL. Foi acoplado ao destilador

um Erlenmeyer (receptor do destilado) com 20,0 mL de solução de ácido bórico a 4% e 5 gotas de indicador misto (0,132 g de vermelho de metila e 0,06 g de verde de bromo cresol). Após, a amostra foi titulada com solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,01 mol L<sup>-1</sup>, até o ponto de viragem detectado visualmente. Os resultados foram calculados pela equação 2, e expresso em gramas (CARMO et al., 2000).

$$N = (V * a * 0,0014) / "m"$$

Em que: N = Concentração de nitrogênio disponível em g; v = Volume da solução de ácido sulfúrico 0,01 mol L<sup>-1</sup> gasto na titulação após correção do branco (mL); a = Fator de correção da solução de ácido sulfúrico 0,1 mol L<sup>-1</sup>; 0,0014 = Miliequivalente em grama de nitrogênio e m = Massa da amostra em gramas.

### 3.7 ANÁLISE DOS COMPONENTES E DO RENDIMENTO

As análises de componentes foram feitas com base nos dados de 10 plantas coletadas na área útil da central de cada unidade experimental na ocasião da colheita, sendo avaliado:

- **Número de vagens por planta (NVP):** Média obtida com base na contagem do número de vagens obtido das dez plantas coletadas.
- **Número de grãos por vagem (NGV):** Média obtida com base no número de grãos obtidos no total de vagens das dez plantas.
- **Peso de 100 grãos (P<sub>100</sub>):** Obtida utilizando amostras aleatórias de 100 grãos dos obtidos das dez plantas.
- **Rendimento de grãos (REND):** Obtido pela colheita e trilha do restante das plantas coletadas na área útil da parcela pesando-as os seus grãos com 13% de umidade em balança de precisão de 0,01g, e o resultado foi extrapolado para kg ha<sup>-1</sup>.

### 3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos inicialmente aos testes de homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos pelos testes de Levene e Shapiro Wilk, respectivamente. Em seguida foi realizada a análise de variância dos dados, e as médias do fatorial comparadas entre si pelo teste Tukey, e os tratamentos adicionais pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. Utilizou-se o software R nas análises.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISE DE DESENVOLVIMENTO DE PLANTA

#### 4.1.1 Primeira avaliação: inoculação via semente

Com exceção de TN, todas as características de desenvolvimento realizadas na primeira avaliação foram influenciadas pelos tratamentos investigados (Tabela nº3).

**Tabela 3** – Resultados da análise de variância para a primeira avaliação realizada em cultivares de feijão submetidas a diferentes formas de inoculação com *R. tropici* e co-inoculação com *A. brasilense*

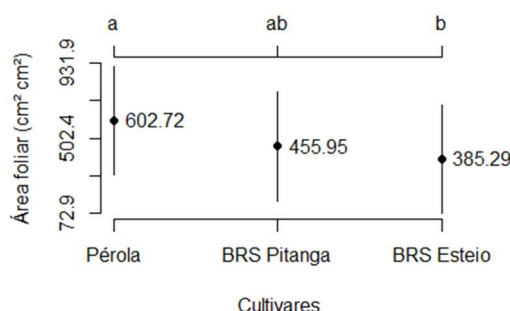
| Quadrados Médios              |    |                         |                       |                        |                        |
|-------------------------------|----|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| FV                            | GL | AF                      | IAF                   | AP                     | CR                     |
| Blocos                        | 3  | 19206,33                | 0,18578               | 1,206                  | 12,79661               |
| Cultivares (A)                | 2  | 196830,81**             | 1,35146*              | 0,30583 <sup>NS</sup>  | 22,19083**             |
| Tratamentos (B)               | 3  | 81312,37 <sup>NS</sup>  | 3,56021**             | 0,46076 <sup>NS</sup>  | 31,51222**             |
| A x B                         | 6  | 72403,69 <sup>NS</sup>  | 0,51146 <sup>NS</sup> | 0,15722 <sup>NS</sup>  | 8,69889*               |
| Trat. adicional               | 2  | 42144,48 <sup>NS</sup>  | 1,0975*               | 2,48583**              | 7,7925 <sup>NS</sup>   |
| Tratamentos x trat. adicional | 1  | 125341,39 <sup>NS</sup> | 1,08004 <sup>NS</sup> | 2,83838*               | 11,79267 <sup>NS</sup> |
| Resíduo                       | 42 | 38171,19                | 0,31792               | 0,44576                | 3,61102                |
| CV (%)                        | -  | 42,6                    | 26,9                  | 11,3                   | 13,1                   |
| FV                            | GL | MSPA                    | MSR                   | TN                     |                        |
| Blocos                        | 3  | 0,2683                  | 0,13911               | 33,11528               |                        |
| Cultivares (A)                | 2  | 0,28313**               | 0,26896*              | 15,32271 <sup>NS</sup> |                        |
| Tratamentos (B)               | 3  | 0,87278**               | 1,08187**             | 19,54722 <sup>NS</sup> |                        |
| A x B                         | 6  | 0,04174 <sup>NS</sup>   | 0,12479 <sup>NS</sup> | 6,68743 <sup>NS</sup>  |                        |
| Trat. adicional               | 2  | 0,32333**               | 0,4075**              | 31,48 <sup>NS</sup>    |                        |
| Tratamentos x trat. adicional | 1  | 0,3267 <sup>NS</sup>    | 0,21004 <sup>NS</sup> | 13,63267 <sup>NS</sup> |                        |
| Resíduo                       | 42 | 0,02874                 | 0,5959                | 21,5698                |                        |
| CV (%)                        | -  | 21,5                    | 35,2                  | 13,7                   |                        |

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>NS</sup> não significativo pelo teste F.

Foi observada boa precisão experimental para maioria das variáveis avaliadas, conforme os valores de coeficiente de variação (C.V) obtidos, quando comparado aos valores citados por Pimentel-Gomes (1990): baixo - quando inferior a 10%; médio entre 10 e 20%; alto entre 20 e 30%; e muito alto se superior a 30%, ou seja, quanto maior o valor de C.V menor a precisão experimental. As variáveis AF, IAF, MSPA e MSR apresentaram baixa precisão, mesmo assim foi possível detectar efeitos significativos entre os tratamentos.

A cultivar Pérola apresentou maior AF (602,72 cm<sup>2</sup> cm<sup>2</sup>), estatisticamente diferente da cultivar BRS Pitanga (Figura 2). A cultivar BRS Esteio apresentou menor média (385,29 cm<sup>2</sup> cm<sup>2</sup>) comparado com os demais.

**Figura 2**– Médias dos valores de AF em função das cultivares de feijão

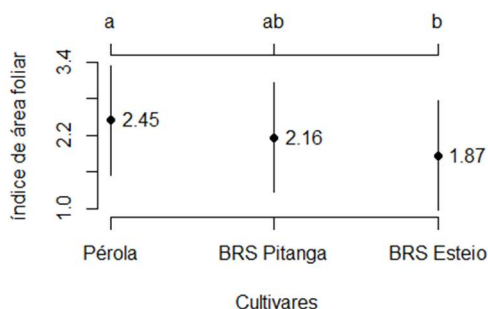


Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo a Embrapa (2021) cultivares que possuem características de maior ramificação da parte aérea e maior AF, além daquelas que são facilmente estimuladas para a formação de nódulos, são responsáveis por apresentar melhor eficiência da FBN, e que consequentemente influencia na produtividade do feijoeiro. Bettiol (2019), verificando a eficiência da adubação mineral em cobertura com N (45 e 90 kg há<sup>-1</sup> de N), inoculação de sementes com *R.tropici* e co-inoculação via semente e foliar com *A. brasilense* em duas cultivares do feijoeiro (IPR Curió e IAC Imperador), também observa diferença significativa entre ambas, corroborando para os resultados encontrados no presente estudo. Neste estudo a área foliar da cultivar Pérola foi 602,72 cm² cm², Portes et al. (2022) encontraram resultado parecido com este trabalho (755 cm² cm²) para a área foliar do feijoeiro que também recebeu a inoculação.

O IAF apresentou diferença significativa para todas as cultivares estudadas, sendo que para a cultivar de feijão Pérola a média obteve maior valor (2,45) ao contrário das cultivares BRS Pitanga e BRS Esteio, que apresentaram valores inferiores (2,16 e 1,87 respectivamente) (Figura 3). Destaca-se que esta variável é comumente utilizada para o controle do desenvolvimento da planta (HARA, 2019).

**Figura 3**– Médias dos valores de IAF em função das cultivares de feijão

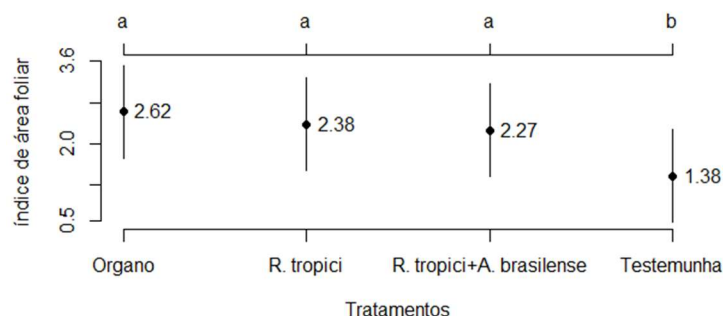


Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O fato da cultivar Pérola apresentar maior número de ramificações está relacionado à sua classificação (tipo III) e certamente corroborou para obtenção de maior IAF neste material, além disso, diferiu estatisticamente da BRS Pitanga que é classificada como tipo II, caracterizada por ser uma planta mais ereta e menor ramificada, e, portanto, como menor IAF gerado pela planta (ARAÚJO, 2006). Filiz e Kayan (2021) obtiveram um valor médio de IAF de 2,33 resultado semelhante ao encontrado nesta pesquisa para a cultivar Pérola (2,45).

Comparando entre os tratamentos, o IAF não apresentou diferença significativa, exceto a testemunha. O tratamento utilizando o organomineral apresentou maior média (2,62), proporcionando aumento de 52% em comparação com a testemunha (1,38). Para o uso do *R. tropici* esse aumento foi de 58% (2,38) (Figura 4).

**Figura 4** – Médias dos valores de IAF em função das cultivares de feijão e da inoculação de sementes com *R. tropici* e co-inoculação com *A. brasilense*

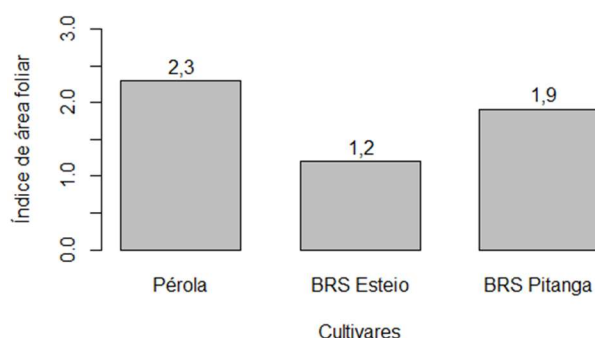


Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Sousa et al., (2020) em seu primeiro experimento, no ano de 2017, conduzido no inverno, avaliou o estágio V4. O IAF não apresentou diferença significativa para os tratamentos. Contudo, o segundo experimento, realizado no ano de 2018, mostrou que os tratamentos com o inoculante e com o inoculante mais 45 Kg ha<sup>-1</sup> de N apresentaram valores inferiores aos demais tratamentos. O uso do organomineral associado com a aplicação do *Azospirillum brasilense* e co-inoculado com a estirpe *Bradyrhizobium* foi testado na cultura da soja por Barros, (2019) que teve como melhor resultado os tratamentos que receberam a inoculação e a co-inoculação que não diferiram estatisticamente. O tratamento que foi apenas adubado com o organomineral não foi eficiente, que difere do resultado deste trabalho. Isto pode ter relação com o tipo de cultura analisada neste estudo, cujos resultados mostraram boa adaptação do feijoeiro comum quanto ao uso do organomineral isolada.

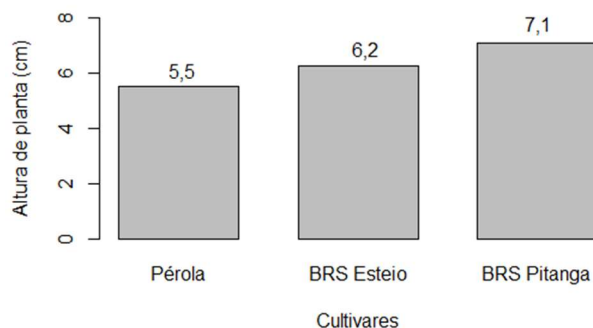
O fator adicional teve como base a adubação mineral para as três cultivares estudadas a fim de detectar a viabilidade do uso dos tratamentos propostos por esta pesquisa. A figura 5 mostra as respostas da adubação mineral de IAF para as cultivares.

**Figura 5**– Médias de IAF para o tratamento com adubação mineral aplicado as cultivares Pérola, BRS Esteio e BRS Pitanga



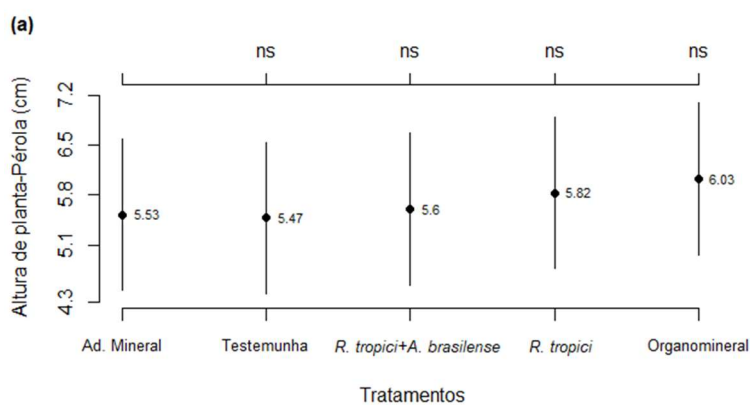
O IAF (Figura 5) para o fator adicional apresentou melhor resultado para a cultivar Pérola (2,3) e resultado inferior para a cultivar BSR Esteio (1,9). Ao contrário, a variável AP (Figura 6) apresentou maior média para a cultivar BRS Pitanga (7,1cm) e menor para a Pérola (5,5cm).

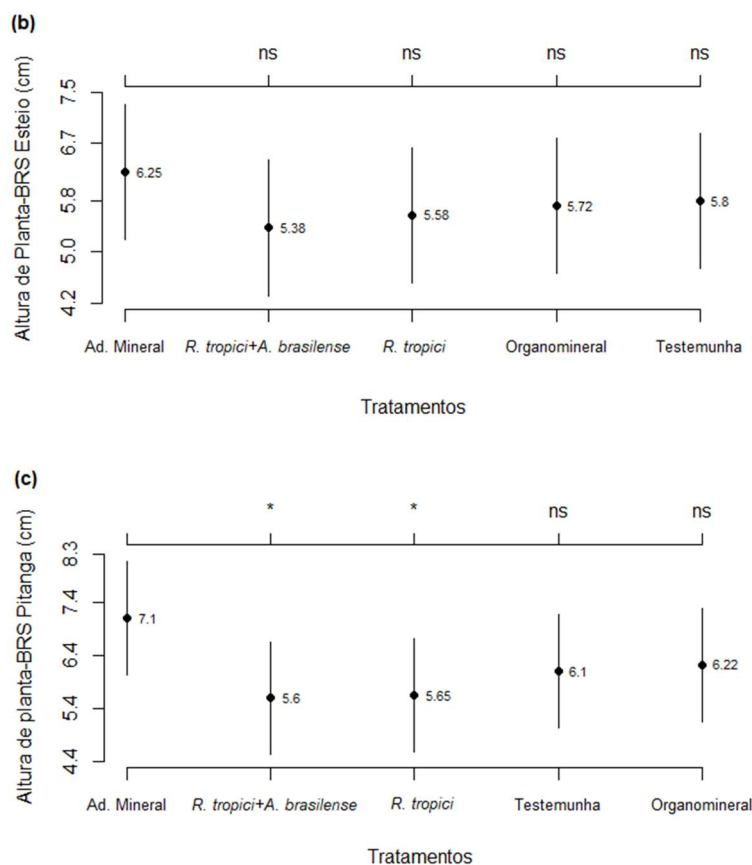
**Figura 6**– Médias de AP (b) para o tratamento com adubação mineral aplicado as cultivares Pérola, BRS Esteio e BRS Pitanga



Na primeira avaliação a relação entre o fator adicional e os tratamentos apresentou diferença significativa apenas para a AP (Figura 7). A comparação com as cultivares Pérola (Figura 7a) e BRS Esteio (Figura 7b) não apresentaram diferença significativa. Os tratamentos comparados com a BRS Pitanga (Figura 7c) diferiram estatisticamente. Fazendo o desdobramento dos resultados encontrados na figura 7c percebe-se que a adubação mineral para a cultivar BRS Pitanga apresentou melhor média, diferindo estatisticamente dos tratamentos BRS Pitanga *R. tropici*+*A. brasilense*, BRS Pitanga *R. tropici*.

