

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA**

Alexandre Lima de Oliveira

Desempenho do Biocomposto Tipo Bokashi e Interação com Bactérias Fixadoras de Nitrogênio na Cultura Do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

Curitibanos - SC

2023

Alexandre Lima de Oliveira

Desempenho do Biocomposto Tipo Bokashi e Interação com Bactérias Fixadoras de Nitrogênio na Cultura Do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Glória Regina Botelho
Coorientador: Dr. Gregory Kruker

Curitibanos - SC

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Oliveira, Alexandre Lima de
Desempenho do Biocomposto Tipo Bokashi e Interação com
Bactérias Fixadoras de Nitrogênio na Cultura Do Feijão
(Phaseolus vulgaris L.). / Alexandre Lima de Oliveira ;
orientador, Glória Regina Botelho, coorientador, Gregory
Kruker, 2023.
45 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2023.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Biofertilizante. 3. FBN. 4.
Inoculantes. 5. Rizobactérias. I. Botelho, Glória Regina.
II. Kruker, Gregory. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Agronomia. IV. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia
Rodovia Ulysses Gaboardi Km3
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC
TELEFONE (048) 3721-4174 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

ALEXANDRE LIMA DE OLIVEIRA

Desempenho do Biocomposto Tipo Bokashi e Interação com Bactérias Fixadoras de Nitrogênio na Cultura Do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 09 de novembro de 2023.



Documento assinado digitalmente
Douglas Adams Weiler
Data: 28/11/2023 13:18:05-0300
CPF: ***.111.820-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Gloria Regina Botelho
Data: 28/11/2023 13:10:23-0300
CPF: ***.241.057-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Glória Regina Botelho
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
AMANDA GONCALVES GUIMARAES
Data: 28/11/2023 16:39:27-0300
CPF: ***.578.976-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Amanda Gonçalves Guimarães
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
EDUARDO SCHABATOSKI
Data: 28/11/2023 21:50:40-0300
CPF: ***.276.539-44
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Msc. Eduardo Schabatoski Guidi
Membro da banca examinadora
Universidade Estadual de Santa Catarina

RESUMO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) possui grande importância econômica e social para o Brasil, onde o país possui a terceira maior produção mundial do grão. Os solos brasileiros, predominantemente, ácidos e de baixa fertilidade, diminuem a absorção de nutrientes pelas plantas e comprometem o seu crescimento e desenvolvimento. Por ser uma planta considerada exigente em nutrientes, é necessária a aplicação exógena de fertilizantes para maior produtividade. O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pela planta. O feijoeiro é uma planta leguminosa que possui capacidade de interação simbiótica com bactérias fixadoras de N, especialmente do gênero *Rhizobium*, mas ainda pouco aproveitada. Surgem alternativas viáveis, de baixo custo e impacto ambiental, para aumentar a eficiência desta interação e diminuir o uso de fertilizantes químicos. Neste contexto, objetivou-se testar a eficiência de rizóbios nativos da região da Serra Catarinense, da Coleção de Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), *Campus* Curitibanos, bem como comparar a eficiência do biocomposto tipo bokashi para incremento da nodulação e fixação biológica de nitrogênio na cultura do feijoeiro. O experimento foi realizado em vasos, em casa de vegetação, com Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e em esquema fatorial 4x3, totalizando 12 tratamentos, composto por cinco repetições de cada tratamento, totalizando 60 vasos. Foram quatro tratamentos para inoculação de sementes, com os isolados RBZ14 e RBZ15 (nativos da região do planalto catarinense), tratamento com inoculante comercial contendo a estirpe CIAT899 e sem inoculação. Os tratamentos de adubação foram: biocomposto tipo bokashi, NPK e sem adubação. A cultivar de feijão utilizada foi a IPR Uirapuru, do grupo preto. As avaliações foram realizadas no estádio R6, com 50% das flores abertas, sendo elas: altura de planta (cm), massa úmida e seca de raiz e parte aérea (g), massa de nódulos (g) e nitrogênio total na parte aérea (g N/kg⁻¹M.S). Ao final do ciclo foi avaliada a produtividade de grãos (kg/ha⁻¹). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativos, ao teste de Scott-Knott a 5%. Não houve efeito do biocomposto tipo bokashi em associação com isolados do gênero *Rhizobium* sobre a nodulação e fixação biológica de nitrogênio, porém houve para teor de nitrogênio na parte aérea e parâmetros de produtividade.

Palavras-chave: Biofertilizante; FBN; Inoculantes; Microbioma; Rizobactérias.

ABSTRACT

The cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) has great economic and social importance for Brazil, where the country has the third largest production of the grain in the world. Brazilian soils, which are predominantly acidic and have low fertility, reduce the absorption of nutrients by plants and compromise their growth and development. As it is a plant considered demanding in nutrients, the exogenous application of fertilizers is necessary for greater productivity. Nitrogen is one of the nutrients most required by the plant. Beans are a leguminous plant that has the capacity for symbiotic interaction with N-fixing bacteria, especially from the genus *Rhizobium*, but is still little used. Viable alternatives, with low cost and environmental impact, are emerging to increase the efficiency of this interaction and reduce the use of chemical fertilizers. In this context, the objective was to test the efficiency of rhizobia native to the Serra Catarinense region, from the Collection of Plant Growth Promoting Microorganisms at the Federal University of Santa Catarina (UFSC), Curitibanos *Campus*, as well as to compare the efficiency of the bokashi-type biocomposite for increased nodulation and biological nitrogen fixation in bean crops. The experiment was carried out in pots, in a greenhouse, with a Completely Randomized Design (DIC) and in a 4x3 factorial scheme, totaling 12 treatments, consisting of five replications of each treatment, totaling 60 pots. There were four treatments for seed inoculation, with isolates RBZ14 and RBZ15 (native to the Santa Catarina plateau region), treatment with commercial inoculant containing the CIAT899 strain and without inoculation. The fertilization treatments were: bokashi biocomposite, NPK and no fertilization. The bean cultivar used was IPR Uirapuru, from the black group. The evaluations were carried out at the R6 stage, with 50% of the flowers open, as follows: plant height (cm), wet and dry mass of roots and shoots (g), mass of nodules (g) and total nitrogen in the shoots (g N/kg⁻¹M.S). At the end of the cycle, grain productivity (kg/ha⁻¹) was evaluated. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and, when significant, to the Scott-Knott test at 5%. There was no effect of the bokashi-type biocompound in association with isolates of the genus *Rhizobium* on nodulation and biological nitrogen fixation, but there was an effect on nitrogen content in the shoot and productivity parameters.

Keywords: Biofertilizer; FBN; Inoculants; Microbiome; Rhizobacteria.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FBN Fixação Biológica de Nitrogênio

g Grama

EM Effective Microorganisms – Microrganismos Eficazes

Dr Doutor (a)

% Porcentagem

Eng Engenheiro (a)

IAPAR Instituto Agrônômico do Paraná

Ha Hectare

L Litro (s)

MO Matéria orgânica

NPK Nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (KCl)

Mg Megagrama

RBZ Rizóbio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVOS	9
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivos Específicos	10
1.2 JUSTIFICATIVA	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 ORIGEM DO FEIJÃO	12
2.2 PRODUÇÃO DO FEIJÃO NO MUNDO, NO BRASIL E EM SANTA CATARINA	12
2.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA A CULTURA DO FEIJOEIRO	13
2.4 A FBN E O FEIJÃO	14
2.5 BIOCOMPOSTO TIPO BOKASHI	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 CARACTERÍSTICAS DA CULTIVAR UIRAPURU	18
3.2 ORIGEM DOS RIZÓBIOS NATIVOS	18
3.3 BIOFERTILIZANTE TIPO BOKASHI UTILIZADO	18
3.4 PREPARO DOS INOCULANTES E INOCULAÇÃO DAS SEMENTES	23
3.5 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO	23
3.5.1 Delineamento experimental	25
3.6 TRATOS CULTURAIS	26
3.7 COLETA DAS PLANTAS E PARÂMETROS AVALIADOS	26
3.7.1 Massas úmida e seca de nódulos, raiz e parte aérea	26
3.7.2 Teor de nitrogênio total da parte aérea	27
3.7.3 Quantificação dos nódulos	27
3.7.4 Produtividade da cultura	27
3.7.5 Análise estatística	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 EFEITOS NAS MASSAS DE PARTE AÉREA E RAIZ	29
4.2 TEOR DE NITROGÊNIO DE PARTE AÉREA	32
4.3 NODULAÇÃO	35
4.4 PRODUTIVIDADE DA CULTURA	35
5 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é de grande importância econômica e social para o Brasil. Em nível mundial, onde o país possui a terceira maior produção mundial do grão, ficando atrás apenas de Índia e Mianmar (Coelho, 2021). No ano de 2023, no Brasil foram colhidos 3,068 milhões de toneladas do grão em uma área de 2,69 milhões de hectares, com uma produtividade média de 1.138 kg/ha (CONAB, 2023). Dentre os estados brasileiros em 2023, Santa Catarina foi o oitavo colocado na produção total de feijão e em segundo na produção de feijão do grupo preto. A produção de feijão preto foi de 80,7 mil toneladas, demonstrando a importância da cultura para o país e para o estado de Santa Catarina (CONAB, 2023).

O consumo diário de feijão pela população brasileira é de aproximadamente 142,2 g/dia (IBGE, 2018), sendo um importante item que compõe a cesta básica. Embora seja fonte de vitaminas, proteínas, cálcio, ferro, entre outros nutrientes (Bonett *et al.*, 2007), houve queda no consumo de feijão per capita pelos brasileiros, nos últimos 40 anos.

O feijão é uma espécie da família Fabaceae e pode realizar simbiose com rizobactérias diazotróficas conhecidas como rizóbios. Essas bactérias formam nódulos no sistema radicular das plantas e podem fornecer o nitrogênio (N) à cultura, processo este conhecido como fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Baraúna, 2014; *apud* do Amorim, 2019, p. 11). Porém, o processo simbiótico ainda é pouco efetivo para o feijoeiro, em função da alta seletividade da planta hospedeira no recrutamento das estirpes de rizóbio. A adaptação às condições edafoclimáticas de cada região pelas bactérias inoculadas é mais um fator limitante (Franciscon, 2014). Outra dificuldade é no estabelecimento das estirpes inoculadas, pois há competição com os rizóbios nativos (endêmicos, presentes no solo), o que torna ainda mais complexa a simbiose (Cavalcante, 2017).

Para o aumento da produção, ainda se utiliza adubação nitrogenada solúvel, o que acarreta em maiores gastos de produção (Gerlach, 2013). Além dos custos econômicos, o nitrogênio em excesso no solo pode causar efeitos negativos no meio ambiente, podendo ser volatilizado e perdido para a atmosfera na forma de amônia (NH₃) ou por lixiviação do nutriente até corpos d'água na forma de nitrato (NO₃), causando contaminação das águas e lençol freático (Franciscon, 2014).

O processo de transformação do nitrogênio atmosférico (N₂) para nitrogênio em formas assimiláveis pela planta se torna dificultado em condições climáticas inadequadas,

pois as condições edafoclimáticas exercem influência no metabolismo das bactérias, plantas e da microbiota do sistema solo-planta (Mendes *et al.*, 2010). Diante das dificuldades encontradas na efetivação da simbiose e dos problemas ambientais mencionados, o biocomposto tipo bokashi se configura como uma possível biotecnologia para condicionar o sistema solo, atenuar as condições edáficas limitantes, e auxiliar de forma sustentável a substituição e redução da utilização de fertilizantes minerais solúveis (Kruker, 2023).

A produção do biocomposto tipo bokashi é derivada de uma técnica milenar de reciclagem de materiais orgânicos, com origens no leste asiático, sendo introduzida no Brasil, ao final da década de 1980 por imigrantes (Silva *et al.*, 2020). Constitui-se em um processo de semi decomposição aeróbia e termofílica, derivado de uma mistura de materiais orgânicos de origem vegetal, mineral e animal, mediado por uma comunidade diversa de microrganismos, os quais também são descritos como EM's (Efficient microorganisms) (Higa, Paar 1994; Siqueira, 2013). A utilização deste biocomposto se destaca pela introdução de comunidades de microrganismos benéficos ao sistema solo-planta (Kruker, 2023). Os microrganismos atuam na biorregulação de organismos do meio, além de conter substâncias bioativas, como hormônios e complexos enzimáticos, disponibilizando uma gama de macro e micronutrientes sob a forma de quelatos orgânicos, que não se perdem facilmente por volatilização ou lixiviação, após a sua aplicação (Siqueira, 2013).

Existem poucos estudos na literatura em que se avaliou a eficiência do biocomposto tipo bokashi na cultura do feijão, assim como o efeito dos microrganismos na nodulação em raízes do feijoeiro. A aplicação do biocomposto “tipo” bokashi ao solo poderá auxiliar no estabelecimento, crescimento e proliferação de rizóbios, promovendo maior nodulação e FBN. Podem também atuar na biofortificação do feijoeiro, elevando o teor de nutrientes essenciais para as plantas como, Cálcio, Mg e K (Kruker, 2023).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do biocomposto tipo bokashi em associação com isolados de rizóbios sobre a nodulação, fixação biológica de nitrogênio e parâmetros de produtividade na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

1.1.2 Objetivos Específicos

Comparar a eficiência dos isolados de rizóbios endógenos em parâmetros de produtividade do feijoeiro;

Quantificar o teor de nitrogênio na parte aérea das plantas para estimar a translocação;

Investigar a dinâmica da nodulação nas plantas de feijão;

Avaliar a interação entre a adubação e a inoculação.

1.2 JUSTIFICATIVA

O estado de Santa Catarina, nas safras 2021/2022 e 2022/2023 ficou em segundo lugar na produção de feijão preto dentre os estados do Brasil, com produção de 84,1 mil toneladas do grão, superado apenas pelo Paraná (CONAB, 2022). Dentre os municípios do estado, Curitibanos, na primeira safra 2022/2023, ficou em sexto lugar na produção de feijão, considerando todos os tipos de feijão. No entanto, a produtividade do município foi a segunda maior, sendo de 2338 kg/ha⁻¹, demonstrando o alto potencial produtivo da região (Epagri, 2023). A contribuição do feijão não é apenas econômica, no sentido de gerar renda, mas também nutricional, por ser um dos alimentos mais importantes da humanidade, sendo fonte de ferro, fósforo, vitaminas, cálcio, entre outros nutrientes (Epagri, 2018).

Nos últimos anos, apesar de quantidades satisfatórias de produtividade, houve queda nas áreas cultivadas da região, demonstrando que os produtores estão reduzindo suas áreas de cultivo, devido, principalmente, aos elevados custos de produção (Epagri, 2018). Existem estudos que demonstram que a aplicação de doses de nitrogênio exógeno abaixo do recomendado a partir de análise de solo, podem limitar o rendimento e doses acima do recomendado podem causar acamamento na cultura dificultando a colheita. Também podem causar efeitos negativos ao meio ambiente, como a contaminação de lençóis freáticos com a lixiviação de NO₃ e eutrofização de corpos d'água, causado pelo acúmulo de nitrogênio com outros resíduos, como o fósforo, por exemplo. (Tejo, 2021). Uma solução para redução do uso de fertilizantes exógenos de alta solubilidade na cultura é melhorar a eficiência da fixação biológica de nitrogênio FBN, pois, pelo fato do feijoeiro ser uma planta da família Fabaceae (leguminosa) é capaz de realizar simbiose com bactérias diazotróficas denominadas rizóbios, especialmente do gênero *Rhizobium* que fornece nitrogênio para a planta (Tejo, 2021).

Neste sentido, a busca por alternativas que aumentem a nodulação e melhorem o processo de FBN no feijoeiro é pertinente, uma vez que é necessário que sejam descobertas formas eficazes, mais rentáveis e menos prejudiciais ao meio ambiente, essas devem ser propagadas e incentivadas. Atualmente, há pesquisas que enfatizam o uso de adubação orgânica para melhorar o desempenho das plantas cultivadas, em especial, formulações do biocomposto tipo bokashi ganham destaque ao ser biotecnologias que se adaptam aos diferentes arranjos produtivos locais. Algumas contribuições promovidas pelo mesmo são a liberação gradual e residual de nutrientes, além da ausência de contaminantes microbiológicos e metais pesados, e menores taxas de lixiviação ou volatilização dos nutrientes contidos no biofertilizante. Uma outra vantagem é o aumento na quantidade e atividade de microrganismos no solo, como, fungos, actinomicetos e bactérias, bem como, fonte de nutrientes e substâncias bioativas para as plantas (Siqueira, 2013).

A partir disso, espera-se relação positiva entre a inoculação com rizóbios e a aplicação do biocomposto tipo bokashi, com reflexos no incremento em produção de matéria seca, FBN e produtividade. Espera-se também, boa relação dos isolados nativos, com o sistema solo-planta, estes isolados que estão presentes no Laboratório de Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas (LMPCP) da UFSC, *Campus* de Curitibanos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ORIGEM DO FEIJÃO

Os estudos sugerem diferentes origens para o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (Straliotto, 2000). O centro de origem primário do feijão é nas Américas, sendo que o *P. vulgaris* possui 3 centros principais de domesticação: México (América Central), norte da Argentina e sul do Peru (região andina) e a Colômbia (ACOSTA-GALLEGOS *et al.*, 2007). O feijão faz parte da história e está entre os alimentos mais antigos cultivados pelo ser humano. Na Grécia e no Egito eram conhecidos como o símbolo da vida. Já os romanos utilizavam o feijão em festas de gastronomia e até mesmo, para fazer pagamento de apostas. Os historiadores acreditam que o feijão foi disseminado pelo mundo inteiro em decorrência das guerras, por ser consumido por soldados e, também por exploradores (Embrapa, 2000).

2.2 PRODUÇÃO DO FEIJÃO NO MUNDO, NO BRASIL E EM SANTA CATARINA

Motivados pela intensa industrialização e urbanização, na década de 1960 ocorreu um grande êxodo rural por parte de muitos agricultores familiares, que cultivavam feijão e, em sua maioria, praticavam agricultura de subsistência (Devens, 2007). O abastecimento interno causou preocupação pela oferta reduzida. Neste período, a produtividade girava em torno dos 600 kg.ha⁻¹. A partir da década de 70, influenciada pela revolução verde, a agricultura foi sendo modernizada, fazendo com que houvesse transformações no campo (Pelegri, 2017). Porém, este processo exerceu maior influência nas culturas destinadas à exportação e agroindústrias, enquanto culturas como o feijão e a mandioca foram colocadas em segundo plano e a agricultura familiar desestimulada (Devens, 2007).

Na década de 1980, as universidades, juntamente com instituições oficiais de pesquisa, reestabeleceram medidas técnicas e um conjunto de práticas de valor significativo para aumentar a produtividade do feijão (Pelegri, 2017). Algumas das medidas se baseavam em correções de solo, adubações, mecanização nos processos de produção, controle químico de fitopatógenos e insetos-praga, desenvolvimento de cultivares mais adaptadas, entre outras. Todas essas medidas foram cruciais no aumento da produtividade (Pelegri, 2017).

Em nível mundial, os principais produtores de feijão são Mianmar, Índia, Brasil, China, México, Tanzânia, Estados Unidos, Quênia, Uganda e Ruanda (Coelho, 2021). Já os

principais exportadores, geralmente, são Mianmar, Índia, China, Bangladesh, Estados Unidos e Egito. No Brasil, a região nordeste possui a maior área cultivada com feijão (CONAB, 2023). Sua área é maior que a soma dos estados pertencentes às regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste, entretanto, a produtividade é menor (Faostat, 2021). O estado da Bahia foi o estado com maior tamanho de área plantada com 432,1 mil ha⁻¹, sua produtividade foi de 709 kg/ha⁻¹ e sua produção de 306,3 mil toneladas (CONAB, 2023).

Em relação à safra de 2019/2020, na maioria dos estados houve um aumento na área plantada, possivelmente, por influência de La Niña, que fez com que os produtores atrasassem os plantios de soja e milho (CONAB, 2022). Isto estimulou o plantio de culturas de ciclo relativamente mais curto, como o feijão, aliado aos preços favoráveis de comercialização, aumentando assim a área plantada (Coêlho, 2020). Na safra 2022/2023, os três estados do sul do Brasil obtiveram produção de 903,6 mil toneladas do grão, em uma área de 527,7 mil ha⁻¹, sendo a região que mais produziu no país. Santa Catarina, na safra 2022/2023, teve área total de plantio de 56,8 mil ha⁻¹ produtividade de 1.857 kg/ha⁻¹ e produção de 105,5 mil toneladas (CONAB, 2023).

2.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA A CULTURA DO FEIJOEIRO

O nitrogênio é um nutriente indispensável ao desenvolvimento vegetal do feijoeiro, sendo o mais utilizado e absorvido durante todo o ciclo, principalmente, na fase de florescimento e de enchimento de grão, juntamente com o potássio na fase de enchimento de grão (Junior, 2008). O nitrogênio é um dos nutrientes absorvidos pela planta em quantidades mais elevadas, sendo o feijoeiro uma planta exigente em nutrientes (Crusciol *et al.*, 2007). Estima-se que para produção de 1000 kg de grãos, a cultura do feijão necessite de 35 kg de N (Ambrosano *et al.*, 1996). Esse nutriente pode ser absorvido pela planta, a partir da mineralização da matéria orgânica do solo, fornecido a partir de adubação exógena ou pelo processo de fixação biológica realizada pelos rizóbios (Mendes *et al.*, 2010). Devido ao sistema radicular pouco profundo e o ciclo, desde a semeadura até o ponto de colheita, ser curto, a planta se torna ainda mais exigente em nutrientes, prontamente disponíveis e de fácil absorção (Rosolem, 1994).