**Figura 7** –Médias do fator adicional de AP para as cultivares Pérola (a), BRS Esteio (b) e BRS Pitanga (c) comparado com os respectivos tratamentos



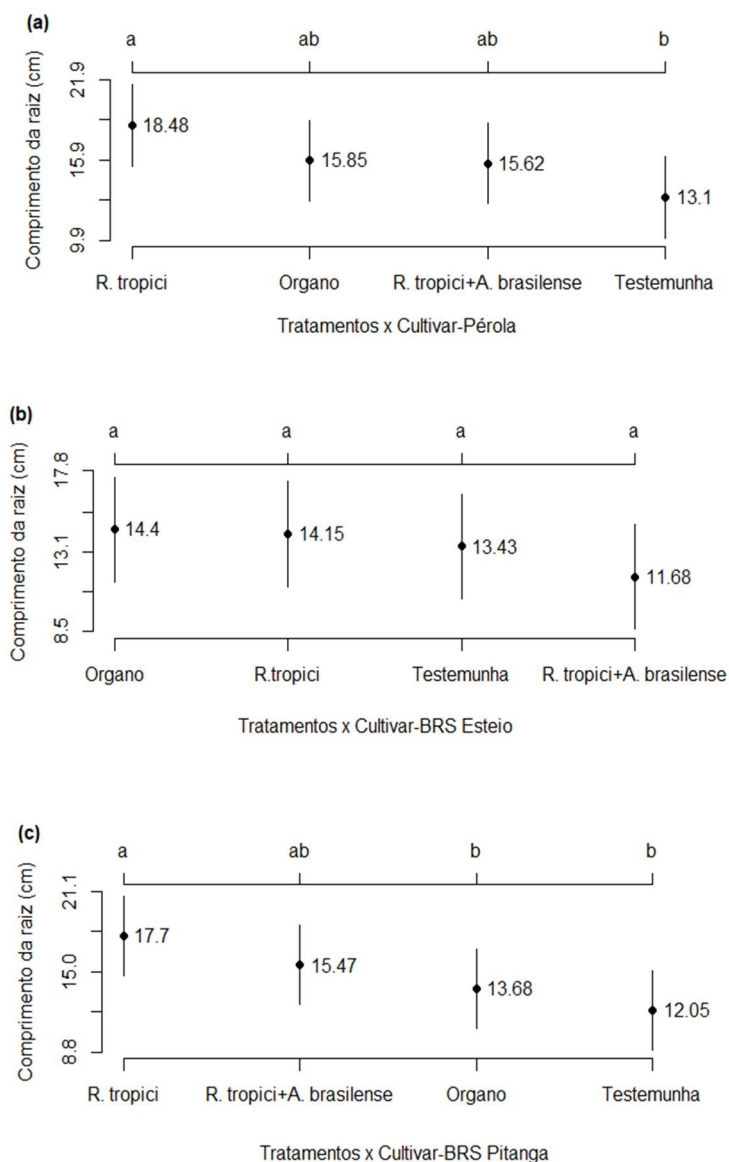


Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Logo após o processo de semeadura houve uma queda de temperatura, que se prolongou até dias após a germinação, que ocorreu de forma tardia, e provavelmente foi um dos fatores que também influenciou para que a altura de planta não atingisse as alturas médias para as cultivares. Após a semeadura a ocorrência de temperaturas muito baixas pode gerar atraso na germinação e até mesmo o comprometimento na população de plantas, baixa produtividade e após a germinação, a ocorrência de um período de baixas temperaturas poderá afetar no crescimento da planta (PEREIRA et al., 2014; VIEIRA et al., 2006).

Pela interação dos tratamentos com as cultivares foi possível averiguar maior CR para a cultivar Pérola com a inoculação de sementes com *R. tropici* (Figura 8a), enquanto para a cultivar BRS Esteio os resultados não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Figura 8b). O maior CR da cultivar BRS Pitanga foi verificado também no tratamento inoculação de semente com *R. tropici* (Figura 8c).

**Figura 8** – Médias dos valores de CR em função dos tratamentos com organomineral, inoculação de semente com *R. tropici*, co-inoculação com *A. brasilense* e a testemunha para a cultivares de feijão Pérola (a), BRS Pitanga (b) e BRS Esteio (c)



Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

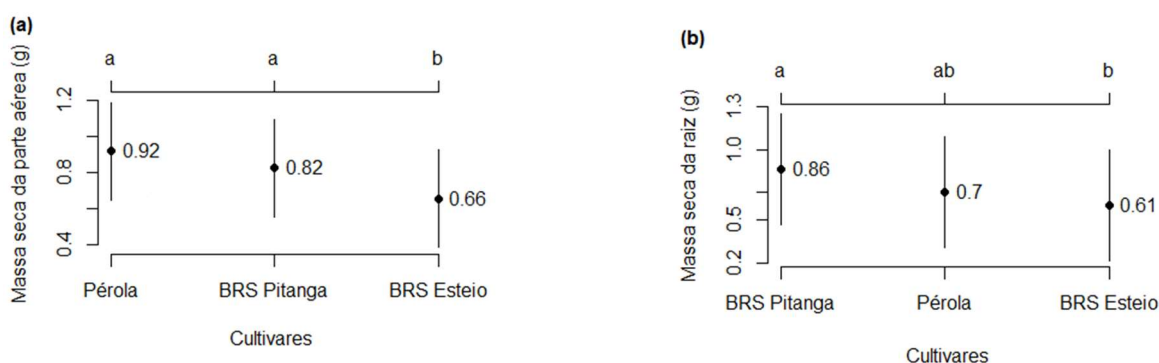
Este desenvolvimento das raízes pode ser um fator influenciador na produtividade do feijoeiro, considerando que o potencial de absorção de água e nutrientes depende do desenvolvimento de zonas pilíferas, permitindo um melhor aproveitamento por parte das raízes (MAIA et al., 2015). Gerola et al. (2015) estudaram os efeitos da co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* associado com ácidos húmicos e nitrogênio sobre o crescimento da cultivar de feijoeiro Pérola. O tratamento co-inoculado com *R. tropici* e *A. brasilense* proporcionou um incremento de 55,3% para o CR em relação ao controle não inoculado, entretanto não houve

diferença significativa para a co-inoculação + 30 kg ha<sup>-1</sup> N e co-inoculação + 30 kg ha<sup>-1</sup> N + ácido húmico. Entretanto neste trabalho, para a cultivar Pérola, o incremento para o CR foi de 17,2% e para a cultivar BRS Pitanga foi de 23,8% comparado com a testemunha, isso pode estar relacionado com a adubação de base que possuía uma quantidade significativa de matéria orgânica permitindo o melhor desenvolvimento para todos os tratamentos, impedindo houvesse uma diferença muito grande entre os tratamentos.

Souza e Simonetti (2019) verificando o feijoeiro comum em resposta a inoculação e co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* não obtiveram resposta significativa comparando com a testemunha para o CR, porém a média que apresentou maior valor quando feita a inoculação isolada com *R. tropici*, resultado semelhante ao encontrado para as cultivares Pérola e BRS Pitanga. Parizatto e Marchioro (2015), após estudarem a eficiência do uso do *R. tropici* na cultivar IAPAR 81, chegaram à conclusão de que essa técnica pode ser uma forma de substituição da fonte nitrogenada para a cultura.

A MSPA apresentou diferença significativa entre as cultivares estudadas sendo que a BRS Esteio produziu menor quantidade (0,66g) em relação as cultivares Pérola (0,92) e BRS Pitanga (0,82) (Figura 9a). Quanto a MSR, pode ser verificado comportamento semelhante a MSPA produzida pelos materiais genéticos estudados, com destaque para as cultivares Pérola (0,86) e BRS Pitanga que apresentou maiores valores da MSR comparado a BRS Esteio (Figura 9b).

**Figura 9** – Médias dos valores de MSPA (a) e MSR (b) em função das cultivares de feijão



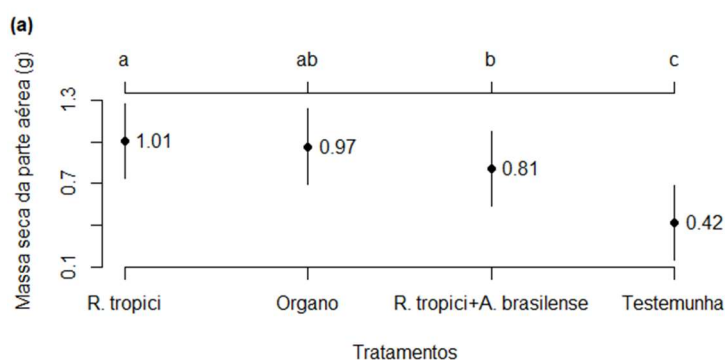
Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

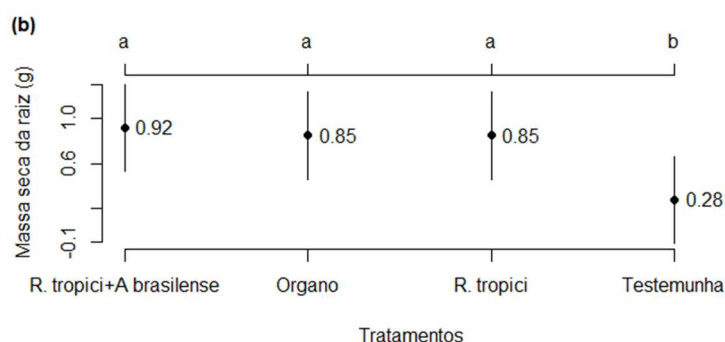
Resultado semelhante foi encontrado por Oliveira, (2021) que, comparando o desenvolvimento de cultivares de feijoeiro com doses de nitrogênio, também alcançou resultados estatisticamente distintos entre as cultivares estudadas. Nesse caso, a IAC Veloz

apresentou o maior valor e as cultivares IAC Nuance e IAC 1849 Polaco não diferiram entre si quanto a produção de MSPA e MSR. Já neste trabalho para a MSPA as cultivares Pérola e BRS Pitanga não diferiram entre si, mas para a MSR a cultivar BRS Pitanga apresentou melhor média. Rocha et al., (2022), estudando a cultivar BRS Esteio, encontraram melhor resultado quando utilizaram a combinação de inoculante acompanhado com o molibdênio. Os tratamentos que tiveram como base apenas a inoculação em diferentes concentrações (25, 50, 75, 100%) não obtiveram significância entre si, supondo que o uso do inoculante isoladamente não é capaz de produzir efeitos significativos para essa cultivar, situação que pode ser observada também para o presente estudo. Destaca-se que em geral a quantidade de MSPA produzida pelas plantas foi baixa em todos os tratamentos devido a ocorrência da doença mosaico dourado que tem como vetor a mosca branca, de ocorrência comum na safra de inverno na região Centro-Oeste, e que apesar de controlada com uso de inseticida acabou prejudicando de forma geral todos os tratamentos.

A inoculação das sementes com *R. tropici* propiciou a obtenção de maior quantidade da MSPA em relação a co-inoculação e testemunha, com acréscimo de 59% se comparado a este último tratamento (Figura 10a). A MSR, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, exceto a testemunha (Figura 10b). O tratamento com *R. tropici* apresentou aumento de 68% para essa variável, se comparado com a testemunha. Apesar de apresentar maior valor médio, a co-inoculação com *A. brasilense* não pode ser considerada neste momento da análise por ter sido aplicada posteriormente, antes da segunda análise, mas permite confirmar a boa capacidade de resposta à inoculação com *R. tropici* realizada via semente para essa variável.

**Figura 10** – Médias dos valores de MSPA (a) e MSR (b) em função dos tratamentos





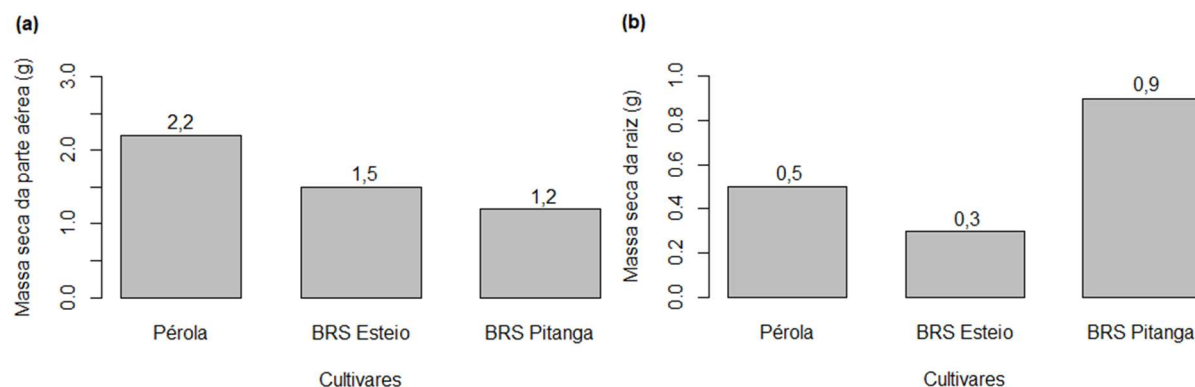
Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Estes resultados diferem em parte aos estudos de eficiência do uso isolado do *R. tropici* e combinado, ora com *A. brasilense*, ora com *B. elkanii* no feijoeiro comum realizado por Carvalho et al., (2018), que não observaram diferença significativa para os tratamentos com inoculação e co-inoculação, nem mesmo para a testemunha quanto a produção de MSPA e MSR. Como é possível perceber na figura 11 a MSPA apresentou diferença significativa para todos os tratamentos, e a MSR apresentou diferença apenas na comparação com a testemunha.

Buscando verificar se o uso da inoculação teria efeito superior a adubação nitrogenada, Guimarães et al., (2019) também não obtiveram diferença estatística entre os tratamentos principais. Destaca-se que a MSR é uma variável considerada importante que deve ser analisada, pois o seu resultado reflete o volume das raízes que, por sua vez, pode promover uma maior absorção de água e nutrientes devido a maior área de contato com o solo, podendo aumentar o potencial produtivo da planta (BETTIOL, 2019).

A relação do tratamento adicional da MSPA e MSR apresentaram diferença significativa para a primeira análise. A MSPA (Figura 11a) apresentou melhor média para a cultivar Pérola (2,2), enquanto a menor média foi obtida pela BRS Esteio (1,2). Para a MSR (Figura 11b) o melhor resultado foi encontrado para a cultivar BRS Pitanga (0,9) e o menor, novamente, foi resposta para a cultivar BRS Esteio (0,3).

**Figura 11**– Médias de MSPA (a) e MSR (b) para o tratamento com adubação mineral aplicado as cultivares Pérola, BRS Esteio e BRS Pitanga



#### 4.1.2 Segunda avaliação: co-inoculação em cobertura

Os resultados da análise mostram que todas as variáveis foram influenciadas pelos tratamentos testados, mesmo o TN que não sofreu influência dos tratamentos na primeira avaliação (Tabela 4).