Em solos com matéria orgânica (M.O) abaixo de 2,5%, é recomendado 70 Kg de N/ha⁻¹. Porém, como as expectativas de rendimento para o estado de Santa Catarina são maiores e as condições de cultivo possibilitam isto, adiciona-se se mais N em cobertura,

sendo que para expectativas de 2,0 t/ha⁻¹ a mais, se adiciona 20 kg de N/ha⁻¹ para cada tonelada de grão a serem produzidos (CQFS, 2016). Na semeadura, é recomendado fazer inoculação de sementes e aplicação de 10 a 20 kg de N/ha⁻¹, dependendo da quantidade de M.O do solo (CQFS, 2016).

Nos estádios fenológicos V3 ou V4 (fases vegetativas), deve-se observar a eficiência da nodulação no sistema radicular, para então verificar a necessidade de aplicação de N em cobertura (Rosolem, 1994). Os nódulos estão ativos, quando em seu interior, possui a coloração avermelhada, devido a presença da leghemoglobina (Andraus, 2013; Mylona, 1995). Embora o feijão seja uma leguminosa capaz de fixar o nitrogênio de forma biológica, esse processo geralmente não supre todas as necessidades exigidas pela cultura (Mendes *et al.*, 2010). Caso a nodulação não tenha sido adequada, as doses de N aplicadas em cobertura devem seguir as recomendações do Manual de Adubação e Calagem e ajustadas, conforme as condições climáticas, desenvolvimento da cultura e disponibilidade de água (CQFS, 2016).

Normalmente a recomendação é aplicar 1/3 na semeadura e 2/3 até os 25 dias de emergência da cultura, em cobertura (CQFS, 2016). A deficiência nutricional por nitrogênio no feijoeiro é notável visualmente quando ocorre clorose nos folíolos das folhas mais velhas, estas caem prematuramente, as nervuras se tornam mais destacadas do fundo. Com o avanço da deficiência, a clorose se acentua, podendo aparecer áreas esbranquiçadas no limbo foliar (Rosolem, 1994).

2.4 A FBN E O FEIJÃO

A FBN é considerada o segundo processo biológico mais importante do planeta, depois da fotossíntese (Moreira; Siqueira, 2006). É o processo no qual o nitrogênio (N₂) que está presente na atmosfera, é convertido/reduzido para formas que as plantas conseguem absorver e utilizar (compostos amoniacaís). Essa reação é catalisada pelo complexo enzimático nitrogenase, que é exclusivo de um grupo denominado bactérias diazotróficas, do qual faz parte rizóbios e *Bradyrhizobium*, simbioses de leguminosas (Mendes *et al.*, 2010; Vessey, 2004, tradução própria).

A FBN simbiótica ocorre quando há associações mutualísticas entre a espécie vegetal da família Fabaceae e bactérias, em que o N é colocado de imediato à disposição da planta hospedeira, na forma de amônia (Junior, 2008). De acordo com Vidor *et al.*, (1983 *apud* Kusdra, 2003) a FBN assimbiótica é promovida por bactérias de vida livre, no qual o N

é transformado em formas orgânicas para atendimento de necessidades metabólicas do microrganismo e, apenas após sua morte, o N fica disponibilizado para as plantas.

A nodulação do feijoeiro é considerada adequada, quando o número de nódulos por planta é superior a 20 (Pelegri, 2009). A FBN é eficiente quando a coloração interna dos nódulos é avermelhada e a cor das folhas das plantas é verde intenso, o que indica que a planta está suprida de N, decorrente da simbiose rizóbio/planta (CQFS, 2016). Porém, existem diversos fatores bióticos e abióticos que podem limitar a FBN e a simbiose. Dentre os fatores bióticos, a competitividade de rizóbios nativos do solo com as estirpes inoculadas nas sementes, além de ataque de pragas e doenças (Figueiredo; Junior, 2008). Uma estratégia para mitigar as limitações da FBN é a seleção de estirpes competitivas e eficientes (Junior, 2008).

Os principais fatores abióticos que podem afetar a nodulação são temperatura inadequada (acima de 31°C), alta acidez do solo, deficiência de cobalto e molibdênio do solo ou déficit hídrico (Straliotto, 1999). Em lugares com longos períodos de estiagem (V0 a V4), já foram observadas reduções drásticas nas populações de rizóbios (Junior, 2008). Alguns rizóbios endógenos conseguem se manter vivos na ausência de plantas hospedeiras, mas não por períodos muito prolongados. A temperatura elevada pode modificar a parede celular dos rizóbios, deixando-a mais espessa, na tentativa de perder menos água para o ambiente. A maioria dos rizóbios não são adaptados a solos ácidos (Junior, 2008).

2.5 BIOCÓMPOSTO TIPO BOKASHI

O bokashi é um fertilizante orgânico de origem japonesa, na tradução de sua língua original, “bokashi” significa “matéria orgânica fermentada”. Esse biocómposto possui características que melhoram as condições biológicas do solo e a disponibilidade de nutrientes para as plantas (Grinberg, 2022). Para a elaboração do biocómposto é necessário, além de fontes de matéria orgânica, o uso de inoculantes biológicos conhecidos como microrganismos eficazes (EM's), que são microrganismos que auxiliam no processo de decomposição da MO. São obtidos a partir da captura nos solos ou produtos comerciais que aceleram o processo de compostagem (Higa; Parr, 1994; Epagri, 2019).

Existem dois métodos de semi-decomposição: aeróbia (com a presença de oxigênio) em que o produto é finalizado, em média de 14 dias, e anaeróbia (sem a presença de ar) finalizado, em 21 dias (Magrini, 2011). Em locais mais quentes, o processo pode levar menos tempo para atingir a estabilização do composto (Siqueira, 2013). Focando na elaboração do

biocomposto tipo bokashi a partir de metabolismo aeróbio, os ingredientes-base são misturados e homogeneizados, e posteriormente a mistura-base é arranjada em formato de leira trapezoidal, em condições de espaço com cobertura (Kruker, 2022). Ao longo do processo de bio-oxidação da matéria orgânica, fontes de carbono de fácil decomposição são oxidadas pelos microrganismos, liberando calor e CO₂ no meio, o que requer o revolvimento da leira para proporcionar condições adequadas à continuidade do processo. A bioestabilização do composto ocorre a partir do momento que a temperatura se mantém constante, em equilíbrio com a temperatura do meio externo, e com o biocomposto apresentando características como ausência de odores fétidos, coloração escura e aspecto arenoso (Kruker, 2022).

Não existe uma formulação padronizada para a fabricação do bokashi, uma vez que suas bases são empíricas e variam, adaptando-se a diferentes finalidades (Grinberg, 2022). A composição se ajusta, conforme a disposição dos insumos presentes no local ou conforme a aquisição de fabricantes (Souza *et al.*, 2022). Alguns microrganismos são comumente encontrados nesse biocomposto. Em trabalhos anteriores de Xu (2001) foram observadas algumas espécies encontradas nas misturas de EM e do biocomposto bokashi, como: *Saccharomyces cerevisiae* e *Candida utilis* (leveduras), *Streptomyces albus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*, *Rhodopseudomonas palustris* (bactérias), *Streptomyces griseus* (actinomicetos) e fungos como *Mucor Hiemalis* e *Aspergillus oryzae*.

Recentemente, Kruker (2023), a partir de análises metagenômicas encontrou comunidades de bactérias como, *Bradyrhizobium sp.*, *Bacillus sp.*, *Azospirillum sp.*, *Marinobacter sp.*, *Halomonas sp.*, *Galbibacter sp.*, entre outros gêneros. Em estudos de Magrini (2011) foram encontrados alguns grupos de fungos como *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Rhizopus sp.*, *Penicillium sp.*, entre outros gêneros, que são responsáveis pela degradação da M.O, liberação de compostos para o meio, e dessa forma contribuindo para a fertilidade do solo (Magrini, 2011). O uso de biofertilizantes, tais como o tipo bokashi, possui finalidades de nutrição de plantas, estruturação e aumento da comunidade de microrganismos funcionais do solo, bioativação e restabelecimento de microrganismos benéficos presentes no solo, aumento das taxas de ciclagem de nutrientes, aumento da resistência a fitopatógenos pelas plantas, bem como incremento da produtividade agrícola (Bomfim, 2016).

Com relação à disponibilidade de nutrientes, observou-se em trabalhos de Magrini (2011) que, com o passar dos dias, sob o processo de compostagem e estabilização do

bokashi, houve aumento na concentração dos elementos potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), fósforo (P) e ferro (F), sendo encontrados também elementos como nitrogênio (N) e zinco (Zn).

Kruker (2022) encontrou no biocomposto teores de macronutrientes, sendo: 1,31% de N, 1,86% de K, 3,51% de Ca, entre outros utilizados pelas plantas. Teores de micronutrientes também foram encontrados, tais como: 40,75 mg. kg⁻¹ de boro (B), 281,37 mg. kg⁻¹ de zinco (Zn), 574,14 mg. kg⁻¹ de manganês, entre outros.

Os parâmetros utilizados para avaliar a qualidade do biocomposto bokashi foram determinados com base nos parâmetros de qualidade de composto orgânico, pois não há legislação específica aplicada a essa classe de bioinsumo. Tanto o composto orgânico, como o biocomposto tipo bokashi são o produto da oxidação biológica de uma mistura de materiais orgânicos, minerais e animal, em condições adequadas de temperatura e umidade (Sag, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DA CULTIVAR UIRAPURU

A cultivar IPR Uirapuru foi submetida para registro e proteção no Ministério da Agricultura no ano de 2000. É uma cultivar do grupo preto, desenvolvida pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), com características de ampla adaptação. Apresenta ciclo médio de 86 dias da emergência até a colheita, com média de 43 dias até o florescimento. Seu porte ereto facilita a colheita mecânica, juntamente com sua maturação uniforme. Possui ciclo indeterminado (tipo II). Seu potencial produtivo é de 3.759 kg.ha⁻¹ (IAPAR, s.d.). O zoneamento agrícola de risco climático - ZARC para a cultura do feijão, no estado de Santa Catarina, para a cultivar IPR Uirapuru, é de setembro até dezembro variando conforme o tipo de solo (MAPA, 2022).

3.2 ORIGEM DOS RIZÓBIOS NATIVOS

Os rizóbios nativos ou endógenos (RBZ14 e RBZ15) foram isolados pela atual Eng. Agrônoma Janaína Lisot, no ano de 2016, na época sendo para realização de seu TCC. Os rizóbios são provindos de nódulos de feijão cultivados em uma região chamada Horizolândia, no interior de Curitiba, município localizado no planalto de Santa Catarina. Hoje, esses rizóbios se encontram no Banco de Germoplasma do Laboratório de Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas (LMPCP) da UFSC de Curitiba (Lohn, 2019). Os rizóbios RBZ14 e RBZ15 já foram testados em laboratório, onde foi constatado que os mesmos apresentam mecanismos de solubilização de fosfato, que auxilia a planta na absorção do nutriente fósforo e, mecanismos de produção de Ácido Indol Acético (AIA), regulador de crescimento de planta. Os isolados utilizados para este experimento foram escolhidos por terem se mostrado mais eficientes em experimentos passados, sendo testados em casa de vegetação e em campo pelos atuais Eng. Agrônomos Camila Wibbelt (2019), Matheus Aroni (2020), André Valderrama (2020) e Gabriela Izidoro (2021).

3.3 BIOFERTILIZANTE TIPO BOKASHI UTILIZADO

O biocomposto tipo bokashi utilizado para este experimento foi produzido e disponibilizado pela empresa Menuai - Bioinsumos e Pesquisa, situada no interior do município de Lages - Santa Catarina. Os ingredientes-base foram selecionados a partir da disponibilidade de matérias primas regionais, sendo a maioria delas insumos destinados à produção agropecuária, sendo elas: mistura compostada de esterco de aves poedeiras e bovinos, terra preta, farelo de cereais, pó de rocha silicática Dacito, carvão vegetal, cinza de biomassa de madeira, melado, biofertilizante vegetal fermentado, leveduras, microrganismos purificados (EM) e água. O biocomposto foi peneirado em malha de 8mm para padronização do tamanho de partículas.

A análise química do bokashi foi realizada pela Fundação ABC: Matéria Seca (79,12%), Densidade ($0,8 \text{ g.cm}^{-3}$), Umidade (1,53%), M.O (16,25%), Carbono Orgânico (7,39%), pH (8,03), CTC ($153,42 \text{ mmol.c.kg}^{-1}$) Ácido Fúlvico (1,05%), Ácido Húmico (1,15%), N (0,63%), P (0,44%), K (1,04 %), Ca (2,04%), Mg (0,56%), S (0,19%), Na (0,2%), Fe (1,8%), Cu ($129,99 \text{ mg.kg}^{-1}$) Zn ($166,05 \text{ mg.kg}^{-1}$), B ($20,06 \text{ mg.kg}^{-1}$), Mn ($397,6 \text{ mg.kg}^{-1}$), Cd (N.D), Pb ($3,98 \text{ mg.kg}^{-1}$), Co ($2,43 \text{ mg.kg}^{-1}$), Cr ($8,26 \text{ mg.kg}^{-1}$), Mo ($0,99 \text{ mg.kg}^{-1}$), Ni ($3,18 \text{ mg.kg}^{-1}$), Se (N.D), Cloro solúvel em água (0,32%).

O conteúdo de M.O, pH, N total, e relação C/N das pilhas estava de acordo com os requisitos mínimos para classificação como Fertilizante Orgânico Classe “A” (INN, 2015).

Na Figura 1 consta o resultado da análise metagenômica realizada no biocomposto tipo bokashi, com a lista dos 10 gêneros de maior ocorrência na amostra para o grupo de bactérias e fungos, e na Figura 2 está a distribuição e estrutura dos principais filos de bactérias e fungos, de ocorrência no biocomposto. Em relação às bactérias: Sequências classificadas a nível de espécie: 3461, e número total de unidades taxonômicas operacionais identificados (OTUs): 1059. Já para fungos foram sequências classificadas a nível de espécie: 394 e OTUs: 128.

Figura 1 - Lista de dez gêneros de bactérias e fungos de maior ocorrência em amostra do biocomposto tipo “bokashi” por análise metagenômica.¹

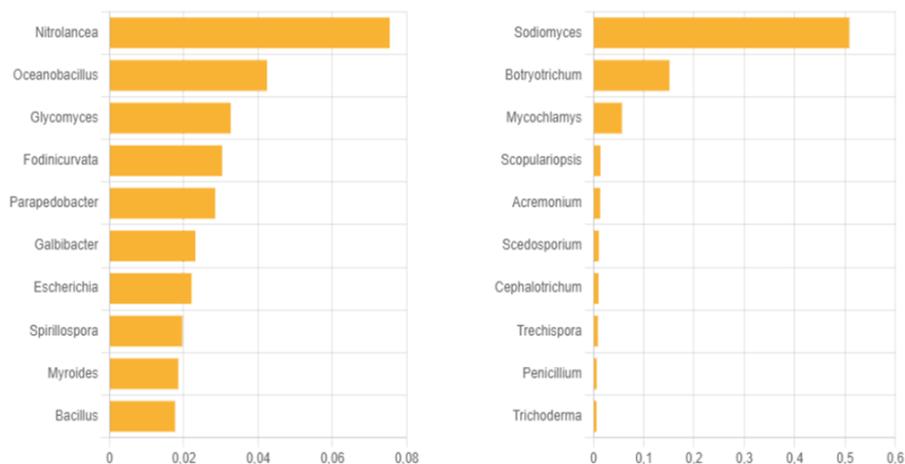
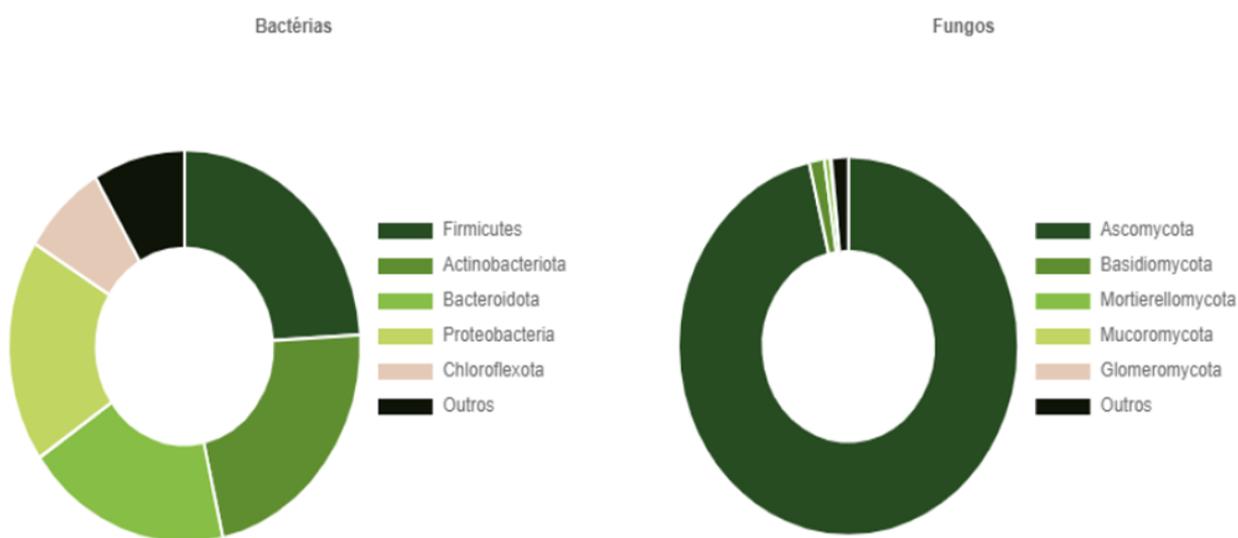


Figura 2 – Composição dos filos bactérias e fungos de maior ocorrência em amostra do biocomposto tipo bokashi por análise metagenômica.¹



Os EM 's foram capturados do solo da mesma região de produção do biocomposto, em mata nativa, na propriedade de um produtor orgânico. As colônias foram ativadas adicionando água, farelo de arroz e melado, para obter uma formulação líquida. Em seguida, os EM's foram aplicados na diluição de 1,0% sobre a leira da compostagem que continha os materiais descritos na tabela 1 (Kruker, 2023).

¹ Fonte: Kruker, 2023 (adaptado do software Agri-Analysis)

Figura 3. Biocomposto tipo bokashi pronto para uso.



Fonte: Kruker (2023).

Tabela 1 – Materiais e quantidades para fabricação de 10 Mg de Biofertilizante tipo bokashi

Material	Quantidade (%)
Cama de ave	27,42%
Solo	27,42%
Casca de arroz	27,42%
Farelo de arroz	1,37%
Pó de rocha Dacito	9,51%
Melado	0,034%
Cinza de madeira	1,00%
Carvão	1,37%
Leveduras	0,03%
Água	Até atingir umidade visível

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kruker, 2023.

3.4 PREPARO DOS INOCULANTES E INOCULAÇÃO DAS SEMENTES

Primeiramente foram produzidos os inóculos contendo os isolados RBZ14 e RBZ15. Em tubos de ensaio (previamente esterilizados) contendo 10 mL de meio de cultivo Luria Bertani (LB) líquido (Miller, 1987), foram inoculados os isolados RBZ14 e RBZ15 a 27,5 °C

por 48 horas. Após este processo, uma alíquota de 10 mL de cada suspensão bacteriana foi transferida para béqueres contendo 1 g de turfa esterilizada. Essa quantidade foi resultado da adaptação à proporção de 50 kg de sementes para 100g de inoculante, que é recomendado para inoculantes comerciais. Os béqueres foram mantidos por 72 horas a 27,5 °C até o dia da semeadura.

Para a inoculação das sementes foram utilizados sacos plásticos para misturar as sementes com a turfa inoculada e adicionados 5 mL de solução açucarada (10%), também baseados na recomendação de inoculantes comerciais. Para o tratamento com o *Rhizobium tropici* (estirpe CIAT 899) foi utilizado 1 g do inoculante comercial, de acordo com as recomendações do fabricante. No tratamento controle, foram adicionados soluções açucaradas à turfa não inoculada submetida ao mesmo procedimento descrito acima.

3.5 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

A semeadura do feijão foi realizada no dia 08 de dezembro de 2022 e o experimento foi conduzido até 08 de março de 2023, totalizando 90 dias. A condução foi em casa de vegetação, localizada no *Campus* da UFSC de Curitibanos (27°17'04,7"S; 50°31'58,7"W). O solo utilizado foi coletado na área agroecológica da fazenda experimental da UFSC do *Campus* de Curitibanos, retirando a vegetação da camada superficial, e coletando porções de solo da camada de 0,00 - 0,20 m, onde nesta área, não são utilizados agrotóxicos e fertilizantes químicos. O tipo de solo da região é caracterizado como Cambissolo Húmico (Embrapa, 2011).

Para a montagem do experimento, o solo foi seco ao ar e destorroado em peneira de 4 mm para homogeneização das partículas, e, retirada de materiais orgânicos grosseiros e facilitar a semeadura. Os vasos (11 L) foram preenchidos com solo devidamente adubado (fertilizantes químicos ou biocomposto). As quantidades de adubação química foram determinadas a partir da interpretação da análise de solo (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise de solo da área experimental.

Atributos	Valor de referência (0,00-0,20 m)
MO (g.dm ⁻³)	36,77

P (mg.dm ⁻³)	7,70
K (mg.dm ⁻³)	62,40
Ca (cmolc.dm ⁻³)	9,41
Mg (cmolc.dm ⁻³)	4,59
Al (cmolc.dm ⁻³)	0,00
H + Al (cmolc.dm ⁻³)	4,28
pH CaCl ₂	5,60
SB (cmolc.dm ⁻³)	14,16
CTC pH7 (cmolc.dm ⁻³)	18,44
Zn (mg.dm ⁻³)	1,90
Fe (mg.dm ⁻³)	20,88
V (%)	76,79
Mn (mg.dm ⁻³)	11,10
Cu (mg.dm ⁻³)	4,70

Fonte: Autor (2023) com base em Solanalise (2021).