**Tabela 4** – Resultados da análise de variância para a segunda avaliação realizada em cultivares de feijão submetidas a diferentes formas de inoculação com *R. tropici* e co-inoculação com *A. brasilense*

| Quadrados Médios              |    |                         |                       |                        |                       |
|-------------------------------|----|-------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| FV                            | GL | AF                      | IAF                   | AP                     | CR                    |
| Blocos                        | 3  | 281614.34               | 0,3455                | 4,22328                | 22,90994              |
| Cultivares (A)                | 2  | 201460.8 <sup>NS</sup>  | 0,30083 <sup>NS</sup> | 3,66187**              | 12,80083*             |
| Tratamentos (B)               | 3  | 1024133.1**             | 2,83188**             | 0,92854 <sup>NS</sup>  | 5,63354 <sup>NS</sup> |
| A x B                         | 6  | 64204.18 <sup>NS</sup>  | 0,8425*               | 3,56021**              | 3,4325 <sup>NS</sup>  |
| Trat. adicional               | 2  | 14252.64 <sup>NS</sup>  | 0,3025 <sup>NS</sup>  | 1,16333 <sup>NS</sup>  | 1,5925 <sup>NS</sup>  |
| Tratamentos x trat. adicional | 1  | 1149486.1 <sup>NS</sup> | 0,24704 <sup>NS</sup> | 2,62504 <sup>NS</sup>  | 9,88204 <sup>NS</sup> |
| Resíduo                       | 42 | 229949.04               | 0,35479               | 0,69504                | 3,65828               |
| CV (%)                        | -  | 56,4                    | 21,8                  | 11,9                   | 13,1                  |
| FV                            | GL | MSPA                    | MSR                   | TN                     |                       |
| Blocos                        | 3  | 0,10639                 | 0,6461                | 58,88556               |                       |
| Cultivares (A)                | 2  | 3,77313**               | 0,90583**             | 18,60021 <sup>NS</sup> |                       |
| Tratamentos (B)               | 3  | 10,65354**              | 0,95688**             | 45,62576*              |                       |
| A x B                         | 6  | 0,60979**               | 1,20583**             | 15,90826 <sup>NS</sup> |                       |
| Trat. adicional               | 2  | 0,97**                  | 0,21583**             | 11,93583 <sup>NS</sup> |                       |
| Tratamentos x trat. adicional | 1  | 6,83438**               | 0,17604*              | 12,74204 <sup>NS</sup> |                       |
| Resíduo                       | 42 | 0,07746                 | 0,3413                | 12,18496               |                       |
| CV (%)                        | -  | 11,9                    | 12,1                  | 10,9                   |                       |

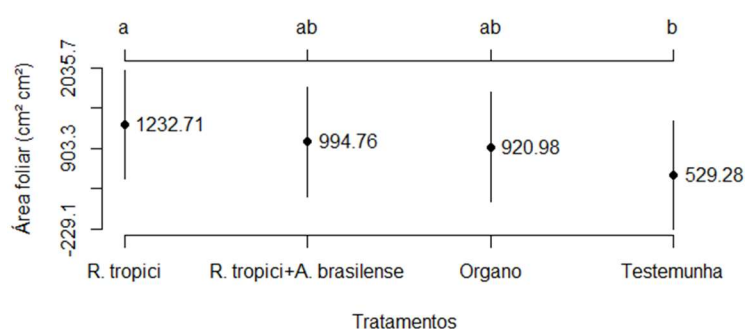
\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>NS</sup> não significativo pelo teste F.

Quanto a precisão experimental para a segunda análise realizada após a co-inoculação em cobertura, em geral, pode-se verificar boa precisão na obtenção dos dados das variáveis de desenvolvimento avaliadas, a exceção da IAF que apresentou valor superior a 20%, quando comparado aos valores considerados por Pimentel-Gomes (1990): baixo, quando inferior a

10%; médio, entre 10 e 20%; alto, entre 20 e 30%; e muito alto se superior a 30%. Apesar disso, foi possível detectar a diferença entre os tratamentos para o IAF.

Comparando a resposta entre os tratamentos para AF é possível notar que o tratamento com *R. tropici* apresentou melhor média (1232,71 cm<sup>2</sup> cm<sup>2</sup>) e os tratamentos *R. tropici*+ *A. brasilense* (994,76 cm<sup>2</sup> cm<sup>2</sup>) e Organomineral (920,98 cm<sup>2</sup> cm<sup>2</sup>) não diferiram estatisticamente (Figura 12).

**Figura 12** – Médias dos valores de AF em função dos tratamentos

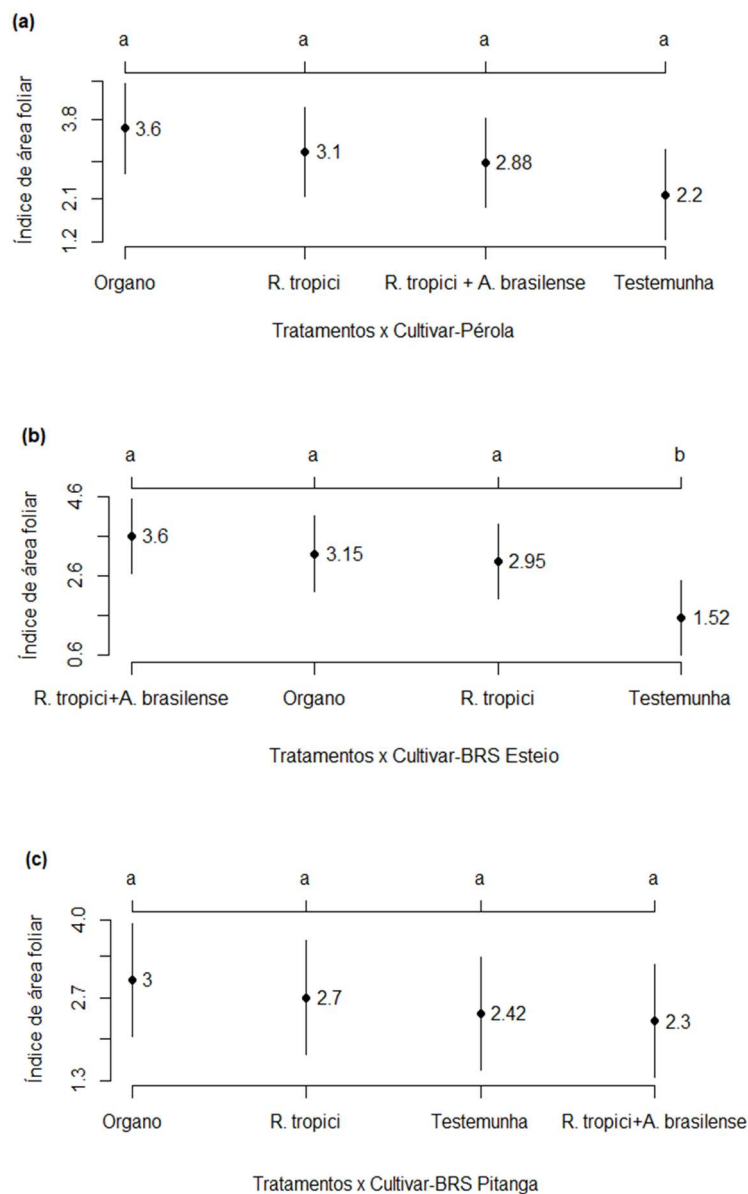


Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Comparando os resultados encontrados na segunda análise com os encontrados na primeira é possível notar que a reinoculação no estágio V4 proporcionou aumento de AF. Esse desenvolvimento pode estar relacionado com a simbiose promovida pelos inoculantes adicionados na cultura. Moreira et al., (2017) estudando diversas combinações de inoculantes encontraram para a inoculação com *R. tropici* o valor aproximado de 1.380 cm<sup>2</sup> cm<sup>2</sup> para AF, resultado semelhante ao encontrado neste trabalho, onde o *R. tropici* proporcionou 1.232,71 cm<sup>2</sup> cm<sup>2</sup> de AF.

A relação entre os tratamentos e cultivares para a variável IAF não apresentou diferença significativa para as cultivares Pérola (Figura 13a) e Pitanga (Figura 13c). Os resultados para a cultivar BRS Esteio (Figura 13b) mostraram respostas positivas para os tratamentos, que não apresentaram diferença significativa, exceto para a testemunha. A melhor média, nesse caso, foi representada pelo tratamento *R. tropici* + *A. brasilense* (3,6).

**Figura 13** –Médias dos valores de IAF em função dos tratamentos com organomineral, inoculação de semente com *R. tropici*, co-inoculação com *A. brasilense* e a testemunha: cultivares Pérola (a), BRS Esteio(b) e BRS Pitanga (c)



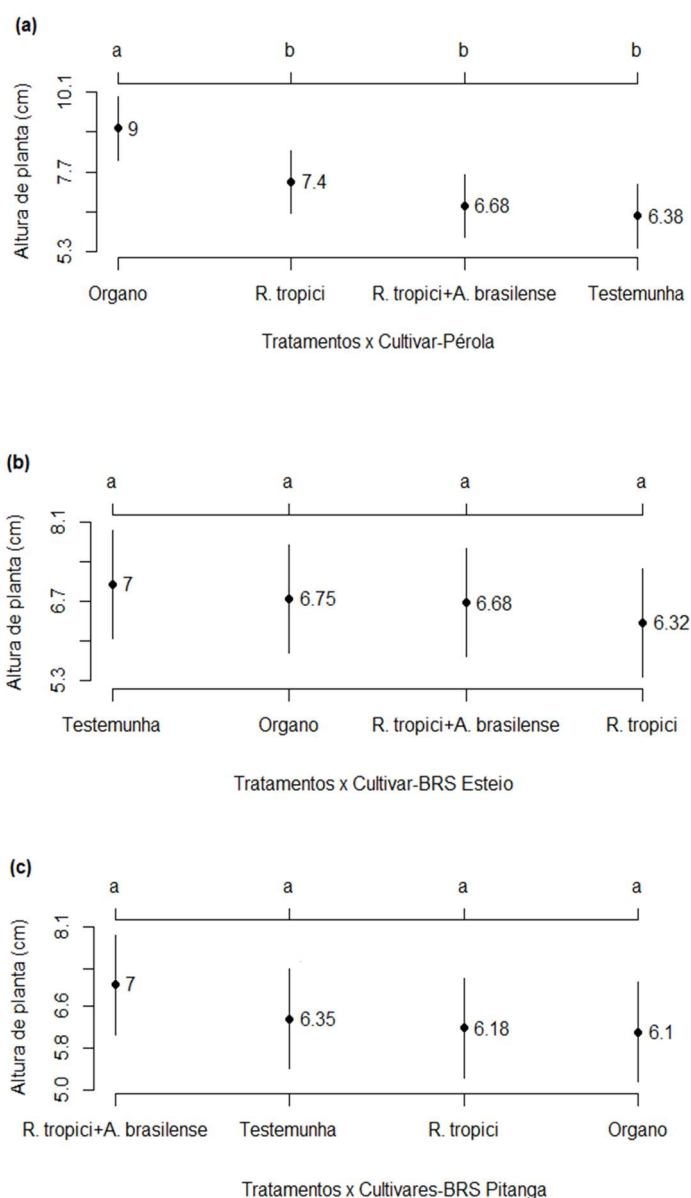
Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

A resposta da variável IAF depende do número de trifólios por planta que serão formados aumentando a área foliar permitindo que a planta tenha maior aproveitamento da incidência de luz, e todo esse processo somente é possível se a planta estiver abastecida com nitrogênio (BETTIOL, 2019; MARSCHNER, 2011). Após a aplicação da co-inoculação a cultivar BRS Esteio respondeu positivamente, isso porque possivelmente após este processo sua capacidade de absorver nitrogênio deve ter sido ampliada. De forma geral houve aumento no IAF após a reinoculação, esse resultado também foi notado por Barros et al., (2016).

Para a variável AP não houve diferença significativa para as cultivares BRS Esteio (Figura 14a) e BRS Pitanga (Figura 14b). A cultivar Pérola utilizando o tratamento organomineral sem nenhum tipo de inoculação proporcionou melhor AP, 30% a mais que a testemunha (Figura 14c).

**Figura 14** –Médias dos valores de AP em função dos tratamentos com organomineral, inoculação de semente com *R. tropici*, co-inoculação com *A. brasilense* e a testemunha: cultivares Pérola (a), BRS Esteio(b) e BRS Pitanga (c)

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

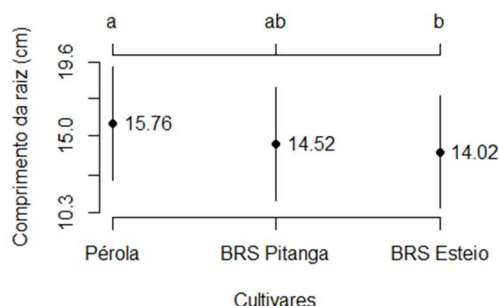


O uso do adubo organomineral formulado com biossólido na cultura do feijoeiro comum aumenta a altura das plantas (SILVA et al., 2019). Estes autores observaram um aumento de 67% de AP em relação à testemunha. Esse tipo de adubo, composto por matéria orgânica, é rico

em substâncias húmicas possibilitando a liberação de cargas negativas que são capazes de controlar a adsorção de fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio, fornecendo assim matéria orgânica às plantas. Além desse nutriente ser componente de diversas reações bioquímicas das plantas, faz parte também da composição da molécula de ATP que é de suma importância para a execução da atividade fotossintética (SILVA et al., 2011). As substâncias húmicas predominante no adubo organomineral podem estar relacionadas com os acréscimos da AP verificada na cultivar Pérola.

O CR diferiu entre cultivares estudadas, apresentou melhor resultado para a Pérola (Figura 15). Anjos (2019) estudou a resposta da variação genética do feijoeiro com uso de fertilizantes com polifosfato de amônio, superfosfato simples, bioestimulantes e micronutrientes. Em seus resultados foi possível perceber a influência da variabilidade genética na resposta aos parâmetros analisados, incluindo o comprimento da raiz. Isso permite concluir que as cultivares Pérola e Pitanga obtiveram melhor adaptação, com relação ao CR, para os tratamentos aplicados.

**Figura 15** – Médias dos valores de CR em função das cultivares de feijão



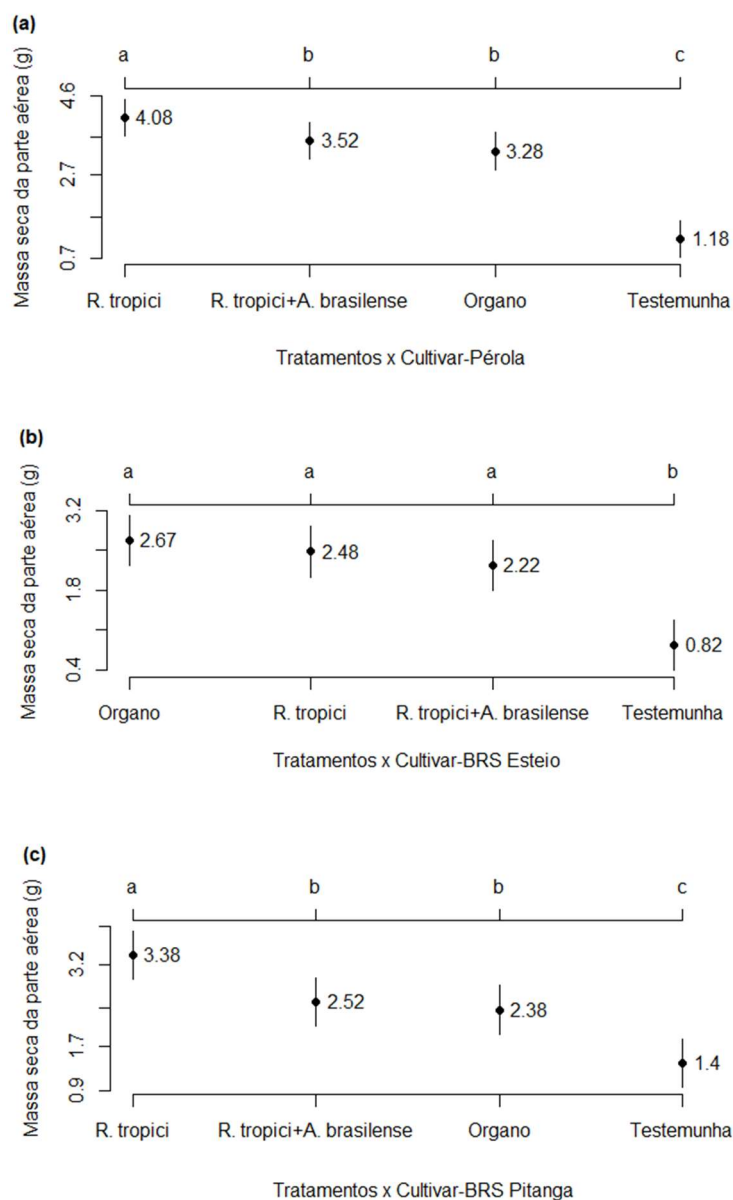
Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

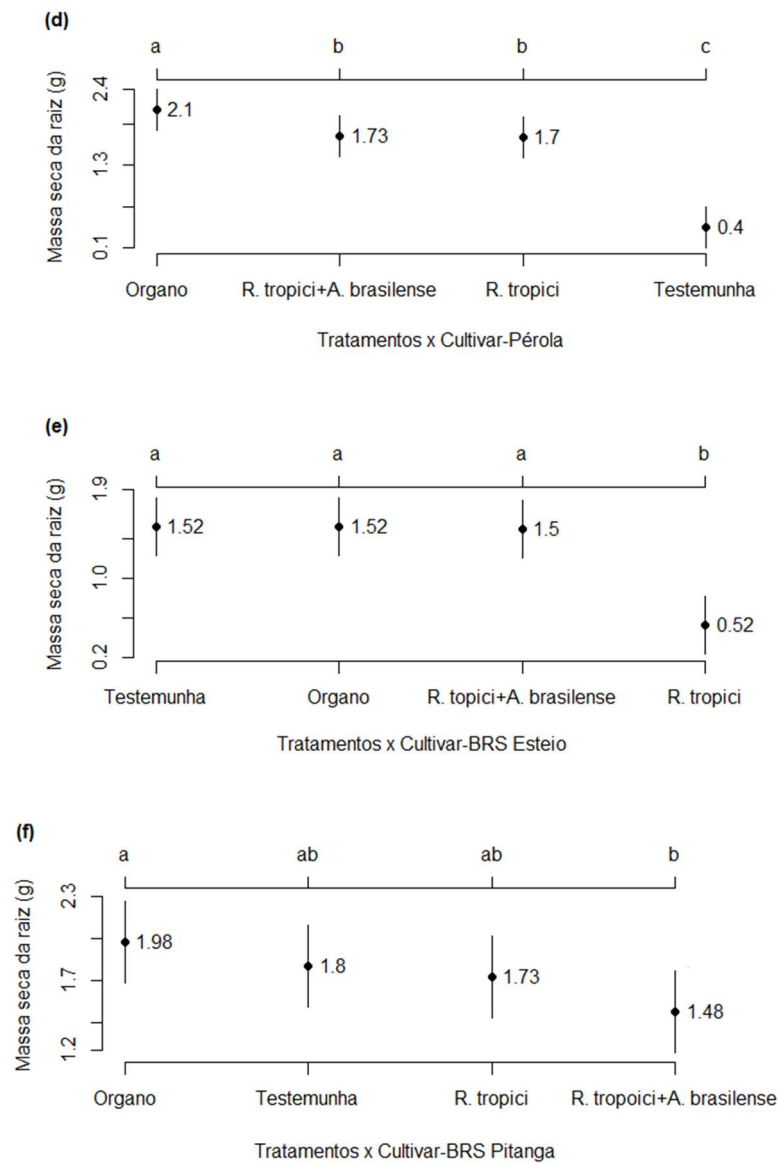
Os resultados da MSPA para a cultivar Pérola (Figura 16a) foi influenciado pelos tratamentos, sendo que o melhor resultado foi encontrado no tratamento *R. tropici* (4,08g). Para a cultivar BRS Esteio (Figura 16b) verificou-se que houve diferença significativa apenas para a testemunha. A cultivar BRS Pitanga (Figura 16c) apresentou resultado semelhante ao encontrado para a cultivar Pérola, com destaque para o tratamento *R. tropici* (3,38g) que propiciou maior acúmulo de MSPA.

A variável MSR diferiu significativamente para todas as cultivares estudadas. A cultivar Pérola obteve melhor resposta a adição isolada do organomineral (2,1g) (Figura 16d). A cultivar BRS Esteio não apresentou diferença estatística entre os tratamentos, exceto para o *R. tropici*

(Figura 16e). A co-inoculação com *A. brasilense* resultou em valor médio inferior aos demais tratamentos para BRS Pitanga (1,48g) (Figura 16f).

**Figura 16** –Médias dos valores de MSPA e MSR em função dos tratamentos com organomineral, inoculação de semente com *R. tropici*, co-inoculação com *A. brasilense* e a testemunha para a cultivares de feijão Pérola (a) e (d), BRS Esteio (b) e (e) e BRS Pitanga (c) e (f)





Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Viçosi (2019) estudando a resposta de diversas cultivares de feijão-vagem inoculadas com *R. tropici* também observou diferença significativa para tais, obtendo a maior MSPA para a cultivar Strike, da mesma forma é possível perceber que as cultivares estudadas neste trabalho também apresentaram respostas diferentes a inoculação. Em um estudo sobre a inoculação em seis cultivares de feijão caupi, Vieira et al., (2010) observaram diferença significativa para essa mesma variável, porém não verificaram efeito da inoculação, o que difere desse estudo, já que foi possível perceber resposta quanto ao uso do *R. tropici*.

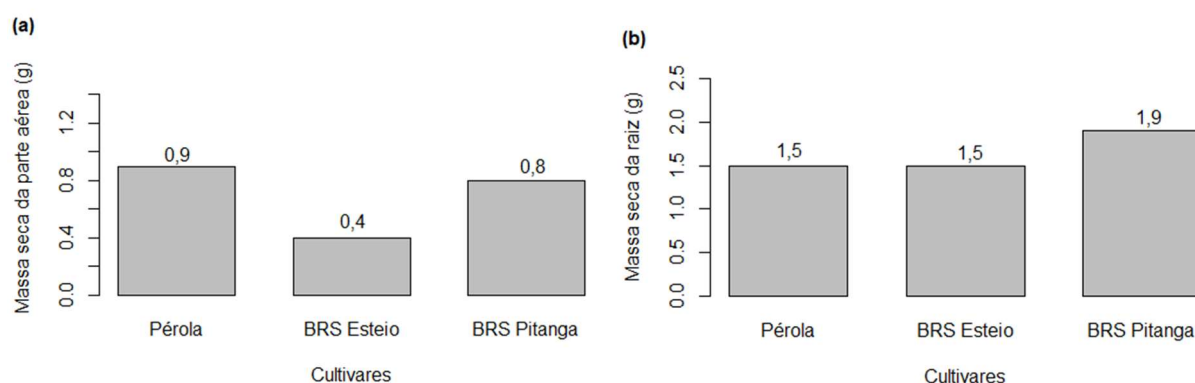
No entanto Fonseca et al., (2013), além de detectarem diferenças entre as cultivares de feijão comum, notaram que o uso do inoculante influenciou no acúmulo de biomassa, concluindo que o uso das estirpes inoculadas proporcionou maior disponibilidade de nitrogênio,

com aumento variando de 15 a 20% na MSPA. Essa mesma porcentagem é encontrada quando comparada a inoculação para a cultivar Pérola que aumentou em 20% a MSPA comparando com o uso isolado da adubação organomineral. Ademais, o estudo de Sales (2020) mostrou que a quantidade de MSPA foi influenciada pela reinoculação de *R. tropici*, corroborando com os resultados encontrados neste estudo. Oliveira et al., (2017) também notaram um aumento na MSPA do feijoeiro através da inoculação. Isso permite supor que o uso de inoculantes é capaz de auxiliar no desenvolvimento da planta.

O acúmulo de MSR pode estar relacionado com a característica genealógica da cultivar como também pelas características morfológicas de crescimento dos materiais. Barros (2019) verificando o resultado do uso do organomineral associado com a aplicação do *Azospirillum brasilense* e co-inoculado com a estirpe *Bradyrhizobium* para a cultura da soja não encontrou diferença significativa para esses tratamentos. Resultado semelhante ao encontrado para as cultivares Pérola e BRS Pitanga. Considerando a variação de resposta entre as cultivares pode indicar que a resposta da adubação organomineral sobre o sistema radicular varia de acordo com a cultivar utilizada (FREITAS et al., 2019).

Em relação aos resultados da MSPA (Figura 17a) nota-se que a cultivar Pérola apresentou maior acúmulo (0,9g) e a BRS Esteio apresentou o menor volume (0,4g). Entretanto para MSR (Figura 17b) a cultivar BRS Pitanga apresentou maior volume (1,9g) e as cultivares Pérola e BSR Esteio atingiram a mesma média (1,5g).

**Figura 17**– Médias de MSPA (a) e MSR (b) para o tratamento com adubação mineral aplicado as cultivares Pérola, BRS Esteio e BRS Pitanga

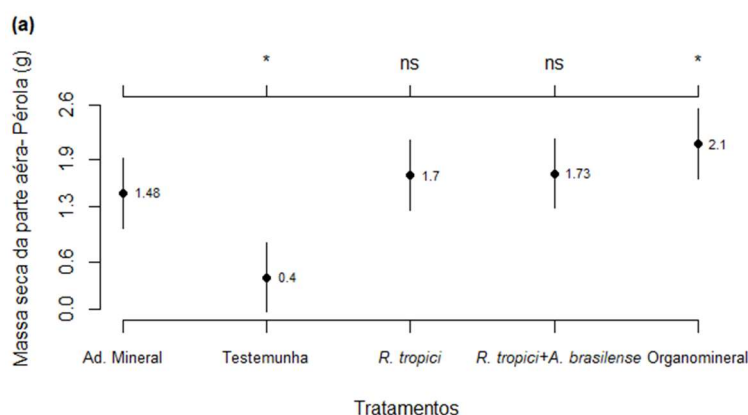


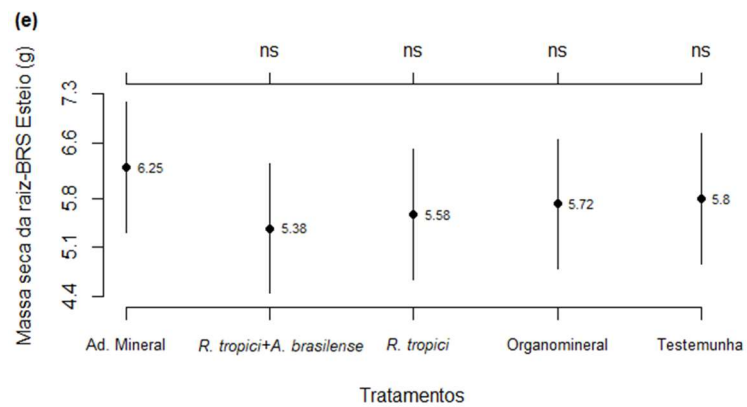
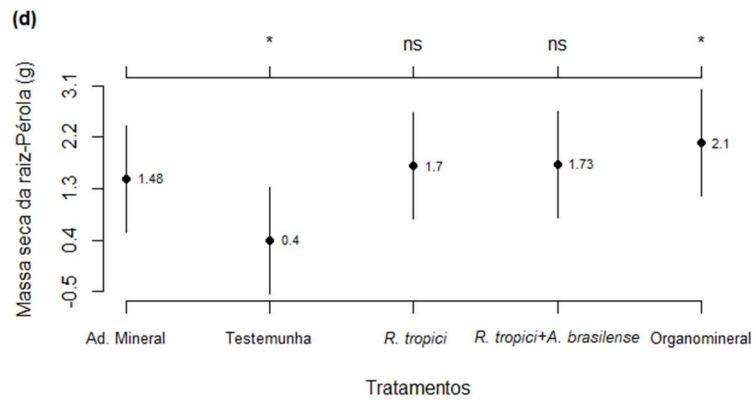
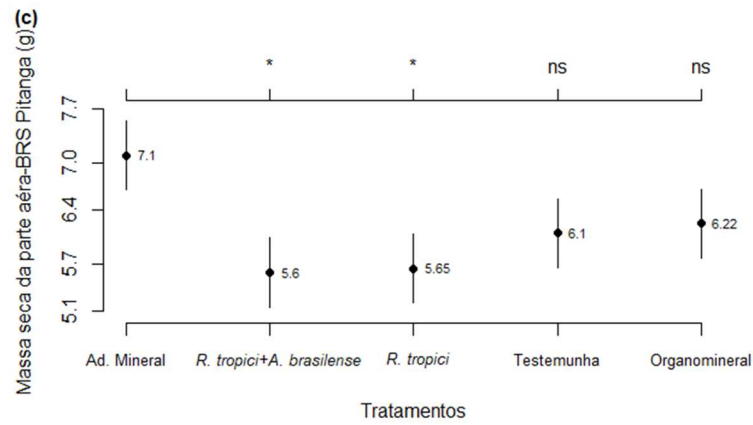
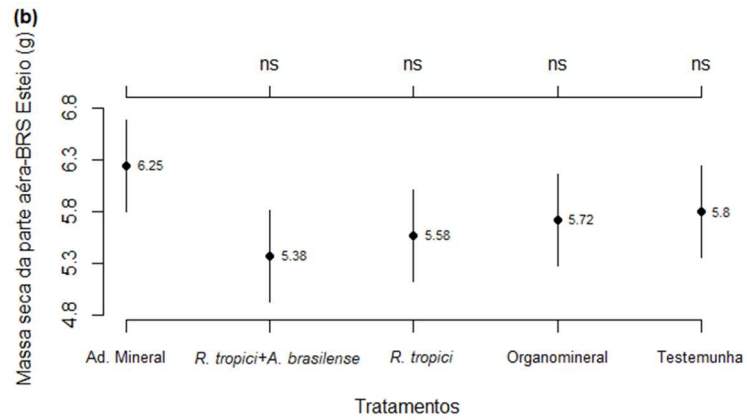
A MSPA apresentou diferença significativa para todos os fatores adicionais. A adubação mineral para a cultivar Pérola (Figura 18a) apresentou diferença significativa, demonstrando resultado inferior aos tratamentos envolvendo a cultivar Pérola-organo, cultivar Pérola-*R*.

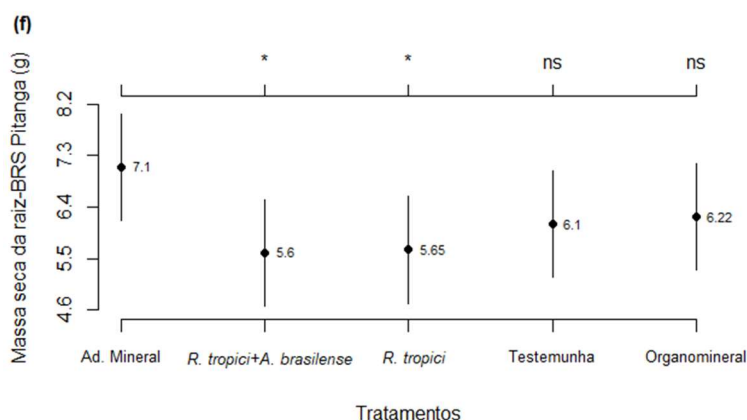
*tropici* + *A. brasilense* e Pérola-*R. tropici*. Dentre esses tratamentos o que apresentou melhor resultado foi da cultivar Pérola associada a reinoculação com *R. tropici* (4,1g), que proporcionou acréscimo de 54% da massa seca comparado ao uso do adubo mineral (2,2g). Para o fator adicional da cultivar BRS Esteio (Figura 18b) foi verificada diferença significativa para a maioria dos tratamentos aplicados. O uso da adubação mineral para essa cultivar apresentou resultado inferior aos demais tratamentos, exceto comparado com as testemunhas. Da mesma forma, a comparação do fator adicional BRS Pitanga (Figura 18c) também apresentou resultado inferior em relação aos demais tratamentos, com exceção das testemunhas.