Nos vasos com a adubação com biocomposto tipo bokashi foram misturados ao solo 47 g por vaso, quantidade referente a 10 Mg/ha⁻¹ de acordo com recomendações de Kruker (2023). Nos vasos com a adubação de fertilizante solúvel NPK, as quantidades foram de 0,52 g/vaso de ureia (N) (50 kg N/ha⁻¹), 0,82 g/vaso de superfosfato triplo (P₂O₅) (80 kg P₂O₅/ha⁻¹) e 0,62 g/vaso de cloreto de potássio (KCl) (133 kg KCl/ha⁻¹). A semeadura foi realizada manualmente com auxílio de pinça e cada vaso recebeu três sementes. Os vasos foram identificados com placas de acordo com seus tratamentos e repetições (figura 1). A irrigação foi realizada regularmente conforme a necessidade da cultura.

Figura 4 - Experimento instalado em casa de vegetação do campus da UFSC de Curitibanos.



Fonte: Autor (2022).

3.5.1 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e por se tratar de análise de dois fatores simultaneamente, foi em esquema fatorial 4x3, em que foram testados quatro tratamentos de inoculação de sementes e três tratamentos de adubação (tabela 3), totalizando doze tratamentos. Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento, totalizando 60 vasos em avaliação.

Tabela 3 – Descrição dos tratamentos avaliados no estudo, dispostos em esquema fatorial.

T1		T2		T3	
Sem inoculação	Sem adubação	Sem inoculação	Biocomposto tipo bokashi	Sem inoculação	NPK
T4		T5		T6	
RBZ14	Sem adubação	RBZ14	Biocomposto tipo bokashi	RBZ14	NPK
T7		T8		T9	
RBZ15	Sem adubação	RBZ15	Biocomposto tipo bokashi	RBZ15	NPK
T10		T11		T12	
CIAT899	Sem adubação	CIAT899	Biocomposto tipo bokashi	CIAT899	NPK

Fonte: Autor (2023).

3.6 TRATOS CULTURAIS

Durante o ciclo da cultura foi observado a ocorrência de plantas espontâneas nos vasos, as quais foram arrancadas e levadas para fora da casa de vegetação, sendo esse manejo realizado a fim de não ocorrer competição com o feijoeiro, e na tentativa de explorar o seu máximo potencial produtivo. Houve também ataques severos de mosca branca (*Bemisia tabaci*), o que reduziu o potencial da cultura e prejudicou a produção de nódulos para a FBN. “[...]Entre as pragas que atacam o feijoeiro, as moscas-brancas causam prejuízos fitossanitários e econômicos, principalmente pela transmissão do Vírus do Mosaico Dourado do Feijoeiro (VMDF) [...]” (Barbosa *et al.*, 2004).

Foram aplicados inseticidas a fim de controlar a população da praga e evitar a perda do experimento. Os inseticidas aplicados foram Connect, do grupo dos neonicotinoides, sistêmico, com 100 g/L de Imidacloprido + 12,5 g/L de Beta-Ciflutrina na dose de 800 ml/ha⁻¹ e o inseticida Platinum neo, do mesmo grupo químico, sistêmico, com 100 g/L de Tiametoxan + 106 g/L de Lambda-cialotrina.

3.7 COLETA DAS PLANTAS E PARÂMETROS AVALIADOS

Aos 60 dias após a semeadura (DAS), uma planta de cada vaso foi coletada para as análises descritas abaixo. As plantas se encontravam em estágio reprodutivo R6, com 50% de suas flores abertas. Neste estágio ocorre o ápice de translocação do nitrogênio na planta (Lalonde *et al.*, 2003).

3.7.1 Massas úmida e seca de nódulos, raiz e parte aérea

No dia da coleta, as plantas foram divididas em três partes (nódulos, raiz e parte aérea). Cada parte foi pesada separadamente em balança de precisão para obter a massa úmida. Após, as partes foram armazenadas em saco de papel e levadas à estufa de circulação forçada de ar a 50°C onde ficaram por sete dias, até atingir peso constante. Em seguida, as partes foram pesadas para se obter a massa seca.

3.7.2 Teor de nitrogênio total da parte aérea

A quantificação do N total da parte aérea foi feita a partir do método de Kjeldahl, descrito por Tedesco (1995). Para tal, após a pesagem das massas secas da parte aérea, essas foram trituradas e passadas em peneira de 250mm. Amostras de 1g foram pesadas e colocadas em tubos de ensaio para realizar a quantificação de N.

A base do processo é a digestão da amostra a aproximadamente 380 °C, misturada com ácido sulfúrico concentrado e sulfato de cobre. A solução digerida passa por um processo de destilação, por arraste de vapor. O N presente na amostra se transforma em sal amoniacal e desse sal, desloca-se o amônio com solução de ácido bórico. Por titulação com ácido sulfúrico diluído 0,0125 M, é determinada a quantidade de N da amostra (Carvalho *et al.*, 2002).

3.7.3 Quantificação dos nódulos

Os nódulos foram retirados das raízes com auxílio de pinça e foram classificados de acordo com sua coloração interna e pesados para determinar massas úmida e seca, após a secagem. De acordo com Mylona (1995) os nódulos que apresentam coloração avermelhada são nódulos ativos, relacionados à ação da leghemoglobina. Já aqueles de coloração esbranquiçada, são considerados inativos.

3.7.4 Produtividade da cultura

Passados 90 dias após a semeadura (DAS), as plantas foram colhidas e os grãos foram separados das vagens para determinação da produtividade de grãos. Os grãos permaneceram secando para perderem a umidade, armazenados em sacos de papel kraft devidamente identificados de acordo com o tratamento, para determinação da produtividade. Uma amostra de 300g de grãos foi colocada no equipamento Motomco 999-ESI da empresa Cultivar para a aferição da umidade dos grãos, constatando-se 15,4%. Após a pesagem, a transformação utilizada foi de gramas/planta para kg/ha^{-1} e uma população de 200.000 plantas/ ha^{-1} , para realização das comparações com outros resultados.

3.7.5 Análise estatística

Os resultados dos parâmetros avaliados no feijoeiro em relação às variáveis altura de planta, massa úmida e seca de raiz e parte aérea, teor de nitrogênio na parte aérea, número de

nódulos e produtividade, foram submetidos ao teste F a 5% de probabilidade e normalidade (teste Shapiro-Wilk) e, quando detectada a diferença estatística entre os tratamentos (inoculação e adubação) adotou-se o agrupamento de médias Scott-Knott. Todas as análises foram realizadas no programa SISVAR (Ferreira, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou parâmetros de avaliação com diferenças significativas nas inoculações bacterianas (I) e nas adubações (A), individualmente ou para interações, exceto para altura de planta que não apresentou diferença significativa (tabela 4). Os tratamentos apresentaram diferença significativa para as variáveis de massa úmida e massa seca de parte aérea e raiz em relação aos fatores inoculação e adubação (tabela 5). Porém, não houve interação significativa entre os dois fatores.

Tabela 4 - Análise de variância (F calculado) da inoculação e adubação em feijoeiro.

Fatores de variação	GL	AP	MUPA ¹	MSPA ¹	MUR ¹	MSR ¹	TNPA	PROD ¹
Inoculação (I)	3	1,54ns	24,38*	16,28*	15,08*	13,57*	3,72*	4,72*
Adubação (A)	2	1,83ns	18,49*	13,07*	7,25*	5,94*	2,59ns	0,25ns
I*A	6	1,09ns	2,19ns	1,97ns	2,04ns	1,29ns	3,07*	7,69*
Resíduo	48	36	36	36	36	36	48	36
Média		6,40	7,47	3,29	2,07	0,92	45,46	5653,79
CV(%)		11,30	14,66	16,27	16,62	19,66	16,12	12,43

*Significativo no teste F ($p < 0,005$); As médias foram transformadas. GL - grau de liberdade; ns - não significativo; AP - altura de planta; MUPA - massa úmida de parte aérea; MSPA - massa seca de parte aérea; MUR - massa úmida de raiz; MSR - massa seca de raiz; TNPA - teor de nitrogênio na parte aérea; PROD - produtividade.

4.1 EFEITOS NAS MASSAS DE PARTE AÉREA E RAIZ

Tabela 5 - Efeito da inoculação de sementes nas massas de parte aérea e de raiz, sobre as plantas de Feijão variedade IPR Uirapuru, em casa de vegetação. UFSC, Campus Curitibanos, 2023.

Tratamentos	Massa úmida de	Massa seca de	Massa úmida de	Massa seca de
	parte aérea	parte aérea	raiz	de raiz
(gramas por planta).....			
CIAT899	5,88 c	2,47 b	1,80 c	0,71 c
RBZ14	9,28 a	3,64 a	2,59 a	1,15 a
RBZ15	6,49 c	2,60 b	1,76 c	0,82 c
Testemunha	8,22 b	3,38 a	2,14 b	0,99 b
CV (%)	14,66	16,27	16,62	19,66

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

O tratamento com o isolado RBZ14 obteve maior média em relação aos outros tratamentos para massa úmida de parte aérea, seguida da testemunha e posteriormente, do isolado RBZ15 e da estirpe CIAT899 que se igualaram (Tabela 5). Para massa seca de parte aérea, RBZ14 não diferiu estatisticamente da testemunha. Em seguida, os outros dois tratamentos (RBZ15 e CIAT899). O acúmulo de matéria seca está relacionado à absorção de nutrientes pela planta (Kirkby; Romheld, 2007). Além disso, a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro é um indicador crucial de seu crescimento e está diretamente relacionada à produtividade de grãos (Fageria *et al.*, 2008). Portanto, é fundamental compreender como ocorre a acumulação de matéria seca ao longo do ciclo de cultivo do feijão, sendo pertinente avaliar sua quantidade como parâmetro para produtividade (Fageria *et al.*, 2008).

Botelho *et al.* (2023), em testes laboratoriais, constataram que os rizóbios RBZ14 e RBZ15 apresentaram mecanismos de solubilização de fosfato de cálcio, o que pode facilitar a absorção dos nutrientes pela planta. Os isolados também produziram Ácido Indol Acético (AIA), fitohormônio da classe das auxinas, regulador de crescimento de planta, que auxilia no estímulo do crescimento de raízes laterais e adventícias, aumentando a área para absorção de água e nutrientes (Botelho *et al.*, 2023; De Matos *et al.*, 2019). Nos testes, o RBZ14 produziu AIA em maior quantidade em comparação ao RBZ15 (Botelho *et al.*, 2023). Devido a baixa nodulação, possivelmente, foram esses os fatores que contribuíram para o desenvolvimento das plantas, principalmente, no tratamento com o isolado RBZ14, pois apresentou maiores médias para massa de parte aérea e raiz (tabela 5).

Em experimentos anteriores realizados por Valderrama *et al.* (2020) com a cultivar de feijão preto IPR Tuiuiú, os autores também observaram maior desempenho do isolado RBZ14 em relação ao tratamento padrão com o inoculante comercial (estirpe CIAT899) no parâmetro de acúmulo de massa seca de parte aérea e raiz. Soares *et al.* (2006) observaram em seu trabalho em campo que o rizóbio nativo da região de Lavras - MG (UFLA 02-127), foi mais eficiente no acúmulo de massa seca na parte aérea, ao comparar com a mesma estirpe padrão (CIAT 899). A possível explicação foi o fato dos isolados serem nativos (endógenos) de solos regionais e já terem características mais adaptadas às condições edafoclimáticas. Por isso, podem possuir maior interação com o feijoeiro e com a microbiota já presente no solo. O mesmo isolado (RBZ14) se sobressaiu (tabela 5) no acúmulo de massa seca de raiz (1,15 g), evidenciando, através desse resultado, a maior interação com a planta.

Para massa úmida de raiz, RBZ14 se destaca, seguido do tratamento controle e então, RBZ15 e CIAT 899 que se igualam. Wibbelt (2019) observou em seu experimento,

realizado em casa de vegetação, com feijão carioca da cultivar TAA DAMA, que o tratamento com o inoculante comercial CIAT899 e RBZ15+CIAT 899 também não tiveram diferença significativa em relação à massa úmida de raiz.

Um das possíveis explicações para o maior desempenho geral da testemunha, em relação aos tratamentos RBZ15 e CIAT899, é o fato do ataque severo de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) às plantas ainda em estágio vegetativo (V4), causando estresse e, possivelmente, fazendo com que não desempenhassem o total potencial para os parâmetros avaliados. Buso (2014) relatou redução nos componentes agronômicos (massa seca de parte aérea e massa de cem grãos) em genótipos de feijoeiro, quando as plantas sofreram ataques de mosca-branca. Consequentemente, as plantas foram afetadas pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro. A mosca-branca é transmissora do vírus mosaico dourado (Barbosa, 2004).

Tabela 6 - Efeito da adubação na massa de parte aérea e raiz sobre as plantas de Feijão variedade IPR Uirapuru, em casa de vegetação. UFSC, *campus* Curitibanos, 2023.

Tratamentos	Massa úmida de	Massa seca de	Massa úmida de	Massa seca de
	parte aérea	parte aérea	raiz	de raiz
(gramas por planta).....			
Biocomposto tipo bokashi	8,68 a	3,47 a	2,28 a	1,03 a
NPK	7,38 b	3,01 b	2,11 a	0,91 b
Sem adubação	6,33 c	2,58 c	1,82 b	0,81 b
CV (%)	14,66	16,27	16,62	19,66

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

Já em relação aos efeitos da adubação (tabela 6), foi verificado o maior desempenho quando houve a utilização do biocomposto tipo bokashi para massas úmida (8,68 g) e seca (3,47 g) de parte aérea e massa seca de raiz (1,03 g). O tratamento com o biocomposto tipo bokashi não diferiu em relação ao NPK para massa úmida de raiz. Conforme esperado, em geral, o tratamento sem adubação apresentou médias inferiores aos demais, demonstrando a importância da correção nutricional do solo e eficácia das adubações. Esses resultados demonstram que os tratamentos que não receberam adubação tiveram, em alguma parte do seu ciclo, um período de insuficiência de nutrientes para incremento de massa (Hungria *et al.*, 1997).

Conforme resultados de Zanuncio *et al.* (2020), a utilização do bokashi em quatro cultivares de feijão comum, induziu maior incremento na densidade de raízes de feijoeiro

comum e, conseqüentemente, maior massa seca. Kruker (2023) encontrou em seu trabalho, incrementos significativos em fatores agrônômicos (diâmetro e massa seca de raiz e parte aérea) na cultura da beterraba, que interferem na produtividade de hortaliças cultivadas em combinação com biocomposto tipo bokashi, em relação a substratos comerciais. Menciona-se na literatura, os efeitos positivos que os biofertilizantes proporcionam na incremento de fertilidade do solo, o que aumenta a disponibilidade de nutrientes e a atividade biológica e com o tempo, esses efeitos beneficiam o ambiente rizosférico das plantas cultivadas (Barman *et al.*, 2017, tradução própria).

Sistema radicular saudável, vigoroso e bem desenvolvido apresenta maior capacidade em obter água, resistir a estresses hídricos, absorção de nutrientes do solo e armazenamento e síntese de substâncias (Barros, 2013). Os estudos em grandes culturas têm dado maior ênfase a fatores relacionados à arquitetura de planta, na busca por compreender melhor as relações do sistema solo-planta e com isso melhorar ainda mais a eficiência dos processos (Moreira, 2004).

A maior massa seca de raiz e parte aérea no tratamento com o biocomposto tipo bokashi pode estar relacionada à introdução de comunidades de microrganismos que auxiliam na promoção do crescimento vegetal e pelas substâncias bioativas presentes no biocomposto tipo bokashi, sendo que o mesmo estimula processos metabólicos das plantas como a absorção de nutrientes (Bomfim, 2016), restabelece microbiota benéfica, incrementa teores de M.O, nutrientes e carbono no solo, contribui na ciclagem de nutrientes e, colabora com a fertilidade e sustentabilidade do solo (SINGH *et al.*, 2011, tradução própria). A composição inclui substâncias bioativas, cepas de microrganismos ativos e latentes, como solubilizadores de fosfato e potássio, fixadores de nitrogênio, além de subprodutos que estimulam o crescimento vegetal e melhoram a disponibilidade de nutrientes para plantas cultivadas (ZOLLA *et al.*, 2013, tradução própria).

4.2 TEOR DE NITROGÊNIO DE PARTE AÉREA

Em relação ao teor de nitrogênio de parte aérea, os tratamentos apresentaram diferença significativa na interação entre os fatores inoculação e adubação conforme a tabela abaixo.

Tabela 7 - Efeito da inoculação e adubação no teor de nitrogênio na parte aérea (g N/kg⁻¹M.S) sobre as plantas de Feijão variedade IPR Uirapuru, em casa de vegetação. UFSC, Campus Curitibanos, 2023..

Inoculação	Adubação		
	Biocomposto tipo bokashi	NPK	sem adubação
CIAT899	48,65 aA	52,77 aA	50,44 aA
RBZ14	36,45 bA	44,92 aA	52,97 aA
RBZ15	44,60 aA	51,02 aA	37,70 bB
Testemunha	42,91 aA	44,66 aA	38,46 aB
CV (%)	16,12		

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância. Letras minúsculas comparam o efeito da inoculação, na linha. Letras maiúsculas comparam o efeito da adubação, na coluna

Ao observar as inoculações de forma isolada, a estirpe padrão CIAT899 e o isolado RBZ14 obtiveram as maiores médias, seguidas do RBZ15 e por fim a testemunha, conforme o esperado. Isso pode sugerir que mesmo sem FBN adequada, os três isolados tiveram relação positiva com a planta ao incrementar teor de nitrogênio na parte aérea (TNPA) de forma a não comprometer a nutrição, influenciando na translocação do N na parte aérea da planta e, possivelmente, contribuindo com outros fatores de produção.

Wibbelt (2019) em seu trabalho, em condições de casa de vegetação, também observou maior TNPA em seu tratamento com a estirpe padrão CIAT899 e, na sequência, a mesma média para as inoculações RBZ14 e RBZ15. Aroni (2020), por sua vez, em seu trabalho em condições de campo, sob condições edafoclimáticas mais variáveis e instáveis, observou maior média com o isolado RBZ15. Ferreira (2009), avaliando isolados nativos da região amazônica, também em casa de vegetação, encontrou maiores médias com a estirpe CIAT899, se destacando em relação aos outros isolados para TNPA.

Em relação aos efeitos da interação da inoculação com a adubação, a estirpe CIAT899 e a testemunha não tiveram diferenças significativas, o isolado RBZ14 teve maior teor de N com o tratamento sem adubação e RBZ15 com as adubações (biocomposto tipo bokashi e NPK). As maiores médias foram observadas na CIAT 899 e no RBZ14 com as adubações. Estes resultados podem sugerir que ambos os isolados tiveram maior facilidade em converter e disponibilizar os nutrientes contidos no solo, em TNPA para a planta, sugerindo também, eficiência similar do isolado nativo com a estirpe padrão, utilizada comercialmente.

Quanto à interação relacionada às adubações, o tratamento sem adubação foi o único que apresentou diferença significativa com as inoculações (tabela 7) e com médias mais baixas, sugerindo que, por não ter fonte exógena do nutriente, apenas aquela derivada da matéria orgânica degradada e convertida, a planta acumula menos N. As maiores médias foram observadas no tratamento com NPK, em que as plantas acumularam maior teor de nitrogênio (tabela 7). Em trabalhos realizados em campo por Aroni (2020), com a cultivar de feijão TAA DAMA, o tratamento com 100% da dose de nitrogênio também obteve maior teor de nitrogênio na parte aérea. A faixa considerada adequada de teores de nitrogênio de parte aérea é de 30 a 50 g/kg⁻¹ (Ambrosano *et al.*, 1996). Embora tenham ocorrido diferenças significativas, todos os tratamentos ficaram dentro da faixa considerada adequada.

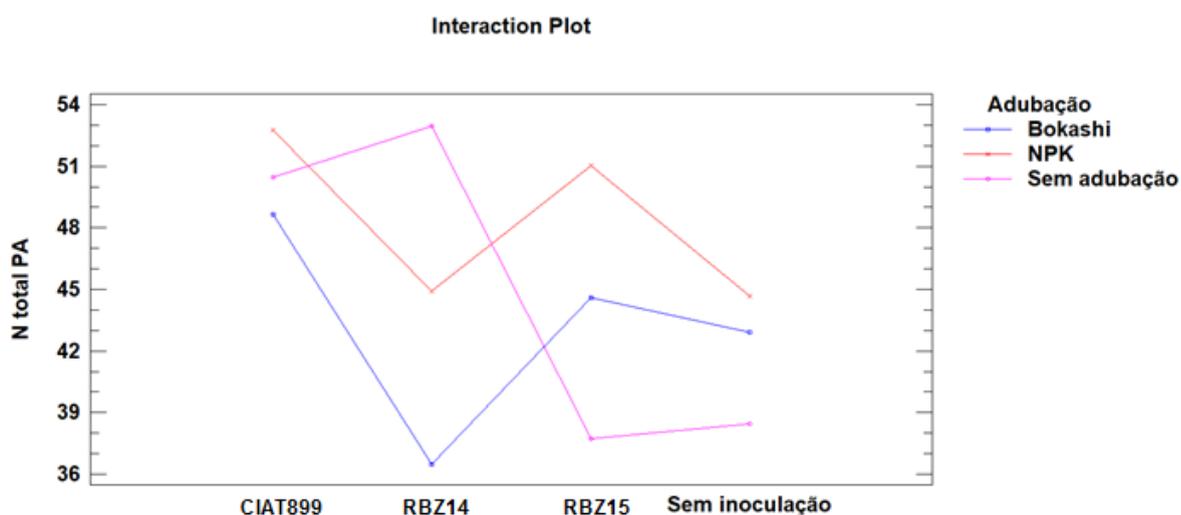
Em trabalhos realizados em casa de vegetação por Rufini *et al.* (2011), as médias de nitrogênio na parte aérea para a inoculação com a estirpe CIAT899 foram inferiores às encontradas no presente trabalho, sendo de 36,86 g/kg⁻¹, em condição de pH CaCl₂ do solo em 5,0. Um fator que pode explicar o maior acúmulo de N em parte aérea, quando comparado aos trabalhos citados anteriormente é o pH CaCl₂ do solo que estava em 5,6. Para o feijoeiro, o pH considerado ideal se encontra na faixa de 5 a 6,5 sendo o pH igual a 6 considerado ótimo (Ribeiro *et al.*, 2011).