Para a variável MSR o fator adicional da cultivar Pérola apresentou diferença significativa (1,5g) comparando com os tratamentos Pérola-organo (2,1g) e que aumentou a MSR em 30% (Figura 18d). A comparação entre o fator adicional BRS Esteio (Figura 18e) com os demais tratamentos mostrou que a cultivar Esteio-*R. tropici* (0,5g) obteve resultado significativamente inferior a adubação mineral (1,5g). O fator adicional BRS Pitanga (Figura 18f) diferiu estatisticamente e com média superior (1,9g) do tratamento cultivar BRS Pitanga-*R. tropici* + *A. brasilense* (1,5g).

**Figura 18** –Médias do fator adicional de MSPA e MSR para as cultivares Pérola (a) e (d), BRS Esteio (b) e (e) e BRS Pitanga (c) e (f) comparado com os respectivos tratamentos







Médias seguidas por “\*” diferem estatisticamente entre si pelo teste Dunnet a 5% de probabilidade e “ns” para resultados não significativos.

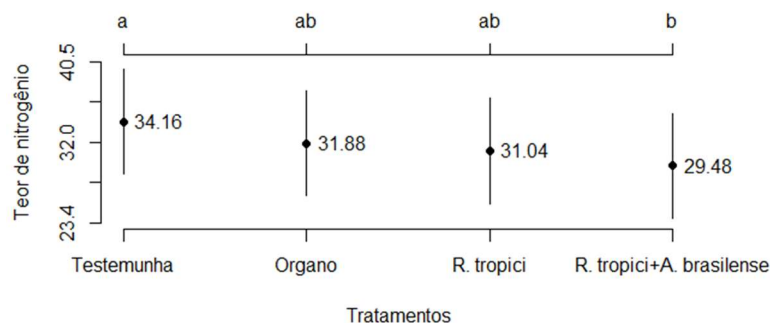
A variável MSPA apresentou, de forma geral, melhor resposta para os tratamentos com inoculação de *R. tropici* e co-inoculação de *A. brasilense*, o que se identifica com o resultado de Meirelles et al., (2014), que analisando a resposta da inoculação e co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* para a cultivo de feijão, também perceberam melhor resultado para a combinação da inoculação via semente com *R. tropici* e duas doses de *A. brasilense* aplicado via foliar. Garé (2020) observou aumento da MSPA para o feijoeiro quando utilizou a combinação da inoculação com a co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense*, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

Analisando estes resultados é possível notar que para a MSR o tratamento que mais se destacou, com resultado similar ou superior a adubação mineral, foi com organomineral. Silva (2016) com o objetivo de obter a resposta agrônômica do uso de fertilizante organomineral em comparação com o fertilizante mineral, na cultura do feijoeiro comum, notou que os melhores resultados para a MSR foram obtidos nas dosagens de 75 e 100% do fertilizante organomineral comparado com o fertilizante mineral testado. Da mesma forma, em estudo com milho, Santos et al., (2021) também obtiveram melhores resultados de MSR para o uso do organomineral em comparação com a fonte NPK utilizada como referência. Estes estudos corroboram com as respostas encontradas nesta pesquisa, provando que o uso do organomineral pode ser suficiente para aumentar a MSR.

O TN diferiu entre os tratamentos aplicados para a segunda avaliação, resultado distinto da primeira avaliação. O maior TN foi verificado para a testemunha (34,16) e os tratamentos organomineral e *R. tropici*, não diferindo significativamente entre si (Figura 19). Por outro lado,

o tratamento com *R. tropici* + *A. brasilense* realizado em cobertura apresentou menor TN (29,48).

**Figura 19**– Médias dos valores do TN em função dos tratamentos aplicados ao feijoeiro



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Souza (2014) encontrou maior TN para o tratamento *R. tropici* + *A. brasilense* mostrando a eficiência da combinação destes inoculantes na retenção do nitrogênio. Este resultado difere do encontrado neste trabalho (Figura 19) possivelmente porque o N possui mobilidade dentro do organismo vegetal (HENRICHSEN, 2019). Ainda de acordo com Rosolem (1987) no período de formação de canivetes é o momento em que os nutrientes começam a locomover pelos órgãos da planta, e o N presente nas folhas, é transportado à formação das vagens e enchimento dos grãos.

Frisa-se por fim, que o fato da testemunha das cultivares Pérola e BRS Pitanga apresentaram menor AP, promoveu o acúmulo de TN, em consequência do desenvolvimento limitado da planta pode ter provocado a retenção do N nas folhas, enquanto nos demais tratamentos este nutriente possivelmente estava redistribuído nos demais órgãos da planta.

#### 4.1.3 Avaliação na colheita: Componentes e rendimento de grãos

A análise de variância mostrou significância para todas as variáveis (Tabela 5). Quanto a precisão experimental, pode-se averiguar que em geral, boa precisão na obtenção dos dados das variáveis estudadas, a exceção de NVP que apresentou valor superior a 30% quando comparado aos valores considerados por Pimentel-Gomes (1990): baixo, quando inferior a

10%; médio, entre 10 e 20%; alto, entre 20 e 30%; e muito alto se superior a 30%. Apesar disso, foi possível detectar a diferença significativa entre os tratamentos para o NVP.

**Tabela 5** – Resultados da análise de variância para as componentes de rendimento em cultivares de feijão submetidas a diferentes formas de inoculação com *R. tropici* e co-inoculação com *A. brasilense*

| FV                            | GL | Quadrados Médios      |                       |                       |              |
|-------------------------------|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
|                               |    | NVP                   | NGV                   | P100                  | REND         |
| Blocos                        | 3  | 1,03889               | 2,53333               | 55,0666               | 62777        |
| Cultivares (A)                | 2  | 63,8125**             | 0,8125 <sup>NS</sup>  | 85,5625**             | 2374793,58** |
| Tratamentos (B)               | 3  | 87,5833**             | 0,2222 <sup>NS</sup>  | 21,3611**             | 2536109,13** |
| A x B                         | 6  | 1,39583 <sup>NS</sup> | 0,03472 <sup>NS</sup> | 8,84028 <sup>NS</sup> | 182579,44*   |
| Trat. adicional               | 2  | 12,25 <sup>NS</sup>   | 0,25 <sup>NS</sup>    | 36,0833**             | 1213846,58** |
| Tratamentos x trat. adicional | 1  | 54,15 <sup>NS</sup>   | 0 <sup>NS</sup>       | 40,0166 <sup>NS</sup> | 434435,51**  |
| Resíduo                       | 42 | 8,2508                | 0,27143               | 4,79286               | 56048,44     |
| CV (%)                        | -  | 33,2                  | 17,3                  | 7,6                   | 22,6         |

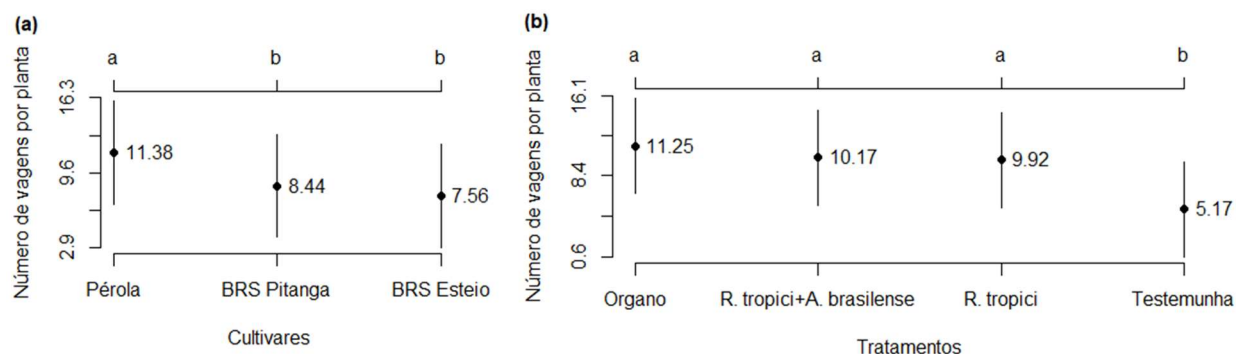
\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>NS</sup> não significativo pelo teste F.

O NGV não apresentou diferença significativa, resultado também encontrado por Barbosa et al., (2020) que estudando sobre a eficiência da inoculação e co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* no feijoeiro não alcançou significância para essa variável. Segundo os autores, esse fato está ligado à alta herdabilidade genética das cultivares. Em contrapartida, o componente P100, apesar de ser uma variável influenciada predominantemente pela parte genética, assim como o NGV, verificou-se que os seus resultados diferiram em função dos tratamentos.

A cultivar Pérola produziu maior NVP (11,38), diferindo das demais cultivares estudadas (Figura 20a). Esta mesma diferença para o NVP foi encontrada por Fonseca et al., (2013) que, avaliando oito cultivares de feijão comum sob o efeito de diferentes estirpes inoculantes, encontraram melhor resposta dessa variável para as cultivares Ouro Negro, Madrepérola e Ouro vermelho. Outro ponto observado foi que a estirpe CIAT 899<sub>T</sub> aumentou essa variável, ficando acima da UFLA 04-173 e dos rizóbios nativos do solo. Oliveira (2021), comparando o desenvolvimento de três cultivares do feijoeiro comum com quatro doses de nitrogênio, também observou a influência do fator cultivar para o NVP, assim como a interação entre cultivares e doses de nitrogênio. Ainda para este estudo, a cultivar que apresentou melhor desempenho foi a IAC Veloz, com uma média de 16 NVP, entretanto não apresentou resposta para as dosagens de fertilizante. Esse resultado, apesar de menor que o encontrado nesta pesquisa, mostra que há influência dos tratamentos para as cultivares estudadas.

O NVP diferiu somente em relação à testemunha quanto aos tratamentos aplicados (Figura 20b). Os tratamentos organomineral, *R. tropici* + *A. brasilense* e *R. tropici* proporcionaram acréscimos de 54%, 51% e 47%, respectivamente, para essa variável.

**Figura 20** – Médias dos valores do NVP (a) em função das cultivares e NVP (b) em função dos tratamentos

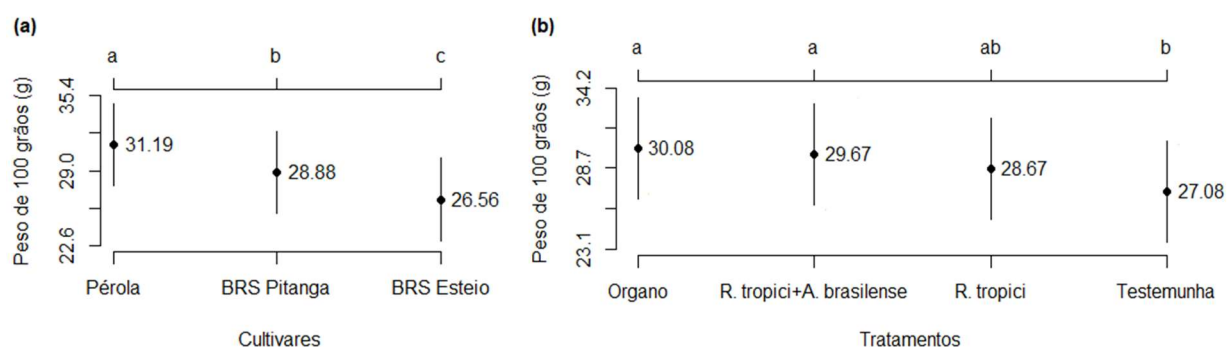


Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Resultado semelhante, em comparação aos tratamentos, também foi encontrado por Schossler et al., (2016), cujos dados diferiram apenas da testemunha. Isso em razão da simbiose que ocorre entre as bactérias inoculantes e a planta serem capazes de aumentar os componentes de rendimento, conforme demonstrado por Yadegari (2014). Este autor, em seu estudo com feijoeiro comum, obteve resultados superiores para os componentes NVP e NGV quando as sementes foram inoculadas com *R. tropici* e em combinação com outras estirpes. Nakayama et al., (2013) observaram que o uso do organomineral foi capaz de aumentar os componentes do feijoeiro. Destaca-se para o NVP, o resultado de maior significância foi para adubação com organomineral na quantidade de 200 kg ha<sup>-1</sup>. Neste estudo foi possível notar a influência dos tratamentos quando comparado com a testemunha, todos foram capazes proporcionar aumento para NVP.

Comparando as cultivares para P100, houve diferença significativa entre si. A cultivar Pérola apresentou melhor média (31,19g) e a cultivar BRS Esteio apresentou menor média (26,56g) (Figura 21a). Para a comparação entre os tratamentos o uso do organomineral (30,08g) e o uso do *R. tropici* + *A. brasilense* (29,67g) não diferiram entre si e o menor resultado foi verificado na testemunha (27,08) (Figura 21b).

**Figura 21** – Médias dos valores de P100 (a) em função das cultivares e P100 (b) em função dos tratamentos



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

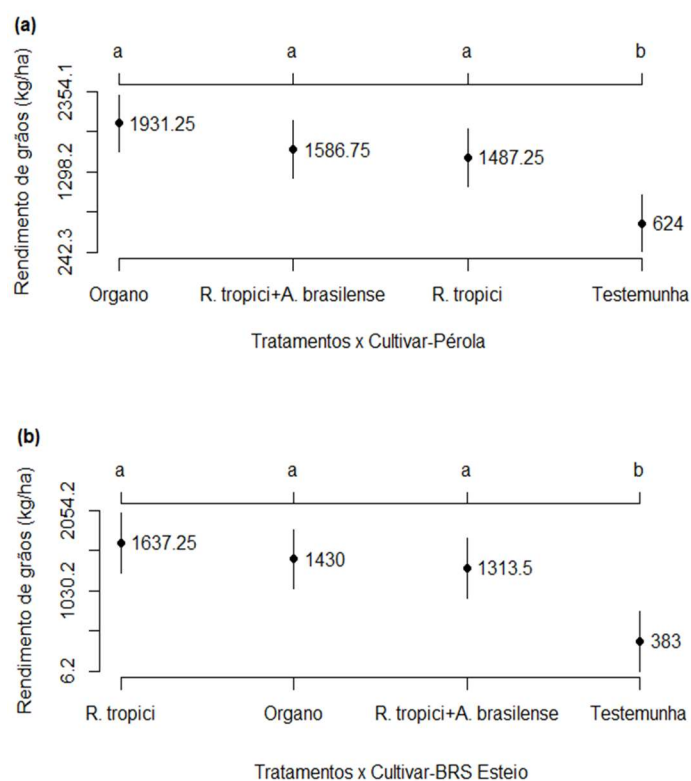
Analisando os resultados encontrados para P100 em relação a comparação entre as cultivares é possível verificar que há diferença na adaptação das mesmas, seja pelo tipo de tratamento aplicado ou sob a influência da sazonalidade e do tipo de solo, entre outras questões, que a diferença genética do feijoeiro interfere nos resultados que serão encontrados. Chekanai et al., (2018) mostraram que existem cultivares de feijão que são melhor adaptados a inoculação rizobiana, da mesma forma que também existem solos que não se adaptam a essa prática. Yagi et al., (2015) puderam observar que há diferença entre cultivares comerciais de feijoeiro, ou seja, cultivares consideradas mais eficientes para a FBN que respondem tanto a rizóbios nativos ou exógenos, e outras que se adaptam apenas a adubação nitrogenada. Sendo assim, é provável que a cultivar BRS Esteio não tenha se adaptado com os tratamentos inoculados e por isso apresentou resultados inferiores.

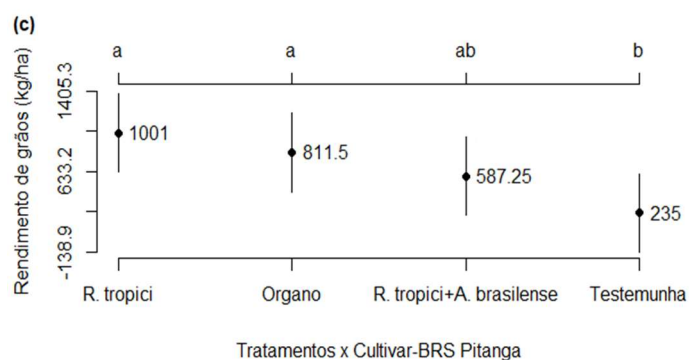
A aplicação dos tratamentos influenciou significativamente o peso de grãos, diferindo de Souza (2015) que não encontrou diferença estatística para P100 de feijão utilizando diferentes tipos de combinações de *R. tropici* e *A. brasilense*. Sales (2020), testando os efeitos da reinoculação do *R. tropici*, também não obteve diferença para esta variável. Ainda segundo Silva e Neves (2011) a diferença ou não do P100 pode estar relacionada ao tipo de manejo utilizado e as condições ambientais, podendo influenciar diretamente o resultado de variável, mesmo com a alta herdabilidade conferido a esta.

O REND diferiu entre os materiais genéticos e os tratamentos estudados, com destaque para a cultivar Pérola cujas médias de rendimento com a adição de organomineral, *R. tropici* + *A. brasilense* e *R. tropici*, nessa ordem, foram respectivamente 68%, 61% e 58% superiores à testemunha (Figura 22a). Entre as cultivares BRS Esteio (Figura 22b) e BRS Pitanga (Figura

22c) também foram detectadas diferenças entre os tratamentos, sendo que os tratamentos *R. tropici*, organomineral e *R. tropici* + *A. brasilense* propiciaram acréscimos de rendimento de grãos da cultivar BRS Esteio em 76%, 73% e 70%, e em 71%, 76% e 60% para o BRS Pitanga, respectivamente, comparados com a testemunha. Destaca-se ainda, que as maiores médias de REND foram obtidas nas cultivares Pérola e BRS Esteio, médias estas superiores à média nacional obtida na safra 2020/2021, em torno de 1,0 ton. ha<sup>-1</sup> (Conab, 2022). Por outro lado, os menores REND foram verificados na cultivar BRS Pitanga em resposta aos tratamentos. Além disso, chama atenção resposta a adição do adubo organomineral de forma isolada ou como base nos tratamentos que receberam os microorganismos *R. tropicina* semente e *R. tropici* + *A. brasilense* em cobertura.

**Figura 22** – Rendimento em função dos tratamentos com organomineral, inoculação de semente com *R. tropici*, co-inoculação com *A. brasilense* e a testemunha para a cultivares de feijão Pérola (a), BRS Pitanga (b) e BRS Esteio (c)



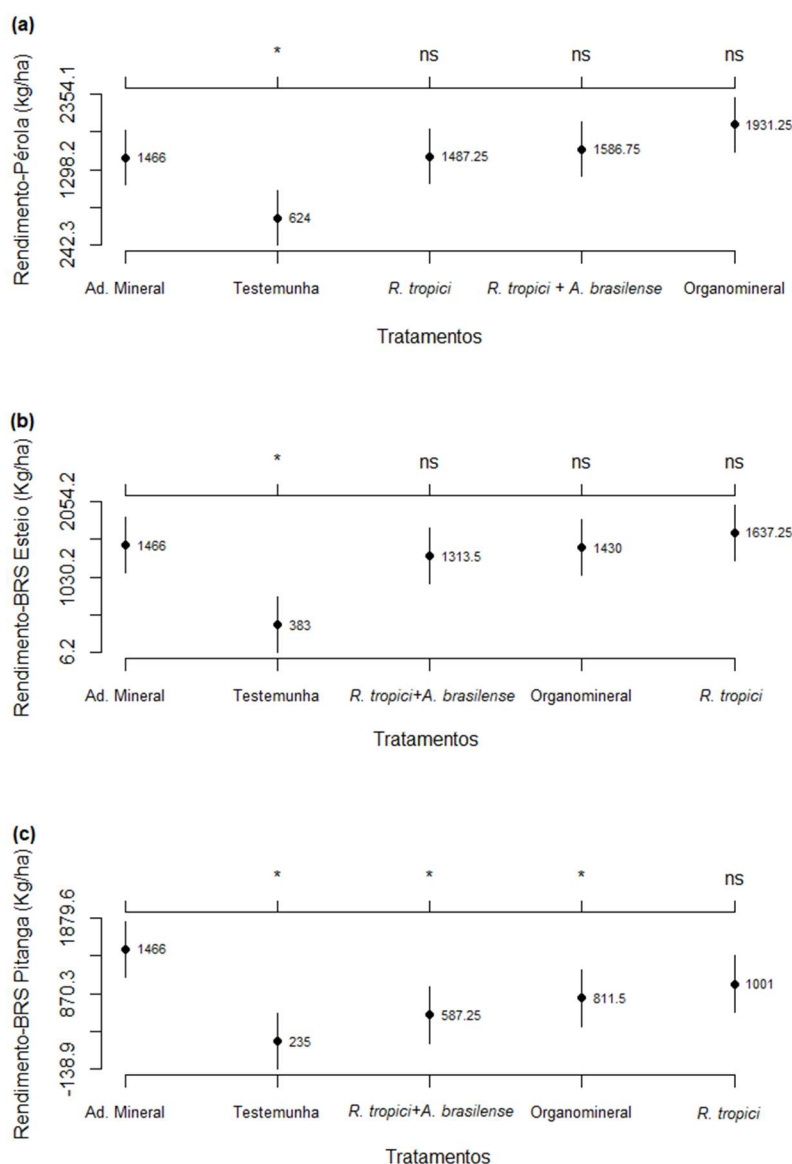


Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando diferentes dosagens de organomineral formulado com biossólido e com torta de filtro, para a produtividade do feijoeiro, Silva et al., (2019) obtiveram um aumento de 46% para o tratamento com biossólido, na dose de 50%, em relação a torta de filtro. No presente estudo o uso do organomineral foi capaz de aumentar em 68% o rendimento comparado com a testemunha. O fato deste material apresentar resultado positivo, de acordo com o resultado encontrado nesta pesquisa, pode ter relação com a disponibilidade de N, P e K que promovem a mineralização e decomposição da matéria orgânica (SILVA et al., 2019). Em um estudo com milho para comparação entre fertilizantes, Rasbold et al., (2020) não obtiveram diferença significativa para a produtividade de grãos. No entanto, as maiores produtividades foram obtidas com o fertilizante organomineral 8-10-10 na dose de 240 Kg ha<sup>-1</sup>, enquanto para o mineral, o formulado 8-20-20 na dose de 240 Kg ha<sup>-1</sup> teve maior produtividade. A diferença de produtividade entre esses tratamentos foi de 320 Kg ha<sup>-1</sup>, sendo a do organomineral 3,6% superior à do fertilizante mineral. Esses resultados corresponderam com o encontrado para a cultivar BRS Pitanga.

Schossler et al., (2016) observaram que a inoculação com *R. tropici* não diferiu estatisticamente da co-inoculação com *A. brasilense*, mas ambos os tratamentos diferiram da testemunha e proporcionou maiores rendimentos em relação a esta, mesma resposta encontrada neste estudo. Souza (2015), estudando diversas doses de inoculantes no feijoeiro, concluiu que a inoculação dupla com *R. tropici* e a pulverização tripla de *A. brasilense* aumentou a produtividade em 15%, comparando com a inoculação simples de *R. tropici*. Resultados semelhantes foram encontrados para as cultivares BRS Esteio e BRS Pitanga nesta pesquisa.

**Figura 23** –Médias do fator adicional de REND para as cultivares Pérola (a)BRS Esteio (b) BRS Pitanga (c)comparados com os respectivos tratamentos



Médias seguidas por “\*” diferem estatisticamente entre si pelo teste Dunnet a 5% de probabilidade e “ns” para resultados não significativos.

O REND comparando com o fator adicional cultivar Pérola (Figura 23a) apresentou diferença estatística para o tratamento Pérola-testemunha. Em que o tratamento com adubação mineral apresentou melhor resultado (1466,0 kg ha<sup>-1</sup>). Mesmo não apresentando diferença, o tratamento Pérola-organomineral (1931,3 kg ha<sup>-1</sup>) obteve uma produtividade 24% superior à adubação mineral.

Comparando com os tratamentos da cultivar BRS Esteio (Figura 23b) observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, exceto a testemunha que apresentou

menor rendimento. Com o uso do *R. tropici*, mesmo não sendo significativamente diferente a produtividade aumentou em 12%. O fator adicional cultivar BRS Pitanga (Figura 10c) diferiu dos tratamentos Pitanga-organo e Pitanga-*R. tropici* + *A. brasilense* que apresentaram rendimento inferior a adubação mineral. Não houve diferença apenas para cultivar BRS Pitanga-*R. tropici*. Este resultado mostra que os tratamentos não foram capazes de suprir a produtividade da adubação mineral para essa cultivar. Isso mostra que a cultivar BRS Pitanga é menos resistente as pragas e doenças e ao mesmo tempo também é menos compatível com a inoculação.

Nakayama et al., (2013), observando a influência do uso do organomineral na produção do feijoeiro comum comparado com adubação mineral, obteve como resultado a melhor produtividade para o tratamento utilizando organomineral, concluindo que possivelmente há uma maior disponibilidade nutricional para esse tipo de adubo que acaba gerando resultados positivos. Em um estudo comparando o uso do organomineral com o adubo mineral na cultura do tomate industrial, Peres et al., (2020) conseguiram uma maior produtividade fazendo o uso da adubação organomineral, que apresentou um desempenho produtivo 65,42% superior aos demais tratamentos. Estes resultados são em parte concordantes aos obtidos nesta pesquisa no tocante aos acréscimos de rendimentos de cultivares de feijão gerados pela fertilização com adubo organomineral a base de lodo de esgoto na base associado a inoculação de sementes com *R. tropici* e a reinoculação associando co-inoculação com *R. tropici*+ *A. brasilense* em cobertura no estágio R4.

## 5 CONCLUSÃO

- A inoculação aplicada via semente, associada a reinoculação em cobertura no estágio V4 possibilita a obtenção do maior rendimento da cultura do feijão, podendo substituir o uso de adubo mineral nitrogenado.
- A combinação do *R. tropici* com a co-inoculação de *A. brasilense*, de forma geral, propicia acréscimos de produtividade comparando com a adubação mineral.
- O uso isolado do organomineral possibilita ganhos para o desenvolvimento do feijoeiro, além dos componentes e da produtividade, tornando uma fonte alternativa para a adubação.
- A cultivar de feijão Pérola apresenta mais produtividade com o uso do adubo organomineral na base associado ao uso da inoculação com *R. tropici* antes da semeadura em complementação com co-inoculação com *A. brasilense* em cobertura no estágio V4, comparado a capacidade de resposta das cultivares BRS Esteio e BRS Esteio.
- Considerando os benefícios do uso de fertilizantes alternativos ambiental e economicamente viáveis, o uso do organomineral associado às bactérias simbióticas e promotoras de crescimento podem promover benefícios para a agricultura, garantindo o desenvolvimento sustentável.

## 6 REFERÊNCIAS

- AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. **Journal of King Saud University -Science**, v.26, n.1, p.1–20, 2014.
- ALVAREZ, V. V. H.; RIBEIRO, A.C. **Calagem. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.323, 1999.
- AMADO, T. J. C; MIELNICZUK, J.; AITA C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.241-248, 2002.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Atlas Esgotos: despoluição das bacias hidrográficas. 2021. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Resolução nº 106 de 4 de novembro de 2021. Aprova a Norma de Referência ANA nº 2, para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico, que dispõe sobre a padronização dos aditivos aos Contratos de Programa e de Concessão, [...]. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF:Ministério do Desenvolvimento Regional, 05 de nov. 2021, edição: 208, seção: 1, p.22.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). Atlas Esgotos: despoluição das bacias hidrográficas. 2017. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>.
- ANDERSON, C. R.; HAMONTS, K.; CLOUGH, T. J.; CONDRON, L. M.; FIERS, M.; STEWART, A.; HILL, R. A.; & Sherlock, R. R. Biochar induced soil microbial Community change: Implications for biogeochemical cycling of carbon, nitrogen and phosphorus. *Pedobiologia*, v.54, n.56, p.309-320, out. 2011.
- ANDRADE, R. P.; JANEGITZ, M. C. Influência da adubação organomineral no desenvolvimento do feijão em solo de textura arenosa. **Colloquium Agrariae**, v.13, n.Especial, p.93-99, 2017.
- ANDRAUS, M. P.; CARDOSO, A. A.; FERREIRA, E. P. B. Differences in nodulation and grain yield on common bean cultivars with different growth cycles. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.47, p.1148-1161, 2016.
- ANJOS, D. N. **Parâmetros genéticos de cultivares de feijoeiro fertilizados com polifosfato de amônio, superfosfato simples, bioestimulantes e micronutrientes**. 2019. 126f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia– UESB – Campus Vitória da Conquista, 2019.
- ANPII- Associação dos Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes. **A fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)**. Agroanalysis. Campinas - SP, 2017.

- ARAÚJO, G. H. S. **Interação intergenotípica no consorciamento milho x feijão**. 2006. 51f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ– Campus Seropédica, 2019.
- ARDAKANI, M. R. et al. Response of Yield and Yield Components of Three Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes to Co-Inoculation with *Glomus intraradices* and *Rhizobium phaseoli*. **American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science**, v.11, n.3, p.398–405, 2011.
- ATKINSON, C. J.; FITZGERALD, J. D.; & HIPPS, N. A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. **Plant and Soil**, v.337, n.1, p.1-8, 2010.
- AVILEZ, A. M. A.; HERNANDEZ, F. B.T.; BISPO, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C. Sowing of beans according to soil water availability in Northwest of São Paulo. **Water Resources and Irrigation Management**, Salvador, v.7, n.1, p.17–27, 2018.
- BÁRBARO, I. M.; BÁRBARO JÚNIOR, L.S; TICELLI, M.; MACHADO, C. P.; MIGUEL, F. B. Resultados preliminares da co-inoculação de *Azospirillum brasilense* juntamente com *Bradyrhizobium* em soja. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v.8, n.12, p.1-6, 2011.
- BARBOSA, C. K. R.; REIS, J. N.; BRIGANTE, G. P.; SILVA, K., JUNIOR, F. Adubação nitrogenada, inoculação e coinoculação na cultura do feijoeiro-comum. **Caderno de Ciências Agrárias**, Minas Gerais, v.12, p.01-06, 2020.
- BARBOSA, G.F.; ARF, O.; NASCIMENTO, M.S.; BUZETTI, S.; FREDDI, O.S. Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p.117-123, 2010.
- BARCELOS, G. F. et.al. Adubação nitrogenada na cultura do milho. Ponta Grossa PR: **Solos nos Biomas Brasileiros**, Capítulo 2, pág 17. Atena Editora, 2018.
- BARROS, R. L. N.; OLIVEIRA, L. B.; MAGALHÃES, W. B.; PIMENTEL, C. Growth and yield of common bean as affected by seed inoculation with rhizobium and nitrogen fertilization. **Experimental Agriculture**, v.54, n.1, p.16-30, 2016.
- BARROS, F. C. *Azospirillum brasilense* via fertilizante organomineral coinoculado com *Bradyrhizobium japonicum* na cultura da soja. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 27 fev. 2019.
- BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. B. **Bacteria/Plant Growth-Promoting**. HILLEL, D. (Ed.). Encyclopedia of soils in the environment. Oxford: Elsevier, v.1, p.103-115, 2005.
- BENITES, W. M.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 2010, Guarapari, ES. **FERT BIO**, 2010.
- BERTON, R. S.; NOGUEIRA, T. A. R. Uso do lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; A. M. M. (Org.). **Uso agrícola de lodo de esgoto**. Botucatu: FEPAF, p.31-50, 2010.