O pH do solo impacta na absorção de nutrientes pelas plantas, já que influencia na disponibilidade desses nutrientes (Kirkby; Romheld, 2007). Em solos ácidos (pH H₂O <5,5), as plantas dependentes do processo de FBN são frequentemente mais afetadas, por vezes, não conseguindo realizar a simbiose (Campanhard, 2006). A análise de plantas ao longo do ciclo de crescimento é de fundamental importância para diagnosticar problemas nutricionais (Barros, 2020). A acumulação de nitrogênio na parte aérea das plantas pode ser influenciada por doses de nitrogênio aplicadas e aumenta com a idade da planta, em conjunto com o aumento da massa seca da parte aérea (Fageria; Baligar, 2005). O nitrogênio é um dos nutrientes exigidos em maior quantidade pelas plantas, seus teores variam de 2 a 5% da matéria seca, estando esse nutriente diretamente ligado à composição de aminoácidos e proteínas, constituinte de macromoléculas e enzimas (Faquin, 2005).

A figura 1 traz a interação dos fatores para TNPA entre os tratamentos, evidenciando de forma mais simplificada as relações. É possível observar maior variabilidade no tratamento sem adubação (em que ocorreu diferença significativa) em interação com as inoculações. O NPK se manteve mais estável com os isolados e a testemunha. Observando os isolados,

percebeu-se a proximidade que CIAT899 e a testemunha (sem inoculação) tiveram para o TNPA.

Figura 5. Interação dos fatores Adubação x Inoculação para o teor de nitrogênio na parte aérea, das plantas de Feijão variedade IPR Uirapuru, em casa de vegetação. UFSC, *campus* Curitibanos, 2023.



Fonte: Autor (2023).

4.3 NODULAÇÃO

As plantas sofreram ataque de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) ainda em estágio V4, sendo, provavelmente, o principal fator que contribuiu para a baixa nodulação do feijoeiro. O ataque por pragas e doenças é um fator que limita a FBN devido ao estresse gerado na planta (Junior, 2008). Os nódulos foram retirados e houve a realização da pesagem, porém com pouca nodulação e de tamanho pequeno, não foram abertos para averiguação da coloração e se estavam ativos ou inativos.

4.4 PRODUTIVIDADE DA CULTURA

Conforme a tabela 8, observando as interações dos isolados com as adubações, percebeu-se que a estirpe CIAT899, obteve maiores médias, com a adubação de NPK e sem adubação, sendo pouco efetiva, a adubação com o biocomposto tipo bokashi. A RBZ14 teve maior média com o biocomposto. RBZ15 não diferiu estatisticamente e a testemunha por sua vez, apresentou, de forma geral, as menores médias e, havendo maior interação com a

adubação NPK. A inoculação com a estirpe padrão CIAT899 e o isolado RBZ14 obtiveram as maiores médias para a produtividade. Esse resultado sugeriu que o isolado RBZ14 possui grande potencial e pode ser tão eficiente quanto à estirpe padrão CIAT899.

Tabela 8 - Efeitos da inoculação e da adubação na produtividade do feijão cultivar IPR Uirapuru (kg/ha^{-1}), em casa de vegetação. UFSC, *campus* Curitibanos, 2023

Inoculação	Adubação		
	Biocomposto “tipo” bokashi	NPK	sem adubação
CIAT899	4205,50 bC	7477,00 aA	7627,00 aA
RBZ14	8132,00 aA	4329,00 bB	5974,00 bA
RBZ15	6121,00 aB	5478,50 aB	4506,50 aB
Testemunha	3944,50 bC	6045,50 aB	4005,00 bB
CV (%)	12,43		

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância. Letras minúsculas comparam o efeito da inoculação. Letras maiúsculas comparam o efeito da adubação.

Em trabalhos anteriores de Aroni (2020) e Valderrama (2020), os autores também não encontraram diferenças significativas entre CIAT899 e RBZ14 para produtividade ao avaliarem os isolados em campo. Porém, observaram que a RBZ15 atingiu a mesma eficiência, diferentemente do que aconteceu no presente trabalho, sendo que o ataque de mosca-branca (já citado anteriormente) pode ser uma possível explicação para o isolado RBZ15 não alcançar médias similares às demais no presente trabalho. Coelho (2021) observou aumento na produtividade, quando utilizou sementes de feijão preto cultivar Esteio inoculadas com a estirpe CIAT899. Ainda de acordo com o autor, essa bactéria possui importantes características que auxiliam no sucesso da simbiose.

Os resultados das adubações em interação com os isolados (tabela 8), demonstraram que o biocomposto tipo bokashi obteve maior média com RBZ14. Sugere-se que, a produção de AIA e a solubilização de fosfato de cálcio, observados nas bactérias, principalmente na RBZ14, auxiliaram no desenvolvimento da planta durante o ciclo e, inclusive, na obtenção de maior produtividade. O tratamento com NPK teve maior interação com o inoculante comercial CIAT899. O tratamento sem adubação teve maior interação com a CIAT899 e com o isolado RBZ14.

Zanuncio *et al.* (2020) obtiveram resultados sem diferença estatística ao avaliar a produtividade comparando bokashi à adubação nitrogenada, sugerindo que o biocomposto

pode ser uma alternativa na redução do uso de fertilizantes químicos de alta solubilidade. De modo geral, as maiores produtividades foram observadas quando houve interação entre os fatores adubação e inoculação (tabela 8), superando a testemunha estatisticamente, conforme o esperado.

Resultados semelhantes foram observados por Barros *et al.* (2013) que relatou interação significativa entre adubação (N) e inoculação, com aumentos na produtividade do feijoeiro em seu experimento em campo. Lemos *et al.*, (2004) obteve ganhos significativos em produtividade, na interação inoculação de sementes do feijoeiro e adubação de base (NPK) e de cobertura com N. Os resultados do presente trabalho indicam que os isolados avaliados, juntamente com as adubações, potencializaram as atividades de crescimento e desenvolvimento das plantas, levando ao aumento na produtividade em relação à testemunha.

5 CONCLUSÃO

O isolado RBZ14 apresentou maior acúmulo de massa úmida de parte aérea e úmida e seca de raiz que a estirpe padrão CIAT899. A interação RBZ14 com o biocomposto tipo bokashi obteve incremento de produtividade de 49,25% em relação à testemunha, tendo a maior produtividade. Esses resultados sugeriram que os isolados nativos (endógenos) possuem capacidade semelhante à estirpe CIAT899 quanto ao estímulo ao desenvolvimento do feijoeiro e possivelmente contribuíram com a solubilização de fosfato e produção de ácido indol acético, na ausência de nodulação e conseqüentemente, da fixação biológica de nitrogênio. O biocomposto tipo bokashi demonstrou ser uma alternativa viável para a redução de fertilizantes químicos, sendo necessário que haja mais estudos em campo e em maior escala para aprofundar seus efeitos nas plantas.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA-GALLEGOS, Jorge A.; KELLY, James D.; GEPTS, Paul. Prebreeding in common bean and use of genetic diversity from wild germplasm. **Crop Science**, v. 47, p. S-44-S-59, 2007.
- AMBROSANO, Edmilson José et al. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, v. 53, p. 338-343, 1996.
- ANDRAUS, M. de P. *et al.* **Fixação biológica de nitrogênio de diferentes cultivares de feijoeiro-comum inoculadas com diferentes estirpes de rhizobium**. 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/989110/1/p82.pdf>. Acesso em: 14 out. 2023.
- ARONI, Matheus Santos *et al.* **Avaliação da eficiência de rizóbios isolados de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em solos do município de Curitibanos-Santa Catarina**. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/222411/TCC%20-%20Matheus%20Santos%20Aroni%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 set. 2023.
- BARBOSA, F. R.; QUINTELA, E. D.; BLEICHER, E.; SILVA, P. H. S. da. **Manejo da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B na cultura do feijão**. In: HAJI, F. N. P.; BLEICHER, E. (Ed.). *Avanços no manejo da mosca-branca Bemisia tabaci biótipo B (Hemiptera, Aleyrodidae)*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. cap. 10, p. 131-154.
- BARMAN, M.; PAUL, S.; CHOUDHURY, A. G.; ROY, P.; SEN, J. Biofertilizer as prospective input for sustainable agriculture in India. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 11, p. 1177-1186, 2017.
- BARROS, José. **Fertilidade do solo e nutrição das plantas**. 2020. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade de Évora, Évora, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/28120>. Acesso em: 22 out. 2023.
- BARROS, Rodrigo Luiz Neves *et al.* Interação entre inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada de plantio na produtividade do feijoeiro nas épocas da seca e das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1443-1450, 2013.
- BOMFIM, C.A. Biofertilizante Hortbio®: características microbiológicas e efeito na qualidade da alface. **Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília/DF**, 136p., 2016.
- BONETT, Lucimar Pereira *et al.* Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 11, n. 3, 2007.
- BOTELHO, Gloria Regina et al. Nodulation and biological nitrogen fixation of common bean rhizobia from Santa Catarina Plateau soils. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 44, n. 4, p. 1507-1522, 2023.

BUSO, Wilian Henrique Diniz et al. Componentes produtivos de feijão em duas épocas de plantio na região central de Goiás. **Agrarian**, v. 7, n. 24, p. 205-210, 2014.

CAMPANHARD, Marcela. Acidez do solo na fixação biológica do nitrogênio em feijão. 2006. 72 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CARVALHO, *et al.*, **Técnica de quantificação de proteínas pelo método de kjeldahl princípio**. 2002. Disponível em:

<https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/composicaoalimentos/proteinas/kjeldahl.php#:~:text=T%C3%89CNICA%20DE%20QUANTIFICA%C3%87%C3%83O%20DE%20PROTE%C3%8DNAS,%2C%20por%20meio%20de%20H2SO4>). Acesso em: 25 set. 2022.

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira *et al.* Inoculação das cultivares locais de feijão-caupi com estirpes de rizóbio. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 1, p. 38-44, 2017.

DE MATOS, B. F.; CELY, MVT; FERREIRA, A. **Produção de ácido indol acético por bactérias endofíticas isoladas da semente do híbrido de Urochloa BRS RB 331 IPYPORÃ**. 2019. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/210200/1/2019-cpamt-anderson-ferreira-producao-acido-acetico-bacteria-endofiticas-semente-hibrido-brs-331-ipypora-p-89.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

COELHO, LGF *et al.* **A inoculação do feijoeiro no Brasil: alternativas para aumentar a produtividade utilizando microrganismos promotores do crescimento vegetal**. 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1142446/1/Doc-384.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

COELHO, Lucas Gabriel Ferreira. **Inoculação e coinoculação suplementar tardia com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* como estratégias para aumento da nodulação e produtividade do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2021. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/42618/1/2021_LucasGabrielFerreiraCoelho.pdf. Acesso em: 05 out. 2023.

COELHO, Jackson Dantas. Feijão: produção e mercados. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 5, n.197, dez. 2021. (Caderno Setorial Etene).

COELHO, Jackson Dantas. Feijão: produção e mercados. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 5, n.143, dez. 2020. (Caderno Setorial Etene).

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>. Acesso em: 23 set. 2022.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Feijão**. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/categoria/905-feijao>. Acesso em: 24 set. 2023.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) **Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 376p.

DEVENS, Johnny Oli *et al.* **Agricultura familiar e pluriatividade: atividade rural & domicílio urbano**. 2007. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/2205>. Acesso em: 14 out. 2023.

DO AMORIM, Marineide Rodrigues *et al.* CARACTERIZAÇÃO DE RIZOBIOS NODULADORES DE FEIJÃO-FAVA EM SOLOS DE TRÊS ESTADOS DO NORDESTE BRASILEIRO. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2019. p. 11-20.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço nacional de pesquisa de solos: manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2011. 230 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtodosdeAnilisedeSolo.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2023.

EMBRAPA (Goiás). **Origem e história do feijoeiro comum e do arroz**. Goiânia, 2000. 2 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164370/1/CNPAF-2000-fd.pdf>. Acesso em: 23 set. 2022.

EPAGRI (Santa Catarina). Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola (ed.). **Boletim agropecuário**. 69. ed. Florianópolis: Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola (Epagri/Cepa), 2019. 48 p. Disponível em: https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/Boletim_agropecuario/boletim_agropecuario_n_69.pdf. Acesso em: 20 set. 2022.

EPAGRI. **Relatório técnico de atividades 2017-2018**. 284. ed. Florianópolis: Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (Demc), 2018. 161 p. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/DOC/article/view/509/399>. Acesso em: 20 set. 2022.

EPAGRI. **Aprenda a fazer o adubo bokashi**. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/?p=12493>. Acesso em: 19 set. 2022.

FAGERIA, N. K. *et al.* **Massa da matéria seca da parte aérea e absorção de nitrogênio pelo feijoeiro em solo de várzea**. 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/216137/1/fageria.pdf>. Acesso em: 19 set. 2023.

FAGERIA, Nand Kumar; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in agronomy**, v. 88, p. 97-185, 2005.

FAOSTAT. Crops. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 20 set. 2022.

FAQUIN, V. NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” a Distância: Solos e Meio Ambiente, Universidade Federal de Lavras, 2005.

FERREIRA, Daniel Furtado. **SISVAR**: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, Paulo Ademar Avelar et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2210-2212, 2009.

FIGUEIREDO, Márcia do Vale Barreto; BURITY, Hélio Almeida; STAMFORD, Newton Pereira; SANTOS, Carolina Etienne de Rosália e Silva. **Microorganismos e agrobiodiversidade**: o novo desafio para a agricultura. Guaíba: Agrolivros, 2008. 568p.

FRANCISCON, Hugo *et al.* Inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio no feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). 2014. **Journal of Agronomic Sciences, Umuarama**, v. 3, p. 222-235.

GERLACH, Gustavo Antonio Xavier *et al.* Análise econômica da produção de feijão em função de doses de nitrogênio e coberturas vegetais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 42-49, 2013.

GRINBERG, Patrícia da Silva; UENO, Bernardo; CAMPOS, Ângela Diniz. **Produção de bioinsumos na propriedade**: adubo fermentado bokashi. 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1149678/1/CPACT-Doc-527-pag37.pdf>. Acesso em: 17 out. 2023.

HIGA, T.; PARR, J.F. (1994) Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment (vol. 1). Atami, Japan., 1994.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; ARAUJO, R.S. **Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro**. in: VARGAS, M.A.T., HUNGRIA, M. (Eds). Biologia dos solos dos cerrados. EMBRAPA-CPAC, p 1-295, 1997.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018**: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf>. Acesso em: 12 out. 2023.

IAPAR. **Cultivar de feijão IPR UIRAPURU**: grupo preto de alta produtividade e ampla adaptação. Londrina, . 2 p. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/negocios/folders/feijao/IPR-Uirapuru.pdf>. Acesso em: 23 set. 2022.

INN. Norma Chilena Oficial Nch 2880. Of2004. Compost - Clasificación y requisitos. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile., 2015.

JUNIOR, P. I. V.; REIS, V.M. **Algumas limitações para fixação biológica de nitrogênio em leguminosas**. Seropédica. n. 40. 2008.

KIRKBY, Ernest Arnold; RÖMHELD, Volker. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações agronômicas**, v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007.

KRUKER, G. Formulações do composto orgânico tipo bokashi como biofertilizante de sistemas agrícolas. 230 p. Tese de Doutorado em Ciência do Solo – Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, SC, 2023.

KUSDRA, Jorge Ferreira. Nodulação do feijoeiro e fixação biológica do nitrogênio em resposta à microbiolização das sementes e à aplicação de micronutrientes. **Scientia Agraria**, v. 4, n. 1-2, p. 96, 2003.

LALONDE S, M. TEGEDER, M. THRONE-HOLST, W. B. FROMMER & J. W. Patrick. Phloem loading and unloading of sugars and amino acids. **Plant, Cell and Environment**.37–56. 2003.

LEMOS, Leandro Borges et al. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 319-326, 2004.

LOHN, Gabriela Izidoro. **Eficiência da nodulação e FBN de rizóbios isolados do planalto catarinense em feijoeiro comum (Phaseolus vulgaris L.)**. 2021. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2021.

MAGRINI, F. E., Sartori, V. C., Finkler, R., Torves, J., & Venturin, L. (2011). **Características químicas e avaliação microbiológica de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi**. *Agrarian*, 4(12), 146–151. Acesso em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1136>. Acesso em: 01 out. 2022.

MAPA (org.). **Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do Feijão 1ª Safra no Estado de Santa Catarina, ano-safra 2022/2023**. 14. ed. Santa Catarina: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2022. 32 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/santa-catarina/word/PORTN14FEIJO1S_AFRASC.ret.pdf. Acesso em: 26 set. 2022.

MILLER, H. Practical aspects of preparing phage and plasmid DNA: growth, maintenance, and storage of bacteria and bacteriophage. **Methods Enzymol**. V. 152, p. 145-70, 1987.

MENDES, I.; HUNGRIA, M.; MERCANTE, F.; BUENO, F. Fixação biológica de nitrogênio na soja. 2010. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=23030&secao=Colunas%20e%20Artigos>. Acesso em: 18 set. 2022.

MOREIRA, F.M.S. & Siqueira, J.O. (2006) – Microbiologia e bioquímica do solo. 2ª edição, Lavras, editora UFLA, 729 p.

MOREIRA, Miriam Ferraz. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea do feijoeiro comum em função da distribuição e do teor de fósforo no solo**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MYLONA, Panagiota; PAWLOWSKI, Katharina; BISSELING, Ton. Symbiotic nitrogen fixation. **The Plant Cell**, v. 7, n. 7, p. 869, 1995.

PELEGRINI, Djalma Ferreira; BEZERRA, Luiza Maria Capanema; HASPARYK, Rebecca Gramiscelli. Dinâmica da produção de feijão no Brasil: progresso técnico e fragilidades. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 298, p. 84-91, 2017.

PELEGRINI, Rodrigo de et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 33, p. 219-226, 2009.

RIBEIRO, F. E. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum (Phaseolus vulgaris L.) nas regiões Norte e Nordeste do Brasil**. 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/916406/1/CIRCTECNICA89.pdf>. Acesso em: 24 set. 2023.

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro In: **Encarte do Informações Agronômicas**, n.68, dezembro 1994. 16p.

RUFINI, Márcia et al. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 81-88, 2011.

SAG. Agricultura orgánica nacional. Bases técnicas y situación actual. **Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)**, Santiago, Chile, 2013.

SILVA, Jefferson et al. Produção de pimentão em ambiente protegido sob diferentes concentrações de microrganismos eficientes. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 34, 2020.

SINGH, J.S.; PANDEY, V.C.; SINGH, D.P. Efficient soil microorganisms, a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. **Review Agric Ecosyst Environ**, 140:339–353., 2011.

SIQUEIRA, Ana Paula Pegorer de; SIQUEIRA, Manoel F. B. de. **Bokashi: adubo orgânico fermentado** - Niterói: Programa Rio Rural, 2013. Disponível em: http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/40_Bokashi_Adubo_organico_fermentado.pdf. Acesso em: 21 set. 2022.

SOARES, André Luis de Lima et al. **Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG)**. II – feijoeiro. *Revista brasileira de ciência do solo*. Viçosa, v. 30, n. 5, out. 2006.

SOUZA, Fabiana P.; CASTILHO, Tatiana PR; MACEDO, Luís OB. Um marco institucional para os bioinsumos na agricultura brasileira baseado na economia ecológica. **Sustainability in Debate**, v. 13, n. 1, p. 266-285, 2022.

STRALIOTTO, R.; RUMJANEK, N. G. **Biodiversidade do rizóbio que nodula o feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) e os principais fatores que afetam a simbiose**. 1999. Disponível

em:<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/624353/1/doc094.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2023.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G. **A variabilidade genética do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.):** aplicações nos estudos das interações simbióticas e patogênicas. 2000. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/622534/1/doc126.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análise do solo, planta e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, p.174, 1995.

TEJO, Débora Perdigão; DOS SANTOS FERNANDES, Carlos Henrique. Estudo sobre os impactos da adoção de métodos de adubação nitrogenada no desenvolvimento do trigo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 37, n. 73, p. 26-45, 2021.

VALDERRAMA, André Silveira *et al.* **Inoculação de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) com rizóbios endógenos de solos do planalto catarinense.** 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/222406/TCC%20Andr%c3%a9%20Valderrama%20%20pdf%20a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 set. 2023.

VESSEY, J. Kevin; PAWLOWSKI, Katharina; BERGMAN, Birgitta. Root-based N₂-fixing symbioses: Legumes, actinorhizal plants, Parasponia sp. and cycads. **Plant and soil**, v. 274, n. 1, p. 51-78, 2005.

VIDOR, C *et al.*,. **Fixação biológica do nitrogênio pela simbiose entre *Rhizobium* e leguminosas.** Rio Grande do Sul: IPAGRO, 1983 (Boletim técnico n.11) 52 p.

WIBBELT, Camila Koche. **Eficiência na FBN de isolados de rizóbios de solos da região de Curitiba em feijoeiro.** 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/202811/TCC_Camila%20Wibbelt.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 19 out. 2023.

ZANUNCIO, Angelita *et al.* Biofertilizante orgânico na cultura do feijoeiro comum. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, p. e192953279-e192953279, 2020.

ZOLLA, G. *et al.* Soil microbiomes vary in their ability to confer drought tolerance to *Arabidopsis*. **Applied Soil Ecology**. 68. 1-9., 2013.