BETTIOL, J. V. T. **Produção sustentável do feijão comum: Inoculação, Coinoculação e adubação mineral em cultivares de ciclo precoce**. 2019. 51f. Dissertação (Mestrado em agronomia) Universidade Estadual Paulista – UNESP - Campus Jaboticabal, 2019.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; CARDOSO, E. D.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno irrigado no sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.5, p.770-778, out. 2010.

BITTENCOURT, S.; AISSE, M. M.; SERRAT, M. B. Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.6, p.1129-1139, 2017.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 [...] **Diário Oficial da União**, DF, 16 de julho de 2020, p.26.

BRASIL. Resolução Conama Nº 498, 19 de agosto de 2020. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biofertilizante em solos, e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=749>. Acesso em: 01 mai. 2022.

BRASIL. Resolução Conama Nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. 2011.

BRASIL. Instrução Normativa 25, de 23 de julho de 2009. Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, DF, 23 de julho de 2009, p.18.

BRASIL. Instrução Normativa 27, de 05 de junho de 2006. Dispõe sobre a importação ou comercialização, para produção, de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes. **Diário oficial da União**, DF, 05 de Junho de 2006, p.4.

BRASIL. Instrução Normativa 23, de 31 de agosto de 2005. Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos organominerais e biofertilizantes destinados a agricultura. **Diário oficial da União**, DF, 31 de Agosto de 2005, p.12.

BRASIL. Decreto 10.991, de 11 de março de 2022. Institui o Plano Nacional de Fertilizantes 2022-2050 e o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 de março de 2022, p.5.

BRASIL. Decreto 86.955, de 18 de fevereiro de 1982. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**,

Brasília, DF, 18 de fevereiro de 1982, p.17.

BRITO, L. F. et al. Resposta do feijoeiro comum à inoculação com rizóbio e suplementação com nitrogênio mineral em dois biomas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.39, n.4, p.981–992, 2015.

BOLAN, N. S.; KUNHIKRISHNAN, A.; NAIDU, R. Carbon storage in a heavy clay soil landfill site after biosolid application. **Science of the Total Environment**, v.465, p.216–225, 2013.

BONFANTE, P.; REQUENA, N. Dating in the dark: how roots respond to fungal signals to establish arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Current Opinion in Plant Biology**, v.14, p.451-457, 2011.

BORGES, B. M. M. N. et al. Methods of determination dry matter and macronutrient content in lettuce leaves. **Revista Trópica**, Chapadinha, v.5, n.1, p.12–16, 2011.

CALONEGO, J. C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BARBOSA, R. D.; LEITE, G. H. P.; GRASSI FILHO, H. Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.3, p.334-340, set. 2010.

CARDOSO, R. M.; FERREIRA, E. P. B. Assessment of Consortia Inoculation Effects on the Agronomical Performance of the Common Bean. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.52, n.16, p.1971–1980, 2021.

CARDOSO, J. D.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S. Polyphasic approach for the characterization of rhizobial symbionts effective in fixing N<sub>2</sub> with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Applied Microbiology and Biotechnology*, v.93, n.5, p.2035–2049, 2012.

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C.; SALDANHA, M. F. C. Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos. **Embrapa Solos-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2000.

CARVALHO, R., H. **Desempenho do Feijoeiro Comum sob Inoculação Conjunta de Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal e Estirpes de Rhizobium**. 2018. 66f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Seropédica, 2018.

CARVALHO, R.H.; JESUS, E.C.; SOUZA FILHO, B.F.; FONTANA, A.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A.P. Crescimento e produção do feijoeiro comum sob co-inoculação com *Rhizobium*, *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* em condições de campo. *Cadernos de Agroecologia*, **Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF**, Brasília-DF, 2018.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação Biológica de Nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Ufv, Cap. 7, p.143-170, 2006.

CHEKANAI, V.; CHIKOWO, R.; VANLAUWE, B. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to nitrogen, phosphorus and rhizobia inoculation across Variable soils in Zimbabwe. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.266, p.167–173, 2018.

CHUMAKOV, M. I. Involvement of superficial polysaccharides and proteins of Rhizobiaceae in attachment to plant surface. **Microbiology**, New York, v.65, p.631-643, 1996.

CHUEIRE, L. M. O.; BANGEL E.V.; MOSTASSO, F. L.; CAMPO, R. J.; PEDROSA, F. O.; HUNGRIA, M. Classificação taxonômica das estirpes de rizóbio recomendadas para as culturas da soja e do feijoeiro baseada no sequenciamento do gene 16 S rRNA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17 p. 833-840, 2003.

COELHO, J.D. **Produção de grãos – feijão, milho e soja**. Caderno Setorial ETENE, ano 3, n.33, 2018. 11p.

COELHO, F. C. Vieira, C.; MOSQUIM, P. R; CASSINI, S. T. A. Nitrogênio e molibdenio nas culturas do milho e do Feijão, em monocultivos e em consórcio: I- Efeitos sobre o feijão- Monocultivo e Consorcio. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, Viçosa, v.45, p.393–407, 1998.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. p.289-302.

CONAB. **Safra Brasileira de Grãos**. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/905-feijao>. Acesso em: 08/06/2022.

CONAB. **Safra Brasileira de Grãos**. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos>. Acesso em: 04/01/2022.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. **Companhia Nacional de Abastecimento**, v.7, n.20, 2019.

CONCEIÇÃO, C. G.; ROBAIANA, A. D.; PEITER, X. M.; PARIZI, R. C.; CONCEIÇÃO, J. A. Desenvolvimento Vegetativo do Feijoeiro Irrigado com Diferentes Lâminas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.12, n.2, p.2406–2417, 2018.

DALL'AGNOL, R. F. et al. Genetic diversity of symbiotic Paraburkholderia species isolated from nodules of Mimosa pudica (L.) and Phaseolus vulgaris (L.) grown in soils of the Brazilian Atlantic Forest (Mata Atlântica). **FEMS Microbiology Ecology**, v.93, n.4, p.1–15, 2017.

DEL CERRO, P. et al. Opening the “black box” of nodD3, nodD4 and nodD5 genes of Rhizobium tropici strain CIAT 899. **BMC Genomics**, v.16, n.1, p.1–10, 2015.

DELVAUX, J. C. **Biodinçadores de qualidade do solo no crescimento inicial de eucáplito sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar**. 2019. 126f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2019.

DIACONO, M.; MONTEMURRO, F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Itália, v.30, p.401–422, 2010.

DIAS, C. Novo fertilizante deve reduzir custos no emprego de ureia. Brasília, DF. EMBRAPA, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34227800/novo-fertilizante-deve-reduzir-custos-no-emprego-de-ureia>. Acesso em: 7 mar. 2022.

DIAZ, C. L.; MELCHER, L. S.; HOOYKAAS, P. J. J.; LUGTENBERG, B. J. J.; KIJNE, J. W. Root lectin as a determinant host-plant specificity in the Rhizobium-legume symbiosis. *Nature*, London, p.338-579, 1989.

EL-NAHRAWY, S.; OMARA, A. Effectiveness of Co-inoculation with *Pseudomonas koreensis* and *Rhizobia* on Growth, Nodulation and Yield of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Microbiology Research Journal International*, v.21, n.6, p.1–16, 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Catálogo de cultivares de feijão comum: 2021**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. 16 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/arroz-e-feijao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1134759/catalogo-de-cultivares-de-feijao-comum>>. Acesso em: 15/05/2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **A inoculação do feijoeiro no Brasil**. 1 ed. Planaltina: DF. Embrapa Cerrados, 2021. 48p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas**. 1 ed. Brasília: DF. Embrapa Meio Ambiente, 2017. 165p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Catálogo de cultivares de feijão comum: 2014-2015**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. 20 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1011166/catalogo-de-cultivares-de-feijao-comum-2014-2015>>. Acesso em: 15/05/2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: RJ. Embrapa Solos, 2011. 230p.

EPAGRI. **A Cultura do Feijão em Santa Catarina**. 1 ed. Florianópolis, EPAGRI, 285p. 1992.

FAO. The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050. Rome, 2018. 224p.

FAOSTAT. **Crops**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 12/01/2022.

FARRELL, M.; MACDONALD, L. M.; BUTLER, G.; CHIRINO-VALLE, I.; & CONDRON, L. M. Biochar and fertiliser applications influence phosphorus fractionation and wheat yield. *Biology and Fertility of Soils*, Springer, Berlin, v.50, n.1, p.169-178, 2014.

FERREIRA, E. P. B. et al. Contribuições para melhoria da eficiência da fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro comum no Brasil. In: ARAÚJO, A. P. et al. (eds.). **Tópicos em Ciências do Solo**. Viçosa-Mg: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. Cap. 7, p. 380.

FERREIRA, N. R. **Eficiência agrônômica de fertilizantes organominerais sólidos e fluídos em relação a disponibilidades de fósforo**. 2014. 67f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, 2014.

FERREIRA, E; MENDES, L. **Fixação biológica do nitrogênio no feijão-comum**. 2014. EMBRAPA. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1935586/fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-feijao-comum>. Acesso em: 22 jun. 2020.

FERREIRA, M. P.; SANTOS, A. R.; MANTOVANI, J. R.; MESQUITA, A. C.; TERRA, A. B. C. Resposta do feijoeiro à adubação organomineral. In: **2º Simpósio de Águas Termas Naturais de Poços de Caldas e 14º Congresso Nacional de Meio Ambiente**, 26 a 29 Setembro de 2017.

FILIZ, O.; TAKIL, E.; KAYAN, N. The role of plant growth promoting rhizobacteria (Pgpr) and phosphorus fertilization in improving phenology and physiology of bean (*phaseolus vulgaris l.*). **Applied Ecology and Environmental Research** , v.19, n.3, 2021.

FLORENTINO, A. L.; FERRAZ, A. DE V.; GONÇALVES, J. L. DE M.; ASENSIO, V.; MURAOKA, T.; SANTOS DIAS, C. T. DOS; NOGUEIRA, T. A. R.; CAPRA, G. F.; ABREU-JUNIOR, C. H. Long-term effects of residual sewage sludge application in tropical soils under Eucalyptus plantations. **Journal of Cleaner Production**, v.220, p.177–187, 2019.

FONSECA, G. G., OLIVEIRA, D. P., SOARES, B. L., FERREIRA, P. A. A., TEIXEIRA, C. M., MARTINS, F. A. D., MOREIRA, F. M. S., ANDRADE, M. J. B. Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio. **Original Article Biosci. J**, Uberlândia, v.29, n.6, p.1778 – 1787, 2013.

FONSECA-GARCÍA, C.; NAVA, N.; QUINTO, L. M. C. An NADPH oxidase regulates carbon metabolism and the cell cycle during root nodule symbiosis in common bean (*Phaseolus vulgaris*). **BMC Plant Biology**, México, v.21, n.274, 2021.

FREITAS, A. P., SILVA, A. B., SANTI, A., MAGALHÃES, M. O. L., & SILVA, G. B. Produção de mudas de alface em substrato sob doses de fertilizante organomineral. **Enciclopédia Biosfera**, v.16, n.29, p.728–737, 2019.

GARÉ, L. M. **Reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em sistema plantio direto em fase inicial e consolidado**. 2020. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista - Campus Ilha Solteira, 2020.

GEROLA, J. G.; ARAÚJO, E. O.; ROCHA, R. R.; MATTE, L. C.; MIELKE, K. C. 1 Coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em associação com substâncias húmicas sobre o crescimento de plantas de feijão. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, ago. 2015.

GODOY, L. C. A logística na destinação do lodo de esgoto. **Revista Científica On-line Tecnologia - Gestão - Humanismo**, Guaratinguetá, v.27, n.9, p.556–557, 2013.

GOOGLE EARTH. Google Earth Pro. Acesso em: 11 jun. 2021.

GUIMARÃES, S. L.; SILVA, E. M. B.; CASTILHO, A. C.; SOUZA, P.; APARECIDA, A. K.; CÂNDIDO, A.; SOUZA, W. P. Desenvolvimento inicial de feijão caupi inoculado com rizóbio em Latossolo de Cerrado. **Acta Iguazu, Cascavel**, v.3, p.30–41, 2019.

GUIMARÃES, R. A. M.; BRAZ, A. J. B. P.; SIMON, G. A.; FERREIRA, C. J. B.; BRAZ, G. B. P.; SILVEIRA, P. M. Resposta de cultivares de feijoeiro a adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. **Gl. Sci Technol**, v.10, n.01, p.136–148, 2017.

HAMDI, H.; HECHMI, S.; KHELIL, M. N.; ZOGHLAMI, I. R.; BENZARTI, S.; MOKNI-TLILI, S.; HASSEN, A.; JEDIDI, N. Repetitive land application of urban sewage sludge: Effect of amendment rates and soil texture on fertility and degradation parameters. **Catena**, Tunísia, v.172, p.11–20, 2019.

HARA, A. T.; HASHIGUTI, H. T.; BORTOLUZZI, D. D. O.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R. Estrutura espacial do armazenamento de água no solo na presença de cobertura vegetal, **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.13, n.2, p.3358-3368, Fortaleza, CE, 2019. Disponível em: < DOI: 10.7127/rbai.v13n2001056> Acesso em: 15 abr. 2021.

HENRICHSEN, L. **Modelagem matemática para simulação da produtividade da aveia pelo nitrogênio líquido via absorção foliar e sólido de absorção radicular com caracterização das condições ambientais**. 2019. 97f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijuí, 2019.

HÖRDT, A., LÓPEZ, M. G., MEIER-KOLTHOFF, J. P., SCHLEUNING, M., WEINHOLD, L. M., TINDALL, B. J., GRONOW, S., KYRPIDES, N. C., WOYKE, T., GÖKER, M. Analysis of 1,000 + Type-Strain Genomes Substantially Improves Taxonomic Classification of Alphaproteobacteria. **Frontiers in Microbiology**, v.11, Abr. 2020.

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

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: **Embrapa Soja**, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/564908/a-importancia-do-processo-de-fixacao-biologica-do-nitrogenio-para-a-cultura-da-soja-componente-essencial-para-a-competitividade-do-produto-brasileiro>. Acesso em: 15 maio 2022.

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

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48p. Curricular técnica n. 35.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in

grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.65, p.151-164, 2000.

HUNGRIA, M., STACEY, G. Molecular signals exchanged between host plants and rhizobia: basic aspects and potential application in agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, p.819-830, 1997.

HUNGRIA, M.; JOSEPH, C. M.; PHILLIPS, D. A. Rhizobium nod gene inducer sexuded naturally from roots of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant Physiology**, v. 97, n. 2, p. 759-764, 1991.

IBRAFE- **Instituto Brasileiro de Feijão e Pulses**, 2021. Disponível em: <https://www.ibrafe.org/boletim-so-feijao/>. Acesso em: 26/01/2022.

JEFFERY, S.; VERHEIJEN, F. G. A.; VELDE, M. V. D.; & BASTOS, A. C. Quantitative review of the effects of biochar application to soils on cropproductivity using meta analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Elsevier, v.144, n.1, p.175-187, 2011.

KARUNANITHI, R.; SZOGI, A. A.; BOLAN, N.; NAIDU, R.; LOGANATHAN, P.; HUNT, P. G.; VANOTTI, M. B.; SAINT, C. P.; OK, Y. S.; KRISHNAMOORTHY, S. Phosphorus recovery and reuse from waste streams. **Advances in Agronomy**, Australia, v.131, p.173-250, 2015.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington: **The World Bank**, 272p. 2018.

KOMINKO, H.; GORAZDA, K.; WZOREK, Z. The Possibility of Organo-Mineral Fertilizer Production from Sewage Sludge. **Wasteand Biomass Valorization**, v.8, p.1781–1791, 2017.

KULIKOWSKA, D.; GUSIATIN, Z. M. Sewages ludge composting in a two-stage system: Carbon and nitrogen transformations and potential ecological risk assessment. **Waste Management**, New York, v.38, p.312-320, 2015.

LACE, B.; OTT, T. Commonalities and Differences in Controlling Multipartite Intracellular Infections of Legume Roots by Symbiotic Microbes. **Plant and Cell Physiology**, v. 59, n. 4, p. 661–672, 2018.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; KUMMER, A. C. B. Aplicações sucessivas de lodo de esgoto no girassol e efeito residual no trigo e triticales. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n. 9, p.881–886, 2014.

LOURENÇO, R. S.; ANJOS, A. R. M.; LIBARDI, P. L.; MEDRADO, M. J. S. Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, no sistema de produção da bracinga. **SANARE**. 1996. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/286574/efeito-do-lodo-de-esgoto-na-produtividade-de-milho-e-feijao-no-sistema-de-producao-da-bracinga>. Acesso em: 12 jun. 2020.

MACHADO, K. C.; GRASSI, M. T.; VIDAL, C.; PESCARA, I. C.; JARDIM, W. F.; FERNANDES, A. N.; SODRÉ, F. F.; ALMEIDA, F. V.; SANTANA, J. S.; CANELA, M. C.; NUNES, C. R. O.; BICHINHO, K. M.; SEVERO, F. J. R. A preliminary nationwide survey of

the presence of emerging contaminants in drinking and source waters in Brazil. **Science of the Total Environment**, v.572, p.138–146, 2016.

MAIA, J. M. et al. Seca e salinidade na resposta antioxidativa de raízes de feijão caupi. **Biofarm**. v. 11, n.01, 2015.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 255 p. 1979

MARÍN, I.; SANZ, J. L.; AMILS, R. Biotecnología y medio ambiente. Madri: Ephemera, 2005. 310 p.

MARQUES, B.; CARDOSO, I. L.; FERREIRA, M.; SILVA, R.; LIMA, H. V.; SANTOS, M. P. Fixação Biológica de Nitrogênio reduz custos e os impactos ao meio ambiente contribuindo para a sustentabilidade do cultivo do feijoeiro-comum. **Anuário de produções Acadêmico-Científicas dos discentes da Faculdade Araguaia**, v.7, p.19-25, 2018.

MARSCHNER, P. Rhizosphere biology. In: **Marschner's mineral nutrition o fhigher plants: Third Edition**, Academic Press, p.369-388, 2011.

MEIRELLES, F. C.; CORSINI, D. C. D. C.; GERLACH, G. A. X.; DA SILVA, J. C.; GITTI, D.C.; DE SOUZA, E.; PORTUGAL, J. R.; A. R. F, O. Co-inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* em feijão em cultivo irrigado. In: Congresso nacional de pesquisa de feijão (CONAFE), v.10, 2014, Londrina. Anais Web, Londrina: IAPAR, jul. 2014.

MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A.; BRITO, O. R. New native rhizobia strains for inoculation of common bean in the Brazilian savanna. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.41, p.1–11, 2017.

MICHIELS, J. et al. *Phaseolus vulgaris* is a non-selective host for nodulation. **FEMS Microbiology Ecology**, v.26, n.3, p.193–205, 1998.

MORAES, E. R. **Aplicação de Fertilizante Organomineral de Lodo de Esgoto e Bioestimulante na Cana-de-Açúcar**. 2017. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2017.

MOREIRA, L. P., OLIVEIRA, A. P. S., & DE BRITO FERREIRA, E. P. Nodulation, contribution of biological N<sub>2</sub> fixation, and productivity of the common bean (*'Phaseolusvulgaris' L.*) inoculated with rhizobia solates. **Australian Journalof Crop Science**, v.11, n.6, 644–651, 2017.

MOREIRA, S. F.; SANTOS, S. D. O.; SARDINHA, S. A. PEREIRA JÚNIOR, A. O lodo de ETE como alternativa para a recuperação do solo em áreas degradadas. **Brazilian Applied Science Review**, São José dos Pinhais, v.3, n.3, p.1564–1585, 2019.

NAKAYAMA F. T.; PINHEIRO, G. A. S.; ZERBINI, E. F. Eficiência do fertilizante organomineral na produtividade do feijoeiro(*Phaseolus vulgaris L.*) em sistema de semeadura direta. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.9, n.7, p.122-138, 2013.

NASCENTE, A. S.; MONDO, V. H. V.; GONZAGA, A. C. O.; CARVALHO, M. C. S.; LACERDA, M. C. Doses e épocas de aplicação foliar de N afetando a produtividade de grãos

do feijoeiro comum. **Revista Agrarian**, Dourados, v.10, n.37, p.199-208, 2017.

NASCIMENTO, A. L.; DE SOUZA, A. J.; OLIVEIRA, F. C.; COSCIONE, A. R.; VIANA, D. G.; REGITANO, J. B. Chemical attributes of sewage sludges: Relationships to sources and treatments, and implications for sludge usage in agriculture. **Journal of Cleaner Production**, v.258, p.1-12, 2020.

NOGUEIRA, A. V.; SILVA FILHO, G. N. Ciclo dos elementos químicos. **Microbiologia**, Florianópolis: Ufsc, Cap. 10. p.156-161, 2010.

OJUEDERIE, O. B.; OLANREWAJU, O. S.; BABALOLA, O. O. Plant growth promoting rhizobacterial mitigation of drought stress in crop plants: Implications for sustainable agriculture. **Agronomy**, v.9, n.11, 2019.

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

OLIVEIRA, N. H. C. **Resposta de cultivares de feijoeiro de ciclo precoce com grãos carioca, preto e reajado à adubação nitrogenada em cobertura**. 2021. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal, 2021.

OLIVEIRA, E. C.; SOUZA, J. R. P.; SEIFERT, A. L.; ALMEIDA, L. H. C.; DIAS, F. M. V. Fertilizante organomineral no desempenho agrônomo e produtividade do feijão aplicado no sulco de plantio. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC'2016, Rafain Palace Hotel & Convention Center- Foz do Iguaçu -PR 29 de agosto a 1 de setembro de 2016**. 2016.

ONU – Organization of United Nations. FAO: Desenvolvimento sustentável nas indústrias de sementes é vital, 2021. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2021/11/1769342>

PARIZATTO, D. L.; MARCHIORO, V. S. Uso de inoculante *Rhizobium tropici* e nitrogênio em cobertura na cultura do feijão. **Cultivando o Saber**. v. 8, n.1, p.16-26, 2015.

PEREIRA, V. G. C., GRIS, D. J., MARAGONI, T., FRIGO, J. P., AZEVEDO, K. D., & GRESIUCK, A. E. Revista Brasileira de Energias Renováveis Exigências Agroclimáticas para a Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.3, p.32–42, 2014.

PEREIRA, P. S.; VEIGA, B. V.; DZIEDZIC, M. Avaliação da Influência do Fósforo e do Nitrogênio no Processo de Eutrofização de Grandes Reservatórios Estudo de Caso: Usina Hidrelétrica Foz do Areia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.18, n.1, p.43-52, mar. 2013.

PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C. Co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* in common beans grown under two irrigation depths. **Revista Ceres**, v.63, n.2, p.198–207, 2016.

PERES, L. A. C., TERRA, N. F., & REZENDE, C. F. A. Produtividade do tomate industrial submetido a adubação organomineral em cobertura. **Brazilian Journal of Development**, v.6 n.3, p.10586–10599, 2020.

PIAS, O. H. C.; MENEGOL, D. R.; DAMIAN, J. M.; EITELWEIN, M. T.; ROSA, C. O.; SANTI, A. L. Nitrogênio no solo e no tecido foliar do feijoeiro em função da adubação nitrogenada. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.6, n.4, p.13-27, 2017.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental** 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

PORTES, T. A.; ARAÚJO, B. R. B.; MELO, H. C. Growth analysis, photosynthate partition and nodulation in bean and soybean. **Ciência Rural**, v.52, n.10, p.1-14, 2022.

RASBOLD, J. C.; PRATI, V.; FARIAS, L. A.; RICHART, A.; LUZZI, D. (2020). Eficiência de fertilizantes formulados mineral e organomineral no fornecimento de nutrientes para o milho primeira safra em Toledo-PR. **Revista Cultivando o Saber**. v.13, n.2, p.2175–2214, 2020.

RESENDE JÚNIOR, J. C.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; FILHO, A. A.; MATOS, A. L. A. The effects of sewage sludge, mineral and organic fertilizer on initial growth of *Urochloa brizantha* cv Marandu (Hochst. ex A. Rich.) R. D Webster. **African Journal of Agricultural Research**, Grahamstown, v.11, n.36, p.3460-3470, 2016.

ROCHA, T. T. T.; CARVALHO, A. J. E.; LEMOS, J. P. SILVA, I. R.; SANTOS, E. P. Nodulação do feijão - comum (*Phaseolus vulgaris* L. Cv BRS Esteio) a partir de sementes tratadas com um inoculante alternativo e a influência da adubação foliar com molibdênio na FBN. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.1, p.5243–5259, 2022.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.64, p.1–16, 1994.

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

SAE – Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. Produção Nacional de Fertilizantes: estudo estratégico. Brasília, DF, v.12, 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudo-s-estrategicos/sae\\_publicacao\\_fertilizantes\\_v10.pdf/view](https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudo-s-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf/view). Acesso em: 27 abr. 2022.

SALES, L. Z. S. **Momentos de reinoculação de *Rhizobium tropici* no feijoeiro na implantação de sistema plantio direto**. 2020. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista – Ilha Solteira, 2020.

SAMPAIO, A. DE O. Afinal, queremos ou não viabilizar o uso agrícola do lodo produzido em estações de esgoto sanitário? Uma avaliação crítica da Resolução CONAMA 375. **Revista DAE**, São Paulo, n.193, p.16-27, 2013.

SANTOS, J. K. F.; CABRAL FILHO, F. R.; BASTOS, A. V. S.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C.; SANTOS, E. A.; VIDAL, V. M.; MORAIS, W. A.; AVILA, R. G.; SOARES, F. A. L. Acúmulo de matéria seca e nutrientes pelo milho cultivado sob doses de formulados npk mineral e organomineral. **Research, Society and Development**, v.10, n.5, 2021.

SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Microbial inoculants: reviewing

the past , discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. **AMB Express**, v.9, n.205, p.1–22, 2019.

SCHOSSLER, J. H., MEERT, L., RIZZARDI, D. A., & MICHALOVIEZ, L. Componentes de eAzospirillum brasilense. **Revista Scientia Agraria**, v.17, p.10–15, 2016.

SHARMA, B.; SARKAR, A.; SINGH, P.; SINGH, R. P. Agricultural utilization of biosolids: A review on potential effects on soil and plant grown. **Waste Management**, v.64, p.117–132, 2017.

SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A. Componentes de produção e suas correlações em genótipos de feijão-caupi em cultivo de sequeiro e irrigado. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.3, p.702–713, 2011.

SILVA, H. C.; LIMA, L. C.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; LEMES, E. M.; CARDOSO, A. F. Effects of organomineral fertilizers formulated with biosolids and filter cake on common bean yield crop (*Phaseolus vulgaris* L.). **Australian Journal of Crop Science**, v.13, n.10, p.1566–1571, 1 out. 2019.

SILVA, N. M. **Qualidade tecnológica de cultivares de feijão preto e carioca recomendadas nos últimos 60 anos no Brasil**. 2018. 32f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018.

SILVA, L. G. **Torta de filtro e lodo de esgoto na composição de fertilizantes organominerais para a cultura da soja**. 2017. 80f. Dissertação (Mestrado em Biocombustíveis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Painel de informação sobre o saneamento, 2020. Disponível em:  
[http://appsfnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua\\_esgoto/mapa-esgoto/](http://appsfnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-esgoto/)

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

SOUSA, W.S.; TEIXEIRA, I.R.; CAMPOS, T.S.; SILVA, G.C.; SILVA, M.B. MOREIRA, S.G. Supplementary reinoculation in top dressing of in common beancrop: effects on nodulation, morphology, and grain yield. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, p. 1-7, 2021.

SOUSA, M. A.; OLIVEIRA, M. M.; DAMIN V.; FERREIRA, E. P. Productivity and Economics of Inoculated Common Bean as Affected by Nitrogen Application at Different Phenological Phases. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.20, p.1848-1858, 2020.

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

SOUZA, K. G. **Crescimento e nodulação do feijoeiro comum em resposta a coinoculação das sementes com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense***. 2014. 45f. Dissertação

(Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre, Acre, 2014.

SOUZA, J. E. B. **Co-inoculação de rhizobiumtropici e azospirillum brasilense no feijoeiro-comum visando aumento de produtividade e redução de custo de produção.** 2015. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiás. 2015.

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

SOUZA, J. E. B.; FERREIRA, E. P. B. Improving Sustainability of common bean production systems by co-inoculating rhizobia and azospirilla. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.237, p.250–257, 2017.

STAJKOVIĆ, O. et al. Improvement of common bean growth by co-inoculation with Rhizobium and plant growth-promoting bacteria. **Romanian Biotechnological Letters**, v.16, n.1, p.5919–5926, 2011.

STEINER, F.; FERREIRA, H. C. P.; ZUFFO, A. M. Canco-inoculation of Rhizobium tropici and Azospirillum brasilense in crease common bean nodulation and grain yield? **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.1, p.81–98, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TOLEDO, W. S., AGÁPTO, J. P., ALMEIDA, G. F. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity in response to different fertilization strategies. **Revista agro@mbiente on-line**, v.11, n.4, p.296-306, 2017.

TYAGI, V. K.; LO, S. Sludge: A was teor renewable source of energy and resoucers recovery? **Renew. Sust. Energ. Rev.**, v.25, p.708-728, 2013.

URRA, J.; ALKORTA, I.; GARBISU, C. Potential benef it sand risks for soil health deriv ed from the use of organic amendments in agriculture. **Agronomy**, v.9, p1–23, 2019.

VIÇOSI, K. A. **Resposta do feijão-vagem de crescimento determinado à inoculação com Rhizobium tropici.** 2019. 61f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Goiás – Ipameri, 2019.

VIDAL, T. F.; CAPELO NETO, J. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.4, p.402-407, 2014.

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

VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2 ed. Viçosa. UFV, 600p. 2013.

VIEIRA, C.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. Feijão. 2 ed. Viçosa: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 2006. 600p.

YADEGARI, M. Inoculation of bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds with *Rizobium phaseoli* and plant growth promoting rhizo bacteria. **Advances in Environmental Biology**, v.8, n.2, p.419-424, 2014.

ZAFAR, M.; ABBASI, M. K.; KHAN, M. A.; KHALIQ, A.; SULTAN, T.; ASLAM, M. Effect of Plant Growth Promoting Rhizo bacteria on Growth, Nodulation and Nutrient Accumulation of Lentil Under Controlled Conditions. **Pedosphere**, v.22, n.6, p.848-859, 2012.

ZOFFOLI, B. C. **Influência da época de aplicação de nitrogênio no crescimento e produção de grãos de feijoeiro inoculado com rizóbios**. 2015. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

YADAV, A. N.; KUMAR, V.; DHALIWAL, H. S.; PRASAD, R.; SAXENA, A. K. Microbiome in crops: diversity, distribution, and potential role in crop improvement. In: **Crop improvement through microbial biotechnology**. Elsevier, p.305-332, 2018.

YAGI, R.; ANDRADE, D. S.; WAURECK, A.; GOMES, J. C. Nodulações e produtividades de grãos de feijoeiros diante da adubação nitrogenada ou da inoculação com *rhizobium freirei*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.6, p.1661–1670, 2015.